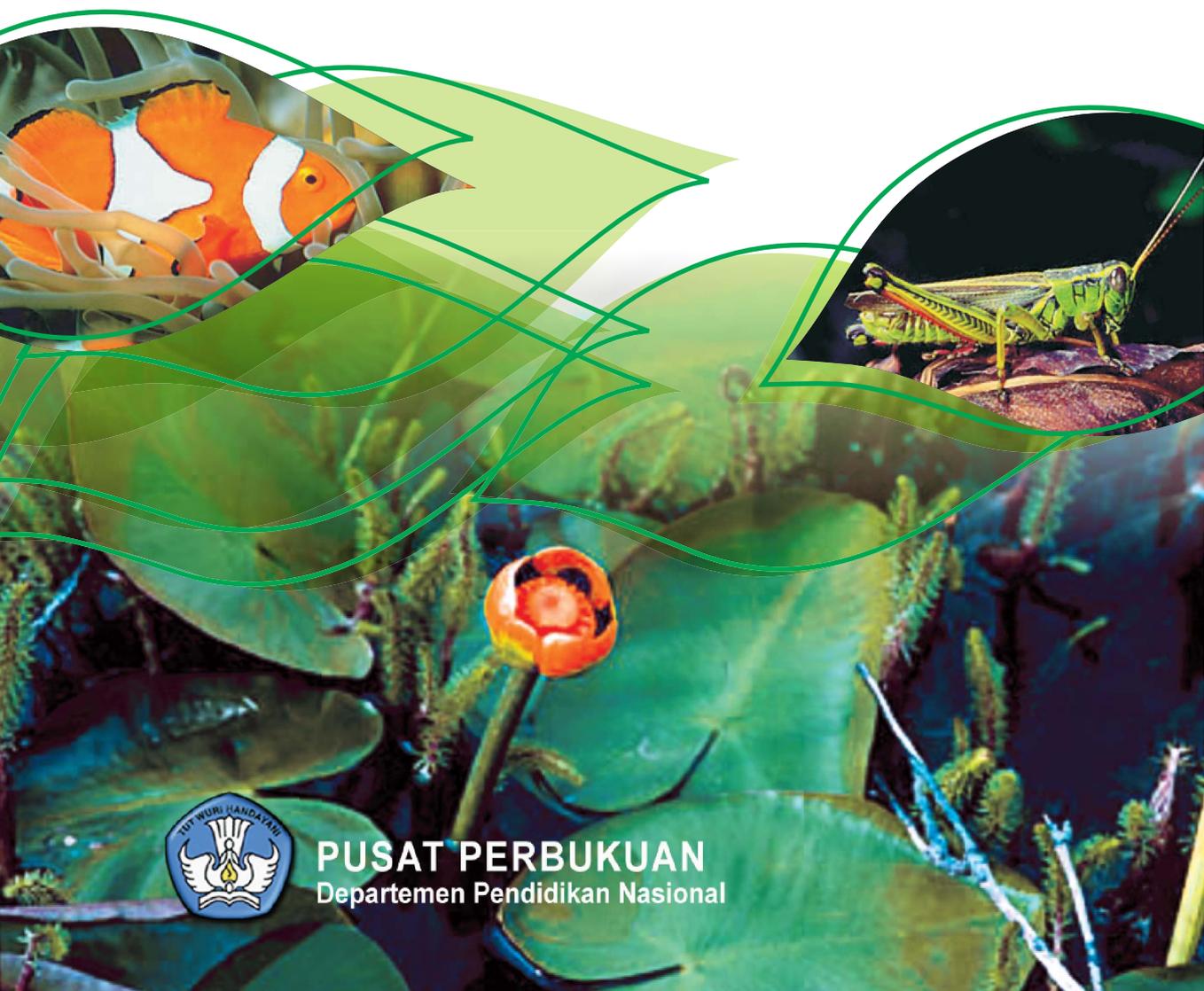


- Sri Widayati
- Siti Nur Rochmah
- Zubedi



BIOLOGI

SMA/MA Kelas X



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Sri Widayati
Siti Nur Rochmah
Zubedi

B I O L O G I

SMA/MA Kelas X



PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

Biologi SMA/MA Kelas X

Penulis: Sri Widayati, Siti Nur Rochmah, Zubedi

Editor: Eti Arinastiti, Arif Kurniawan, Yunita Retnosari

Pembaca ahli: Maizer Said Nahdi

Desainer sampul: Aji Galarso Andoko

Desainer perwajahan: Sri Basuki

Ilustrator: Indradi Budi Santosa, Dwi Purwanto

Penata letak: Renita Fatmawati, Purwanto, Miftah Arifin

Pengarah artistik: Sudaryanto

574.07

SRI SRI Widiyati

b Biologi : SMA dan MA Kelas X / penulis, Sri Widiyati,
Siti Nur Rochmah, Zubedi : editor, Eti Arinastiti,
Yunita Retnosari, Arif Kurniawan ; ilustrator, Indradi
Budi Santosa, Dwi Purwanto . -- Jakarta : Pusat Perbukuan,
Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
vii, 290 hlm. : ilus. ; 25 cm

Bibliografi : hlm. 288-290

Indeks

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

ISBN 978-979-068-833-9

I. Biologi-Studi dan Pengajaran I. Judul
II. Siti Nur Rochmah III. Zubedi IV. Eti Arinastiti
V. Yunita Retnosari VI. Arif Kurniawan
VII. Indradi Budi Santosa VIII. Dwi Purwanto

Hak cipta buku ini telah dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional
dari Penerbit Pustaka Insan Madani

Diterbitkan oleh Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2009

Diperbanyak oleh ...



Kata Sambutan

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

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 27 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007.

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

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), 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

Biologi adalah ilmu hafal-menghafal. Barangkali itulah yang tertanam dalam benak kalian selama ini. Maka, yang dikejar oleh kalian bukanlah pemahaman, namun bagaimana menghafal materi sebanyak mungkin. Nah, untuk menghentikan kondisi seperti itu, kami menghadirkan Seri Biologi SMA/MA ini. Melalui pendekatan kontekstual, diharapkan pembelajaran biologi terasa mengasyikkan, dan merangsang rasa ingin tahu.

Dalam buku ini, kami menyajikan beragam elemen dan rubrikasi antara lain: *Apersepsi*, berisi judul bab, gambar, serta keterangan gambar yang terkait dengan materi yang akan dipelajari. *Peta Konsep*, berupa konsep-konsep inti yang akan diberikan pada setiap bab. *Tujuan Pembelajaran*, yakni target yang ingin dicapai pada setiap bab. *Kata Kunci*, berisi kata-kata yang merupakan inti materi dalam bab terkait. *Telisisik*, yaitu rubrik berisi kegiatan siswa yang terkait dengan materi. *Percobaan*, yakni kegiatan siswa yang dilakukan di dalam kelas atau laboratorium, untuk membuktikan suatu teori yang terkait dengan materi. *Diskusi*, yaitu rubrik yang menyajikan suatu tema menarik untuk didiskusikan oleh siswa. *Galeri*, berisi aneka informasi tambahan. *Uji Kompetensi*, merupakan soal-soal akhir subbab. *Kilas*, berisi cuplikan informasi penting yang telah dipelajari oleh siswa pada materi ataupun kelas sebelumnya. *Senaraikata*, berisi penjelasan istilah-istilah penting dalam materi. *Ikhtisar*, yaitu rubrik khusus berisi ringkasan materi dalam satu bab. *Ulangan Harian*, berisi soal-soal tes di akhir bab, untuk menguji pemahaman siswa atas keseluruhan materi bab yang bersangkutan.

Selain rubrik-rubrik tersebut, masih ada ulangan blok yang meliputi *Latihan Ulangan Tengah Semester*, *Latihan Ulangan Akhir Semester*, dan *Latihan Ulangan Kenaikan Kelas*. Ketiganya berfungsi menguji ketercapaian kompetensi.

Demikianlah, buku ini telah kami upayakan agar dapat tampil maksimal. Untuk itu, kami mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Sunan Kalijaga Yogyakarta, penerbit Pustaka Insan Madani, dan semua pihak atas pelbagai bentuk dukungannya.

Tim Penulis

Daftar Isi

Kata Sambutan | iii

Kata Pengantar | iv

Daftar Isi | v

Bab I Biologi dan Peranannya dalam Kehidupan

- A. Biologi Sebagai Ilmu | 2
 - 1. Biologi merupakan Ilmu Pengetahuan Alam | 2
 - 2. Metode Ilmiah dalam Mempelajari Biologi | 3
 - 3. Perkembangan Biologi | 6
- B. Ruang Lingkup dan Peranan Biologi | 8
 - 1. Objek dan Permasalahan Biologi | 8
 - 2. Cabang-cabang Biologi | 11
 - 3. Manfaat dan Bahaya Biologi bagi Kehidupan | 13

Bab II Virus dan Peranannya dalam Kehidupan

- A. Asal Mula Penemuan Virus dan Ciri-ciri Virus | 20
 - 1. Asal Mula Penemuan Virus | 21
 - 2. Ciri-Ciri Virus | 22
- B. Macam-macam Virus dan Peranannya dalam Kehidupan | 25
 - 1. Macam-macam Virus Berdasarkan Asam Nukleatnya | 26
 - 2. Peranan Virus dalam Kehidupan | 26
 - 3. Pencegahan terhadap Virus | 29

Bab III Organisme Prokariotik dan Peranannya dalam Kehidupan

- A. Mengenal Organisme Prokariotik | 36
 - 1. Ciri-Ciri Prokariotik | 37
 - 2. Struktur Tubuh Prokariotik | 37
 - 3. Reproduksi organisme Prokariotik | 39
- B. Pengelompokan Organisme Prokariotik | 40
 - 1. Archaeobacteria (Archaea) | 41
 - 2. Eubacteria (Bacteria) | 42
- C. Peranan Organisme Prokariotik dalam Kehidupan Manusia | 49

Latihan Ulangan Tengah Semester I | 61

Bab IV Protista dan Peranannya dalam Kehidupan

- A. Ciri-ciri Umum Protista | 64
- B. Klasifikasi Protista | 65
 - 1. Protista yang Menyerupai Hewan (Protozoa) | 65
 - 2. Protista yang Menyerupai Tumbuhan (Algae) | 70
 - 3. Protista yang Menyerupai Jamur | 76

- C. Peranan Protista dalam Kehidupan | 79
 - 1. Protista yang Bersifat Menguntungkan | 79
 - 2. Protista yang Bersifat Merugikan | 80

Bab V Kingdom Fungi dan Peranannya dalam Kehidupan

- A. Ciri-ciri Jamur | 86
 - 1. Struktur Tubuh Jamur | 87
 - 2. Cara Hidup dan Habitat Jamur | 89
 - 3. Cara Memperoleh Makanan | 89
 - 4. Cara Reproduksi Jamur | 90
- B. Klasifikasi Jamur | 93
- C. Peranan Jamur dalam Kehidupan | 103

Latihan Ulangan Akhir Semester I | 111

Bab VI Keanekaragaman Hayati

- A. Konsep Keanekaragaman Hayati | 118
 - 1. Keanekaragaman Gen | 118
 - 2. Keanekaragaman Jenis | 119
 - 3. Keanekaragaman Ekosistem | 120
- B. Keanekaragaman Hayati di Indonesia | 122
 - 1. Persebaran Tumbuhan | 124
 - 2. Persebaran Hewan | 124
- C. Manfaat Keanekaragaman Hayati dan Permasalahannya | 127
 - 1. Manfaat Keanekaragaman Hayati | 127
 - 2. Ancaman terhadap Keanekaragaman Hayati | 129
 - 3. Upaya Kelestarian Keanekaragaman Hayati | 131
- D. Klasifikasi Makhluk Hidup | 136
 - 1. Tujuan dan Manfaat Klasifikasi Makhluk Hidup | 136
 - 2. Proses dan Hasil Klasifikasi Makhluk Hidup | 137
 - 3. Tata Nama Makhluk Hidup | 141

Bab VII Kingdom Plantae dan Peranannya dalam Kehidupan

- A. Ciri umum Kingdom Plantae | 150
- B. Tumbuhan Lumut (Bryophyta) | 153
 - 1. Ciri-ciri Lumut | 154
 - 2. Siklus Hidup Lumut | 155
 - 3. Klasifikasi Lumut | 157
- C. Tumbuhan Paku (Pteridophyta) | 158
 - 1. Ciri-ciri Tumbuhan Paku | 159
 - 2. Siklus Hidup Tumbuhan Paku | 160
 - 3. Klasifikasi tumbuhan Paku | 161
- D. Tumbuhan Berbiji (Spermatophyta) | 163
 - 1. Ciri Umum Spermatophyta | 164
 - 2. Klasifikasi Spermatophyta | 164
 - 3. Reproduksi Spermatophyta | 170
- E. Peranan Dunia Tumbuhan dalam Kehidupan | 175

Latihan Ulangan Tengah Semester II | 181

Bab VIII Kingdom Animalia dan Peranannya dalam Kehidupan

- A. Ciri Umum dan Klasifikasi Hewan | 186
 - 1. Ciri Umum | 186
 - 2. Klasifikasi Hewan | 187
- B. Invertebrata | 187
 - 1. Filum Porifera | 187
 - 2. Filum Cnidaria (Coelenterata) | 189
 - 3. Filum Platyhelminthes | 193
 - 4. Filum Nemathelminthes | 197
 - 5. Filum Annelida | 198
 - 6. Filum Mollusca | 199
 - 7. Filum Arthropoda | 201
 - 8. Filum Echinodermata | 206
- C. Vertebrata | 209
 - 1. Kelas Pisces | 209
 - 2. Kelas Amphibia | 210
 - 3. Kelas Reptilia | 210
 - 4. Kelas Aves | 211
 - 5. Kelas Mammalia | 212
- D. Peranan Animalia dalam Kehidupan | 214

Bab IX Ekosistem

- A. Komponen Ekosistem | 222
 - 1. Komponen Abiotik | 222
 - 2. Komponen Biotik | 224
 - 3. Satuan-satuan Makhluk Hidup | 226
- B. Hubungan Antar-komponen Ekosistem | 229
 - 1. Aliran Energi di Dalam Ekosistem | 229
 - 2. Siklus Biogeokimia | 237

Bab X Permasalahan Lingkungan dan Upaya Mengatasinya

- A. Perubahan Lingkungan | 248
 - 1. Perubahan Lingkungan dan Dampaknya | 249
 - 2. Upaya Manusia Mengatasi Perubahan Lingkungan | 251
- B. Pencemaran Lingkungan | 253
 - 1. Ragam Pencemaran Lingkungan | 254
 - 2. Dampak Pencemaran Lingkungan dan Upaya Mengatasinya | 262
- C. Pelestarian Lingkungan | 265
- D. Penanganan Limbah | 267
 - 1. Daur Ulang Limbah Organik | 269
 - 2. Daur Ulang Limbah Anorganik | 270

Latihan Ulangan Kenaikan Kelas | 275

Kunci Jawaban | 281

Indeks | 285

Daftar Pustaka | 288

B a b I

Biologi dan Peranannya dalam Kehidupan



Di dalam kehidupan sehari-hari, manusia senantiasa berinteraksi dengan berbagai jenis makhluk hidup. Interaksi tersebut memicu rasa ingin tahu manusia terhadap sesuatu tentang makhluk hidup dan kehidupannya. Pernahkah kalian berpikir mengapa tumbuhan memiliki daun yang berwarna hijau? Dan meskipun sama-sama berdaun hijau, mengapa bentuk dan ukurannya berbeda-beda? Itu adalah contoh keingintahuan terhadap objek biologi yang berupa tumbuhan. Kalian dapat mengembangkannya dengan mempelajari biologi dan peranannya dalam kehidupan.

KATAKUNCI

- Biologi
- Ilmiah
- Ilmu
- Makhluk hidup
- Kehidupan

KILAS

Saat belajar di tingkat SD atau MI, kalian pernah mempelajari biologi, terpadu didalam pelajaran sains atau IPA. Begitu pula, pelajaran biologi pernah kalian peroleh di jenjang SMP atau MTs. Sekarang, di tingkat SMA atau MA ini kalian akan kembali memperdalam biologi, tidak sekedar menghafal materi pelajaran tetapi kalian akan banyak berpikir analitis, melakukan percobaan, dan diskusi, serta menemukan berbagai permasalahan dan penerapan biologi dalam kehidupan sehari-hari.

GALERI

Bioteknologi

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dewasa ini semakin cepat. Berbagai penemuan ilmiah dan pengembangan teknologi terus dilakukan untuk meningkatkan kualitas hidup manusia. Teknologi yang memiliki prospek yang sangat cerah di masa depan adalah teknologi informasi dan bioteknologi. Dalam bidang bioteknologi, biologi merupakan ilmu yang dijadikan dasar bagi pengembangan teknologi. Isu-isu tentang rekayasa genetika, kloning, dan kecerdasan buatan adalah contoh isu yang saat ini terus berkembang berdampingan dengan isu-isu perkembangan teknologi informasi seperti perkembangan komputer dan telepon seluler.

Pada uraian berikut, kalian akan mempelajari ruang lingkup biologi, memahami objek dan permasalahan biologi pada berbagai tingkat organisasi kehidupan, serta peranannya dalam kehidupan. Kalian juga akan mempelajari metode ilmiah dalam biologi dan bagaimana bersikap ilmiah.

Setelah membaca uraian ini, kalian diharapkan dapat menjelaskan ruang lingkup biologi, objek dan permasalahan biologi pada berbagai tingkat organisasi kehidupan, serta mampu melakukan kerja ilmiah dan bersikap ilmiah. Selain itu kalian diharapkan dapat menjelaskan karakteristik biologi dan peranannya dalam kehidupan.

A. Biologi Sebagai Ilmu

Biologi merupakan ilmu tentang makhluk hidup. Ilmu ini termasuk golongan ilmu-ilmu tua yang berkembang di zaman Yunani dan sampai sekarang telah banyak mengalami perkembangan sesuai dengan kebutuhan hidup manusia.

1. Biologi Merupakan Ilmu Pengetahuan Alam

Biologi merupakan bagian dari sains dan memiliki karakteristik yang sama dengan sains lainnya. **Sains** disebut juga sebagai **ilmu pengetahuan alam** karena merupakan ilmu yang mempelajari gejala-gejala alam. Sebagai bagian dari sains, **biologi** mempelajari gejala alam berupa gejala-gejala pada makhluk hidup dan segala permasalahan kehidupannya. Lebih tepatnya, biologi merupakan ilmu yang mempelajari makhluk hidup mulai dari molekul-molekul penyusun makhluk hidup, sel, jaringan, organ, dan tingkatan yang lebih tinggi.

Biologi adalah ilmu yang paling menarik untuk dipelajari karena biologi memberikan banyak tantangan. Sebagian karena sistem makhluk hidup sangat kompleks dan sebagian lagi karena biologi adalah ilmu **multidisipliner** yang membutuhkan pengetahuan kimia, fisika, dan matematika. Sehingga biologi modern adalah gabungan dari banyak ilmu alam. Selain itu, dari seluruh bidang sains, biologi adalah ilmu yang paling berhubungan dengan kemanusiaan dan ilmu-ilmu sosial.

Biologi dikatakan sebagai **ilmu** karena mempunyai objek kajian dan metode ilmiah. **Objek kajian** yang dimaksud yakni objek material dan objek formal. **Objek material** merupakan bahan atau materi yang dibahas, sedangkan **objek formal** merupakan cara memandang sesuatu atau hal yang dipandang. Objek material biologi adalah makhluk hidup dan makhluk yang pernah hidup (fosil). Sedangkan objek formalnya yaitu struktur, fungsi, dan interaksi makhluk hidup.

Objek kajian biologi berupa benda-benda yang nyata (konkret). yang dimaksud dengan benda konkret adalah benda-benda yang dapat ditangkap oleh alat-alat indera manusia. Benda konkret dapat berupa benda padat, cair, atau gas. Jika benda-benda tersebut tidak dapat ditangkap oleh indera kita, maka dapat digunakan alat bantu. Misalnya, pengamatan virus dilakukan dengan mikroskop elektron dan pengamatan bakteri dengan bantuan mikroskop cahaya.

Sebagai ilmu pengetahuan alam, biologi menghasilkan hukum-hukum yang bersifat universal. Artinya, dilakukan di mana saja, oleh siapa saja, serta kapan saja, secara umum akan mendapatkan hasil yang sama. Dengan istilah lain, dapat dikatakan bahwa biologi memberikan hasil yang bersifat objektif. Hasil temuan tersebut tidak dipengaruhi oleh subjektivitas pelaku eksperimen. Biologi memberikan hasil yang benar secara ilmiah.

Untuk membuktikan kebenarannya, ilmu biologi juga memiliki suatu metode khusus yang sistematis. Metode tersebut biasa disebut sebagai metode ilmiah. Dengan metode ilmiah yang sudah dibakukan, maka percobaan-percobaan untuk membuktikan kebenaran ilmu biologi akan menghasilkan hasil yang hampir sama. Jadi, waktu, tempat, dan pelaku percobaan yang berbeda tidak akan mempengaruhi hasil percobaan yang sesuai dengan metode ilmiah.

Nah, sekarang ada baiknya terlebih dahulu kalian diskusikan hal-hal berikut.

DISKUSI

Buatlah kelompok diskusi yang terdiri dari 3 orang dan cobalah kalian jawab beberapa pertanyaan berikut.

1. Apakah ciri-ciri sains? Bagaimana karakteristik biologi sebagai sains?
2. Apa saja yang termasuk sains? Apakah matematika merupakan sains? Jelaskan alasannya.
3. Bagaimanakah kedudukan atau hubungan biologi dengan ilmu-ilmu yang lain? Buatlah diagramnya.
4. Apa manfaat mempelajari biologi?

Kalian bisa mencari informasinya di buku-buku referensi atau internet.

2. Metode Ilmiah dalam Mempelajari Biologi —

Dalam mempelajari dan mengembangkan ilmu biologi digunakan metode ilmiah. Oleh karena itu, para biolog harus mampu melakukan kerja ilmiah dalam menyelesaikan masalah atau mencari jawaban permasalahan-permasalahan yang dihadapi dalam penelitiannya. Selain itu, biolog juga harus mampu bersikap ilmiah.

a. Kerja Ilmiah

Dalam mempelajari biologi kita menggunakan **metode ilmiah**, yaitu serangkaian kegiatan atau tahapan tertentu yang dilakukan secara sistematis. Tahapan dalam metode ilmiah adalah menemukan permasalahan, mengajukan hipotesis, melakukan percobaan untuk menguji hipotesis, menarik kesimpulan, dan membuat laporan percobaan.

Definisi masalah adalah adanya kesenjangan antara hal yang seharusnya dan kenyataan yang terjadi. Contohnya adalah apabila sebatang tanaman berbunga, maka umumnya setelah itu akan berbuah. Tetapi mungkin pada kenyataannya kalian akan menemukan sebatang tanaman yang berbunga lebat tetapi setelah itu tidak membentuk buah. Hal tersebut bisa menjadi **permasalahan ilmiah**, yaitu *mengapa tanaman yang berbunga lebat tidak bisa membentuk buah?* Tentu saja, tidak



Menemukan permasalahan ilmiah



Menyusun kerangka akhir



Menemukan hipotesis



Melakukan percobaan

semua masalah layak untuk diteliti. Coba kalian pikirkan masalah yang bagaimana yang layak diangkat sebagai permasalahan penelitian. Untuk menjawab permasalahan kalian dapat mengajukan jawaban sementara atau dugaan yang disebut **hipotesis**. Misalnya, *tanaman tersebut tidak dapat berbuah karena setelah berbunga tidak terjadi penyerbukan karena hewan-hewan polinator seperti lebah dan kupu-kupu tidak dijumpai di daerah tersebut*. Untuk dapat menentukan sebuah hipotesis diperlukan pengetahuan yang relevan, yang bisa diperoleh dari membaca buku atau hasil penelitian yang pernah ada sebelumnya. Inilah perlunya melakukan studi pustaka.

Untuk mendapatkan jawaban dari permasalahan ilmiah yang diajukan, maka hipotesis atau jawaban sementara harus diuji, yaitu melalui **percobaan**. Di dalam percobaan diperlukan sebuah **metode**, yaitu pemaparan mengenai hal-hal apa yang akan dikerjakan beserta alat dan bahan serta langkah-langkahnya. Contohnya adalah dengan *mendatangkan lebah atau kupu-kupu untuk membantu penyerbukan bunga-bunga tersebut*. Dalam percobaan diamati apakah benar setelah didatangkan lebah dan kupu-kupu kemudian terjadi penyerbukan dan terbentuk buah. Hal-hal yang kita temukan dan terjadi di dalam percobaan merupakan **hasil penelitian**. Data-data hasil percobaan tersebut, baik kualitatif maupun kuantitatif, kemudian dianalisis dengan teknik tertentu untuk dibahas dengan teliti apakah hipotesis yang kita ajukan terbukti atau tidak. Setelah itu ditarik **kesimpulan** yang merupakan intisari hasil dan pembahasan dikaitkan dengan permasalahan ilmiah. Misalnya, *setelah didatangkan lebah dan kupu-kupu ternyata tanaman tersebut dapat membentuk buah*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *tanaman berbunga lebat tersebut tidak dapat membentuk buah karena di lingkungannya tidak ada hewan-hewan polinator*.

Bisa jadi dari hasil penelitian tersebut belum diketahui apakah hewan yang melakukan penyerbukan tersebut adalah lebah atau kupu-kupu, sehingga setelah disimpulkan bisa diajukan saran atau rekomendasi agar dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui hewan manakah yang berperan sebagai polinator. Ini berarti bahwa sebuah penelitian bisa menimbulkan permasalahan ilmiah bagi penelitian lain atau penelitian lanjutannya. Untuk memperjelas pemahaman kalian, perhatikan Gambar 1.1.



Menarik kesimpulan

Gambar 1.1 Tahapan kerja ilmiah

Setelah menemukan jawaban suatu permasalahan melalui serangkaian tahapan ilmiah, maka untuk mengkomunikasikan hasil penelitian tersebut, sebuah **laporan ilmiah** harus ditulis. Di dalam penulisannya, laporan ilmiah harus menggunakan bahasa yang ilmiah dan sesuai dengan ejaan bahasa Indonesia yang baik dan benar. Penulisannya juga harus sistematis. Sistematika penulisan ilmiah secara umum adalah sebagai berikut.

A. Bagian Pengantar

Halaman judul
Kata pengantar
Daftar isi
Daftar tabel
Daftar gambar
Intisari atau Abstrak

B. Bagian Isi Pokok

BAB I PENDAHULUAN

- A. Latar Belakang Masalah
- B. Perumusan Masalah
- C. Tujuan Penelitian
- D. Manfaat Penelitian

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

- A. Dasar Teori
- B. Hipotesis

BAB III BAHAN DAN METODE PENELITIAN

- A. Alat dan Bahan
- B. Cara Kerja
- C. Analisis Data

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

- A. Hasil Penelitian
- B. Pembahasan

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

- A. Kesimpulan
- B. Saran

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

b. Sikap Ilmiah

Selain menguasai metode ilmiah, para biolog juga diharapkan mampu memiliki sikap ilmiah. Sikap ilmiah ini merupakan salah satu akhlak dalam menjalankan penyelidikan atau penelitian ilmiah. Sikap ilmiah tersebut meliputi kemampuan membedakan fakta dan opini, sikap berani dan santun dalam mengajukan pertanyaan dan berargumentasi, kemampuan mengembangkan rasa ingin tahu, kepe-

GALERI

Jurnal Ilmiah

Untuk mengkomunikasikan hasil penelitiannya, para biolog menerbitkan media publikasi khusus yang disebut jurnal ilmiah. Sebenarnya, berbagai hasil penelitian tersebut dapat pula dimuat di media masa (majalah, koran, dan radio atau televisi). Tetapi, publikasi melalui media-media tersebut sifatnya tidak ilmiah karena dibaca oleh khalayak umum dan sifatnya hanya sekedar berita. Oleh karena itu, para biolog (dan ilmuwan pada umumnya) menerbitkan media khusus tersebut.

Melalui jurnal, para biolog dapat saling bertukar gagasan atau berbagi hasil penelitian, serta bekerjasama melanjutkan penelitian yang sudah pernah dilakukan. Jurnal juga merupakan media apresiasi atas kekayaan intelektual seorang biolog, sehingga apabila hasil penelitian di sebuah jurnal akan dikutip oleh peneliti lain, maka nama penulis tersebut harus dicantumkan sebagai sitasi dan publikasinya dituliskan dalam daftar pustaka. Berbagai cabang biologi menerbitkan jurnal-jurnal tertentu. Contohnya adalah *Journal of Bryology* yang diterbitkan oleh *British Bryological Society*.

dulian terhadap lingkungan, kemampuan berpendapat secara ilmiah dan kritis, serta keberanian mengusulkan suatu pemecahan masalah dan bertanggung jawab terhadap usulannya.

Melalui sikap ilmiah, pada diri seorang biolog akan terbentuk kesadaran bahwa alam ini diperuntukkan bagi semua makhluk hidup. Sehingga, ketika berinteraksi dengan makhluk hidup dan lingkungannya, manusia harus bersikap bijak, yaitu selain memanfaatkan juga harus bisa menjaga kelestariannya.

Untuk meningkatkan pengetahuan kalian tentang metode ilmiah dalam mempelajari biologi, kerjakan kegiatan berikut.

TELISIK

Cobalah kalian cari contoh jurnal biologi. Kalian bisa mendapatkannya melalui internet. Perhatikan sistematika penulisan jurnal tersebut. Tandailah bagian mana yang merupakan intisari, pendahuluan, tinjauan pustaka, bahan dan metode penelitian, hasil dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

GALERI

Biologi Virtual

Internet merupakan jaringan komputer yang menghubungkan berjuta-juta komputer di seluruh dunia dan menampilkan begitu banyak informasi, tak terkecuali berbagai informasi tentang biologi. Melalui internet kita bisa mengakses berbagai topik biologi mulai dari sekedar membaca berita, *men-download file* yang merupakan kumpulan berbagai data, gambar, maupun suara, termasuk jurnal-jurnal ilmiah yang dikemas di dalam sebuah *website*. Melalui internet seorang biolog dapat berkomunikasi dengan kolega atau peneliti lain di seluruh dunia melalui *e-mail* (surat elektronik). Dengan demikian melalui internet kita bisa mengetahui perkembangan biologi di seluruh dunia secara cepat. Karena sifatnya yang berupa lintas ruang dan waktu serta tidak nyata, maka biologi di internet sering disebut sebagai biologi virtual (*virtual biology*).

3. Perkembangan Biologi

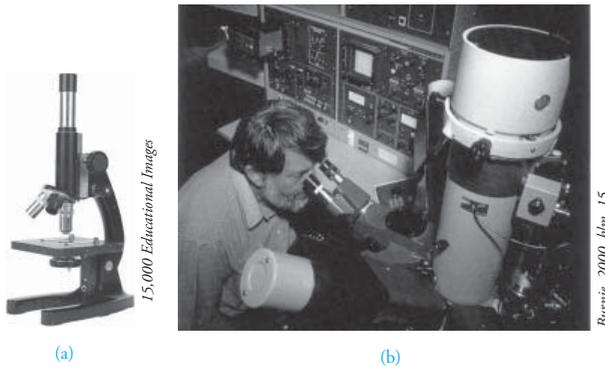
Tahukah kalian, bagaimana biologi bisa muncul sebagai salah satu bidang keilmuan manusia? Mari kita ikuti uraian berikut.

Pada zaman dahulu kala, terutama zaman Yunani, orang lebih banyak mempelajari **filsafat**. Dari filsafat ini, selanjutnya berkembang adanya filsafat alam dan filsafat moral. Filsafat alam mempunyai turunan ilmu-ilmu alam (*the natural sciences*), sedangkan filsafat moral berkembang menjadi ilmu-ilmu sosial (*the social sciences*). Nah, ilmu-ilmu alam ini dibagi lagi menjadi dua bagian, yakni ilmu abiotik/non hayati (*the physical science*) dan ilmu hayati (*the biological science*). **Ilmu hayati** inilah yang biasa disebut dengan nama biologi. Biologi dimaksudkan sebagai ilmu yang mempelajari makhluk hidup. Hal ini sesuai dengan asal kata biologi dari bahasa Yunani, yakni *bios* yang berarti 'hidup' dan *logos* yang berarti 'ilmu'.

Aristoteles (384-322 SM) merupakan orang yang pertama kali meletakkan dasar ilmu biologi pada zaman Yunani. Ia mengemukakan sebuah teori tentang asal muasal makhluk hidup dari benda mati yang dikenal dengan **teori abiogenesis** atau **generatio spontanea**. Kemudian pada abad ke-13 M, tepatnya tahun 1668, **Fransisco Redi** melalui percobaannya meluruskan pendapat Aristoteles yang telah muncul sejak belasan abad sebelum masanya dengan mengajukan **teori biogenesis**. Dengan teorinya, Redi menyatakan bahwa makhluk hidup berasal dari makhluk hidup juga. Teori tersebut diperkuat oleh **Lanzaro Spallanzani** (1765). Setelah itu, biologi semakin berkembang dengan ditemukannya mikroskop oleh **Anthony van Leeuwenhoek**. Penemuan mikroskop tersebut mendukung penemuan sel oleh **Robert Hook**. Teori Hook tentang sel kemudian disempurnakan oleh **Theodor Schwann** dan **Matthias Schleiden** (1938-1939).

Perkembangan berikutnya adalah munculnya teori evolusi yang dikemukakan oleh **Charles Darwin** (1809-1882) yang mengetengahkan teori evolusi melalui seleksi alam dalam buku *The origin of species* atau Asal Usul Spesies. Selanjutnya berkembang ilmu yang mempelajari pewarisan sifat makhluk hidup (genetika), dipelopori oleh **George Mendel** (1822-1884). Contoh penerapan genetika adalah dalam dunia kedokteran, yaitu terapi gen.

Biologi terus berkembang seiring penelitian dan penemuan-penemuan baru. Terkait dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, contohnya adalah perkembangan **mikroskop** (Gambar 1.2). Ketika mikroskop pertama kali ditemukan, kemampuannya untuk melihat objek-objek mikroskopis masih sangat terbatas. Kemudian berkembang mikroskop seperti yang umum kita gunakan saat ini yang disebut sebagai mikroskop cahaya karena sumber sinarnya adalah cahaya. Setelah itu, berkembang pula mikroskop elektron, yaitu mikroskop yang sumber sinarnya adalah elektron, sehingga pengamatan dengan mikroskop ini dapat dilakukan dengan lebih detail dibandingkan dengan mikroskop cahaya.



Gambar 1.2 Jenis-jenis mikroskop
(a) mikroskop cahaya dan (b) mikroskop elektron

Dengan dukungan teknologi lain, kajian biologi pun mengalami perkembangan, sehingga muncullah penemuan-penemuan baru seperti dalam **biologi molekuler**, dan **bioteknologi**. Contoh bioteknologi adalah penemuan bayi tabung, kloning, pemetaan gen, dan transplantasi gen. Dengan kultur jaringan, kita bisa memperbanyak hewan atau tumbuhan tanpa harus mengawinkan jenis jantan dan betinanya, tetapi cukup dengan bagian tubuh tertentu. Contohnya adalah kultur jaringan tumbuhan yang banyak dilakukan pada tanaman tembakau, anggrek, dan jenis-jenis lain yang bernilai ekonomi tinggi (Gambar 1.3).



Gambar 1.3 Kultur jaringan tumbuhan

Akibat perkembangan teknologi yang semakin pesat, saat ini biologi sudah merambah pada hal-hal yang dulunya tidak mungkin dilakukan. Biologi akan selalu berkembang sesuai dengan perkembangan kehidupan manusia dan teknologi.

Sekarang kalian dapat mengerjakan beberapa soal berikut.

UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Mengapa biologi termasuk sains? Jelaskan.
2. Biologi dikatakan sebagai ilmu karena mempunyai objek kajian dan metode ilmiah. Jelaskan.
3. Jelaskan tahapan-tahapan kerja dalam mempelajari biologi. Mengapa laporan ilmiah diperlukan?
4. Jelaskan pengertian biologi.
5. Bagaimanakah perkembangan biologi saat ini dan kecenderungannya ke depan? Jelaskan.

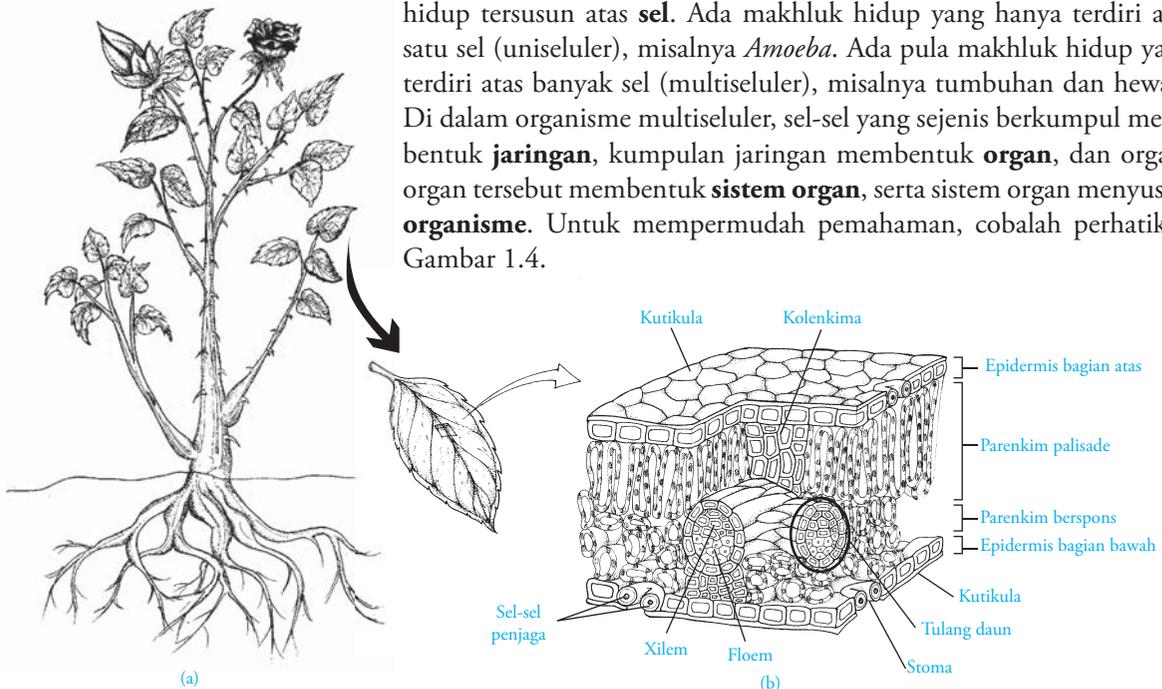
Setelah mengetahui biologi sebagai ilmu dan perkembangannya, kalian dapat mempelajari bagaimana ruang lingkup dan peranan biologi dalam kehidupan.

B. Ruang Lingkup dan Peranan Biologi

Sebagai ilmu, biologi memiliki ruang lingkup yang membatasi kajiannya. Ruang lingkup tersebut meliputi objek biologi dan permasalahannya pada berbagai tingkat organisasi kehidupan. Karena objek kajian yang begitu luas, maka biologi memiliki berbagai cabang yang lebih spesifik. Dengan berbagai cabang tersebut biologi dapat diterapkan dalam berbagai bidang kehidupan.

1. Objek dan Permasalahan Biologi

Biologi mempelajari makhluk hidup (organisme). Setiap makhluk hidup tersusun atas **sel**. Ada makhluk hidup yang hanya terdiri atas satu sel (uniseluler), misalnya *Amoeba*. Ada pula makhluk hidup yang terdiri atas banyak sel (multiseluler), misalnya tumbuhan dan hewan. Di dalam organisme multiseluler, sel-sel yang sejenis berkumpul membentuk **jaringan**, kumpulan jaringan membentuk **organ**, dan organ-organ tersebut membentuk **sistem organ**, serta sistem organ menyusun **organisme**. Untuk mempermudah pemahaman, cobalah perhatikan Gambar 1.4.



Gambar 1.4 (a) Organisasi tubuh tumbuhan (b) Struktur anatomi daun

Tubuh tumbuhan terdiri atas berbagai organ, yaitu akar, batang, dan daun. Pada yang dewasa akan terbentuk bunga serta biji. Sebagai organ fotosintesis, daun disusun oleh berbagai jaringan, yaitu jaringan epidermis, jaringan tiang, jaringan bunga karang, jaringan pengangkut, dan jaringan epidermis. Masing-masing jaringan tersebut disusun oleh sel-sel. Jaringan tiang pada daun misalnya, disusun oleh kumpulan sel yang berbentuk seperti tiang.

Satu unit organisme disebut **individu**, contohnya adalah satu pohon mangga, seekor burung dara, atau seorang anak. Individu-individu yang sejenis bila berkumpul pada tempat dan waktu tertentu akan membentuk **populasi**, contohnya adalah populasi pohon mangga, populasi burung dara, dan populasi anak. Kumpulan individu tersebut disebut populasi apabila berada pada tempat dan waktu yang sama. Beberapa populasi bila berkumpul pada waktu dan tempat yang sama akan membentuk **komunitas**. Apabila komunitas-komunitas tersebut berinteraksi dengan lingkungan, maka akan membentuk **ekosistem**. Contoh ekosistem adalah ekosistem kolam, ekosistem sungai, ekosistem laut, ekosistem sawah, dan ekosistem hutan.

Variasi geografis seperti ketinggian di atas permukaan laut dan garis lintang menyebabkan daratan di bumi terbagi menjadi sejumlah zona habitat. Kumpulan dari berbagai komunitas pada setiap zona habitat disebut **bioma**. Suatu bioma diberi nama berdasarkan tumbuhan yang dominan. Bila tumbuhan dominannya adalah rumput, maka dinamakan bioma padang rumput. Tumbuhan yang ada di bioma tersebut menentukan jenis hewan yang hidup di dalamnya. Sehingga, di bioma padang rumput, hewan yang akan kita temukan sebagian besar adalah hewan pemakan rumput (herbivora). Di bumi, terdapat 6 bioma yaitu bioma gurun, bioma padang rumput, bioma hutan hujan tropis, bioma hutan 4 musim, bioma taiga, dan bioma tundra. Tiga bioma yang disebut pertama adalah khas untuk daerah tropis, contoh yang ada di Indonesia adalah bioma hutan hujan tropis dan bioma padang rumput (Gambar 1.5 dan Gambar 1.6).

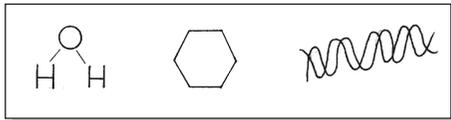


Gambar 1.5 Bioma hutan hujan tropis di Kalimantan

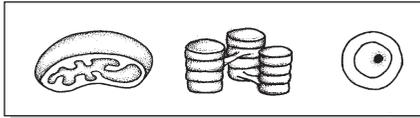


Gambar 1.6 Bioma padang rumput di Nusa Tenggara

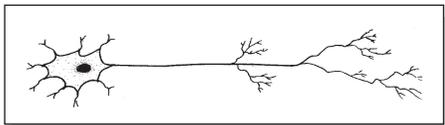
Kesemua bioma yang ada di bumi atau semua zona kehidupan di bumi disebut **biosfer** (lapisan kehidupan). Biosfer meliputi semua lapisan kehidupan, dari dasar laut yang dalam sampai lapisan udara di mana masih terdapat kehidupan. Jadi, biologi mempelajari berbagai tingkat organisasi kehidupan. Perhatikan Gambar 1.7.



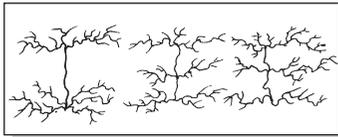
Molekul



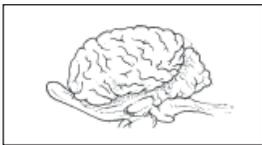
Organel



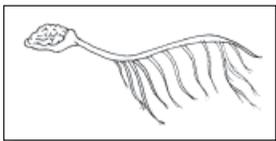
Sel



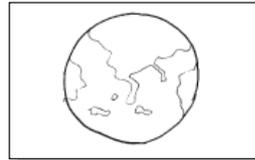
Jaringan



Organ



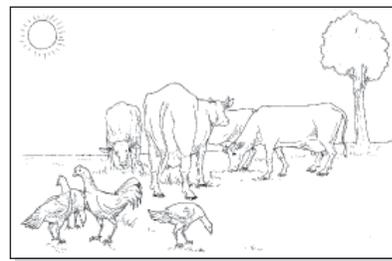
Sistem organ



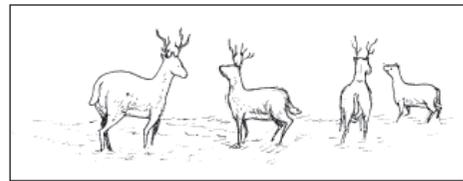
Biosfer



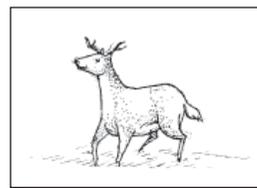
Ekosistem



Komunitas



Populasi



Organisme multiseluler (individu)

Gambar 1.7 Berbagai tingkat organisasi kehidupan yang menjadi objek biologi

Berbagai tingkat organisasi kehidupan memiliki **permasalahan** yang menarik untuk dipelajari. Jadi, biologi tidak hanya mempelajari sosok luar makhluk hidup, tetapi juga sampai tingkat sel atau biomolekul. Bahkan sisa-sisa makhluk hidup jutaan tahun yang lalu yang telah menjadi fosil pun tetap dipelajari. Fosil-fosil tersebut merupakan sumber informasi yang berharga. Dari fosil, kita dapat mengetahui gambaran bumi di masa lalu dan bagaimana kehidupannya.

Kalau fosil saja dapat menjadi kajian yang menarik, tentu organisme-organisme yang saat ini masih hidup juga merupakan objek yang menarik bagi para biolog. Berbagai permasalahan dalam kehidupan adalah ruang lingkup biologi. Pada **tingkat organ** misalnya, terjadinya kanker kulit merupakan kajian biologi. Dalam hal tersebut, biologi akan mempertanyakan apa yang menyebabkan sel-sel kulit tersebut berkembang tidak terkendali sehingga menimbulkan kanker, serta berbagai hal terkait lainnya sehingga bisa ditemukan usaha-usaha untuk menyembuhkannya.

Contoh lain adalah permasalahan biologi yang berupa **gangguan populasi**, misalnya badak bercula satu di Ujung Kulon yang saat ini hampir punah (Gambar 1.8). Untuk menyelamatkan badak tersebut, diperlukan data-data tentang berapa jumlah badak yang masih hidup, bagaimana kondisi habitatnya, bagaimana kehidupannya, berapa jumlah yang jantan dan berapa yang betina, bagaimana cara mereka bereproduksi, dan sejumlah permasalahan lain yang perlu dikaji sebagai upaya untuk menyelamatkan badak tersebut dari kepunahan. Contoh permasalahan lain adalah di **tingkat ekosistem**. Banyaknya sawah yang dijadikan permukiman merupakan permasalahan-permasalahan di bidang lingkungan. Konversi lahan pertanian menjadi permukiman menyebabkan keseimbangan ekosistem terganggu. Sehingga biologi sangat diperlukan dalam mengkaji masalah tersebut untuk mengetahui bagaimana dampaknya bagi makhluk hidup, apakah terjadi gangguan rantai makanan, adakah spesies yang terancam punah, bagaimana upaya mengatasinya, dan lain sebagainya.

2. Cabang-Cabang Biologi

Sebagai ilmu, biologi memiliki ruang lingkup sangat luas karena menyangkut segala permasalahan makhluk hidup dan kehidupannya. Sebagai upaya memperdalam berbagai objek dan permasalahan tersebut, para biolog membuat kajian-kajian khusus sehingga muncul berbagai cabang biologi. Dengan berkembangnya berbagai pendalaman ini, para biolog dapat menanggapi berbagai masalah biologi dengan lebih baik.

Pembagian biologi ke dalam berbagai cabang dapat digambarkan seperti keratan-keratan pada kue lapis (Gambar 1.9). Coba kalian pahami secara saksama. Keratan vertikal menggambarkan berbagai cabang biologi berdasarkan kelompok makhluk hidup yang dikajinya. Sedangkan keratan horizontalnya menggambarkan cabang-cabang



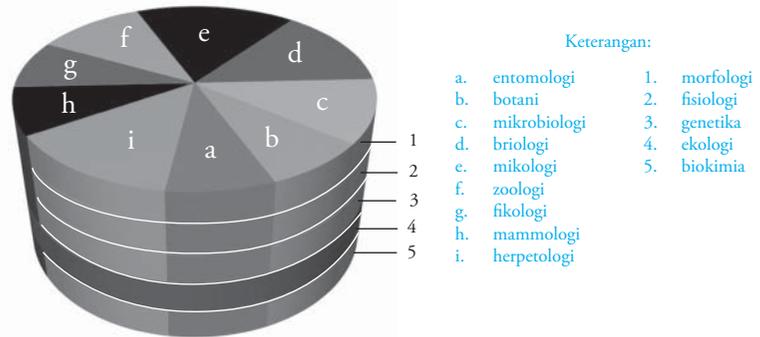
www.adamw.free.fr

Gambar 1.8 Badak bercula satu yang hampir punah, salah satu permasalahan biologi.

KILAS

Sebagai ilmu, biologi memiliki objek kajian yang meliputi objek material dan objek formal. Kedua objek tersebut berkaitan dengan permasalahan biologi yang mencakup berbagai tingkat organisasi kehidupan.

biologi berdasarkan aspek yang dikajinya. Wilayah a adalah wilayah **entomologi** yang mempelajari dunia serangga. Sedangkan, a1 adalah entomologi ditinjau dari kajian morfologinya. Kemudian, a2 adalah entomologi ditinjau dari kajian fisiologi. Begitu seterusnya sesuai dengan keterangan yang ditunjukkan oleh huruf dan angka pada gambar tersebut. Letak a, b, c, d, e, f, g, h, i tidak harus seperti pada gambar, begitu juga letak 1, 2, 3, 4, dan 5. Supaya lebih mudah, kita dapat menyatakan lapisan mendatar pada diagram di atas melalui Tabel 1.1. Sedangkan cabang biologi dengan objek kajian yang lebih spesifik dapat kalian perhatikan pada Tabel 1.2.



Gambar 1.9 Cabang-cabang biologi

Tabel 1.1 Cabang-cabang biologi berdasarkan aspek kajiannya

Cabang ilmu	Bidang kajian
Morfologi	bentuk luar tubuh
Anatomi	bagian-bagian dalam tubuh
Histologi	jaringan
Fisiologi	faal atau proses kerja tubuh
Genetika	pewarisan sifat
Embriologi	perkembangan embrio
Ekologi	interaksi makhluk hidup dengan lingkungannya
Evolusi	perkembangan makhluk hidup dari masa lalu sampai masa kini

Tabel 1.2 Cabang-cabang biologi berdasarkan kelompok makhluk hidup kajiannya

Cabang ilmu	Bidang kajian
Mikrobiologi	Mempelajari jasad renik, meliputi keanekaragaman jenis, fisiologi, reproduksi, peranan, dan lain sebagainya.
Botani	Mempelajari dunia tumbuhan, meliputi morfologi, fisiologi, klasifikasi, manfaatnya bagi manusia, dan lain sebagainya.
Zoologi	Mempelajari dunia hewan meliputi morfologi, struktur tubuh, peranannya dalam kehidupan, dan lain sebagainya.

Cabang-cabang yang termasuk di dalam tabel tersebut adalah cabang-cabang biologi yang mempelajari kelompok-kelompok makhluk hidup (taksonomi) secara umum. Masih banyak cabang biologi yang lainnya, yang lebih khusus dari cabang-cabang yang telah ada atau merupakan cabang yang baru. Contohnya adalah **Briologi** yang mempelajari tumbuhan lumut (bryophyta). Perhatikan gambar 1.10. Contoh lain adalah **mikologi** (mempelajari jamur), **mammologi** (mempelajari mamalia), dan **etologi** (mempelajari tingkah laku hewan). Bisakah kalian menyebutkan cabang-cabang lainnya?

Sebelum melanjutkan ke pembahasan berikutnya, kerjakan terlebih dahulu kegiatan berikut.



Gambar 1.10 Tumbuhan lumut, dipelajari lebih khusus dalam cabang biologi yang disebut briologi.

www.flora.hawaii.harvard.edu

TELISIK

Coba kalian lakukan pengamatan di lingkungan tempat tinggal kalian atau carilah informasi dari berbagai media yang terkait dengan permasalahan di bidang biologi. Permasalahan tersebut bisa pada tingkat sel sampai tingkat bioma. Tentukan cabang biologi yang mempelajari permasalahan tersebut. Kemudian, berikan argumen atau tanggapan dari masalah yang dikajinya. Bisakah kalian mengusulkan alternatif pemecahan permasalahan tersebut?

3. Manfaat dan Bahaya Biologi bagi Kehidupan

Pemanfaatan biologi dapat kalian lihat dalam berbagai bidang kehidupan. Misalnya di bidang pertanian, kehutanan, perkebunan, agrobisnis, sosial, kedokteran, ekonomi, pangan, kesehatan, obat-obatan (farmasi) dan banyak lagi yang lainnya.

Pemanfaatan biologi dalam bidang kehutanan, misalnya dalam peningkatan daya guna hutan, penelitian di bidang agroforestri, maupun konservasi. Di bidang pertanian, biologi berperan dalam penemuan bibit unggul yang tahan hama, cepat panen, hasil panen tinggi, sehingga kebutuhan manusia akan pangan dapat terpenuhi (Gambar 1.11). Dengan biologi pula manusia dapat mempelajari berbagai jenis hama dan penyakit tanaman serta bagaimana penularannya, sehingga manusia dapat menemukan cara untuk mengatasinya.

Di bidang gizi, contoh sumbangsih biologi adalah ditemukannya jenis-jenis makanan yang baik dan mengandung zat-zat yang dibutuhkan tubuh. Dengan mengembangkan pengetahuan biologi, para ahli farmasi dapat menemukan berbagai macam obat, vaksin, ataupun anti bakteri. Dengan demikian, kesehatan manusia dapat ditingkatkan dan dapat menurunkan angka kematian. Pemanfaatan biologi dalam kedokteran juga memberikan sumbangsih yang sangat mencengangkan, terutama dengan perkembangan di bidang bioteknologi. Sebagai contoh, penemuan transplantasi gen dan teknik bayi tabung maupun kloning membuat manusia kagum dan memiliki harapan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan dalam kehidupannya.

Terjaganya kelestarian flora dan fauna adalah peran biologi dalam bidang **konservasi**. Pemanfaatan flora dan fauna secara arif dapat men-



Dok. PIM

Gambar 1.11 Pertanian merupakan penerapan biologi untuk memenuhi kebutuhan pangan.

jamin kelestarian sumber daya hayati. Akibatnya, manfaat yang kita peroleh dari keberadaan tumbuhan dan hewan tersebut bisa optimal sekaligus terjaga kelestariannya. Menjaga kelestarian flora berarti pula menjaga kelestarian sumber air di muka bumi ini.

Namun demikian, di balik manfaat yang sangat besar bagi kehidupan, penerapan biologi juga dapat menimbulkan kerugian yang sangat besar. Melalui pengetahuan biologi, dan didukung kemajuan ilmu dan teknologi, manusia dapat mengeksploitasi kekayaan alam dengan tanpa batas. Ini berbahaya, sebab keseimbangan alam akan terganggu. Dengan alasan meningkatkan penghasilan keluarga, para petani mengganti tanaman pekarangan yang beraneka ragam dengan satu tanaman tertentu (pertanian monokultur) yang memiliki sifat unggul dan bernilai ekonomi tinggi. Akibatnya, keanekaragaman hayati yang ada akan mengalami penurunan. Pemberantasan hama dan pemupukannya pun dapat berdampak pada pencemaran lingkungan, apabila dilakukan melebihi kebutuhan.

Berita yang paling mutakhir dan sangat mengerikan yakni penggunaan **senjata biologi** di dalam peperangan. Sejenis **mikrobia patogen** disebarkan dengan cara tertentu sehingga bibit penyakit yang dibawa bakteri tersebut dapat tertularkan. Contohnya adalah *Bacillus antracis* yang merupakan penyebab penyakit antraks. Apabila senjata biologis yang berisi bakteri tersebut diluncurkan ke suatu wilayah, maka penduduk di wilayah tersebut akan mengalami **pandemi** penyakit antraks.

Masih banyak berbagai peran biologi di dalam kehidupan kita. Kalian bisa menemukannya di lingkungan sekitar. Cobalah kalian diskusikan hal-hal berikut. Selanjutnya, kalian dapat menambah pengetahuan yang kalian peroleh melalui kegiatan di dalam rubrik *Telisik* yang mengikutinya.

DISKUSI

Di bawah ini ada beberapa pernyataan. Bahaslah bersama teman sebangku atau kelompok kalian, maksimal 4 orang. Presentasikan hasil diskusi kalian mengenai poin-poin di bawah ini di depan kelas.

1. Penemuan bibit unggul di bidang pertanian, misalnya semangka tanpa biji, mengakibatkan semangka berbiji yang ada tidak lagi disukai oleh masyarakat. Bagaimana tanggapan kalian terkait kejadian ini?
2. Biologi berkembang dengan pesat sampai ditemukannya metode kloning dan bayi tabung. Bagaimana pendapat kalian dengan kedua hal ini?
3. Sistem pertanian monokultur memiliki dampak negatif dan dampak positif. Coba kalian berikan alasan mengapa demikian?

Sebagai tugas individu, coba kalian cari berbagai manfaat dan kerugian penerapan biologi di berbagai bidang. Tulislah pada sebuah tabel. Tugas kalian dapat terbantu dengan mencarinya melalui buku, koran, majalah, tabloid, atau media elektronik seperti radio, TV, dan internet. Kumpulkan hasil yang kalian peroleh kepada guru.

Tabel 1.3 Peranan biologi dalam kehidupan

Bidang	Manfaat	Kerugian
a. Pertanian	1. Ditemukannya bibit unggul tanaman 2. 3.	1. Keanekaragaman hayati berkurang 2. ... 3. ...
b. Kedokteran/ Kesehatan	1. Ditemukan jenis bakteri penyebab penyakit tipus 2. 3.	1. 2. 3.
c. Farmasi/ obat-obatan	1. Ditemukan bermacam-macam antibiotik 2. 3.	1. 2. 3.
d. Peternakan	1. 2. 3.	1. 2. 3.
e. Politik	1. 2. 3.	1. 2. 3.
f. dst		

Nah, tentunya kalian sudah mulai memahami biologi bukan? Pada bab-bab berikutnya kalian akan mempelajari biologi dengan lebih detail. Tugas kalian sekarang adalah menyelesaikan soal-soal berikut.

UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

- Jelaskan ruang lingkup biologi.
- Jelaskan tingkat organisasi kehidupan. Berikan contoh objek dan permasalahan biologi pada berbagai tingkat tersebut.
- Mengapa biologi memiliki berbagai cabang ilmu? Jelaskan.
- Sebutkan 5 contoh cabang biologi dan apa yang dipelajari di dalamnya. Apabila kalian bercita-cita menjadi dokter, cabang biologi apa saja yang harus dikuasai?
- Sebutkan dan jelaskan manfaat dan bahaya biologi dalam kehidupan.

I K H T I S A R

1. Biologi merupakan ilmu tentang kehidupan, bagian dari sains. Sebagai bagian dari sains, biologi mempelajari gejala alam berupa gejala-gejala pada makhluk hidup dan segala permasalahan kehidupannya.
2. Biologi dikatakan sebagai ilmu karena mempunyai objek kajian dan metode ilmiah.
3. Metode ilmiah adalah serangkaian kegiatan atau tahapan tertentu yang dilakukan secara sistematis. Tahapan dalam metode ilmiah adalah menemukan permasalahan, mengajukan hipotesis, melakukan percobaan untuk menguji hipotesis, dan menarik kesimpulan. Selain memiliki keterampilan mengomunikasikan hasil penelitian melalui laporan ilmiah, seorang biolog harus mampu bersikap ilmiah.
4. Biologi berkembang dari filsafat alam pada zaman Yunani. Dalam perkembangannya biologi dipengaruhi oleh perkembangan teknologi.
5. Ruang lingkup biologi meliputi objek biologi dan permasalahannya pada berbagai tingkat organisasi kehidupan. Karena objek kajian yang begitu luas, maka biologi memiliki berbagai cabang yang lebih spesifik.
6. Biologi memiliki berbagai peran penting dalam kehidupan, banyak manfaatnya tetapi juga ada bahayanya.

E N A R A I K A T A

Agrobisnis Bisnis hasil produksi pertanian

Agroforestri Budidaya tanaman hutan

Bayi tabung Bayi yang berasal dari pembuahan sel telur ibu dalam piring kaca di laboratorium, oleh sel sperma yang diambil dari suami atau donor

Biologi molekuler Kajian khusus biologi pada tingkat molekul-molekul penyusun makhluk hidup

Bioteknologi Kajian khusus biologi pada pemanfaatan makhluk hidup dengan berbagai teknik rekayasa, dan teknologi kehidupan

Filsafat Pengetahuan dan penyelidikan dengan akal budi mengenai hakikat segala yang ada, sebab, asal, dan hukumnya

Kloning Upaya mengembangbiakkan hewan atau tumbuhan secara tidak kawin (aseksual) dan menghasilkan keturunan yang identik secara genetik

Konservasi Usaha menjaga kelestarian flora dan fauna

Mikrobia Patogen Mikrobia (jasad renik) yang berpotensi menyebabkan penyakit

Mikroskop Alat bantu untuk mengamati benda-benda berukuran kecil, misalnya bagian-bagian dari sebuah sel

Pandemi Penyebaran wabah penyakit yang meluas di suatu wilayah

Polinator Hewan-hewan pembantu penyerbukan bunga, contohnya lebah dan kupu-kupu

Rantai makanan Proses makan dan dimakan, menunjukkan adanya aliran energi. Contohnya padi dimakan belalang, kemudian belalang dimakan burung, burung dimakan ular, dan seterusnya

Spesies Jenis makhluk hidup. Contohnya padi (*Oryza sativa*), Jagung (*Zea mays*), dan lain sebagainya

Transplantasi gen Pencangkokan gen

A Pilihlah jawaban yang paling tepat.

1. Objek formal biologi adalah
 - a. makhluk hidup
 - b. lingkungan hidup
 - c. struktur, fungsi, dan interaksi makhluk hidup
 - d. bioma, ekosistem, dan komunitas
 - e. manusia dan hewan
2. Objek kajian biologi adalah benda-benda yang konkret. Yang dimaksud benda konkret adalah
 - a. benda yang hidup
 - b. benda yang mempunyai nilai ekonomi
 - c. benda yang dapat ditangkap alat indera
 - d. benda yang dapat dilihat tanpa alat
 - e. benda yang hanya dapat dilihat dengan bantuan alat
3. Biologi berkembang dari akar atau rumpun ilmu

a. filsafat	d. humaniora
b. alam	e. kimia
c. sosial	
4. Yang bukan merupakan alasan biologi dikatakan sebagai ilmu adalah
 - a. hukum-hukumnya bersifat universal
 - b. banyak orang yang ingin mempelajarinya
 - c. mempunyai objek kajian dan metode ilmiah
 - d. dapat dipikirkan secara logika
 - e. bermanfaat bagi kehidupan
5. Berikut adalah tahapan dalam metode ilmiah
 - I. melakukan percobaan untuk menguji hipotesis
 - II. mengajukan hipotesis
 - III. menemukan permasalahan
 - IV. menarik kesimpulan
 Urutan tahap yang benar adalah

a. I-II-III-IV	d. III-II-I-IV
b. I-III-II-IV	e. IV-III-II-I
c. III-I-II-IV	
6. Yang bukan merupakan sikap ilmiah adalah
 - a. mampu membedakan fakta dan opini
 - b. bertanya dan berargumentasi untuk memenuhi keingintahuan diri sendiri
 - c. memiliki kepedulian terhadap lingkungan
 - d. mampu berpendapat secara ilmiah dan kritis
 - e. berani mengusulkan suatu pemecahan masalah dan bertanggung jawab
7. Aristoteles adalah tokoh dalam sejarah biologi yang mengajukan teori tentang asal mula kehidupan yang disebut
 - a. teori biogenesis
 - b. *generatio spontanea*
 - c. teori kreasi khusus
 - d. teori evolusi
 - e. *The origin of species*
8. Satuan atau unit terkecil makhluk hidup dinamakan

a. molekul	d. sistem organ
b. sel	e. komunitas
c. organ	
9. Kumpulan jaringan dalam makhluk hidup akan membentuk
 - a. molekul
 - b. jaringan epitelium
 - c. organ tubuh
 - d. sistem organ
 - e. individu
10. Sekelompok rusa dalam suatu tempat dan waktu tertentu disebut

a. ekosistem	d. bioma
b. komunitas	e. populasi
c. habitat	
11. Sekelompok padi, sekelompok belalang, sekelompok burung bila berkumpul akan membentuk suatu

a. habitat	d. bioma
b. ekosistem	e. perkumpulan
c. komunitas	

12. Manfaat pengelompokan biologi dalam beberapa cabang adalah
 - a. supaya lebih simpel
 - b. supaya ditemukan banyak hal
 - c. agar semakin mendalam dan terfokus dalam mengkajinya
 - d. agar ditemukan manfaat dari yang dikaji
 - e. agar orang paham
13. Andaikan kalian menginginkan menjadi seorang dokter, salah satu cabang biologi yang harus dikuasai adalah
 - a. ekologi
 - b. anatomi
 - c. briologi
 - d. ornitologi
 - e. botani
14. Cabang biologi yang mempelajari bentuk luar makhluk hidup disebut
 - a. morfologi
 - b. anatomi
 - c. fisiologi
 - d. ekologi
 - e. taksonomi
15. Untuk memperoleh anak sapi dengan inseminasi buatan, dibutuhkan pemahaman dalam cabang biologi, yaitu
 - a. reproduksi
 - b. kedokteran
 - c. biokimia
 - d. peternakan
 - e. genetika
16. Cabang-cabang biologi bagaikan keratan-keratan dalam kue lapis, keratan vertikalnya meliputi
 - a. ekologi, morfologi, sitologi
 - b. botani, anatomi, fisiologi
 - c. botani, zoologi, mikologi
 - d. evolusi, sitologi, mikrobiologi
 - e. botani, histologi, briologi
17. Jika ada seseorang ingin mengetahui silsilah keluarganya, maka cabang biologi yang dapat membantunya adalah
 - a. bakteriologi
 - b. anatomi
 - c. morfologi
 - d. genetika
 - e. mikrobiologi
18. Salah satu manfaat biologi dalam bidang pertanian adalah
 - a. penemuan bibit unggul
 - b. perluasan lahan pertanian
 - c. pembuatan alat-alat pertanian yang canggih
 - d. peningkatan jumlah hasil produksi
 - e. pendapatan petani meningkat
19. Penyalahgunaan biologi dalam perang militer antarnegara misalnya
 - a. senjata pemusnah massal
 - b. pandemi flu burung
 - c. penyebaran antraks
 - d. senjata biologi
 - e. pandemi sapi gila
20. Salah satu peran biologi di bidang konservasi adalah pengelolaan sumber daya alam dengan memperhatikan
 - a. terpenuhinya kebutuhan manusia
 - b. terjaganya kelestarian flora dan fauna
 - c. peningkatan daya guna hutan
 - d. kelestarian sumber air
 - e. pertanian monokultur

B Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.

1. Apa yang mendasari biologi disebut sebagai ilmu? Jelaskan.
2. Bagaimana hubungan biologi dengan sains lainnya? Jelaskan
3. Jelaskan tahapan kerja ilmiah dalam mempelajari biologi.
4. Bagaimana perkembangan biologi di zaman modern sekarang ini? Jelaskan.
5. Sebutkan tingkatan organisasi kehidupan dan contoh permasalahannya bagi biologi.
6. Mengapa suatu daerah dinamakan bioma? Jelaskan dan sebutkan jenis-jenis bioma di dunia.
7. Sebutkan pembagian cabang biologi secara vertikal dan horisontal.
8. Sebutkan dampak positif akibat kemajuan biologi.
9. Sebutkan dampak negatif dari pertanian monokultur.
10. Apa peranan biologi di bidang konservasi? Jelaskan.

B a b II

Virus dan Peranannya dalam Kehidupan



Dok. PIM

Hampir semua di antara kita pernah menderita flu. Flu atau influenza merupakan salah satu penyakit yang disebabkan oleh virus. Selain influenza, berbagai penyakit yang mematikan juga disebabkan oleh virus. Contohnya adalah AIDS dan flu burung. Hal tersebut mendorong manusia untuk terus bekerja keras mempelajari virus guna menemukan obat untuk mengatasi penyakit yang disebabkan olehnya. Lantas, mengapa kalian semua harus mempelajari virus? Pemahaman tentang virus ini tidak hanya penting bagi kalian yang ingin menjadi dokter atau ahli farmasi. Bukankah kalian semua ingin selalu sehat? Nah, dengan memahami virus, kalian akan lebih waspada dan terhindar dari penyakit yang disebabkan olehnya. Untuk itu, kalian dapat mencapainya dengan mempelajari ciri-ciri virus dan peranannya dalam kehidupan sehari-hari

KATAKUNCI

- Virus
- ADN
- ARN
- Hospes
- Penyakit
- Vaksin

KILAS

Pada bab Biologi dan Peranannya dalam Kehidupan, telah dijelaskan bahwa ruang lingkup biologi meliputi objek biologi dan permasalahannya pada berbagai tingkat organisasi kehidupan.

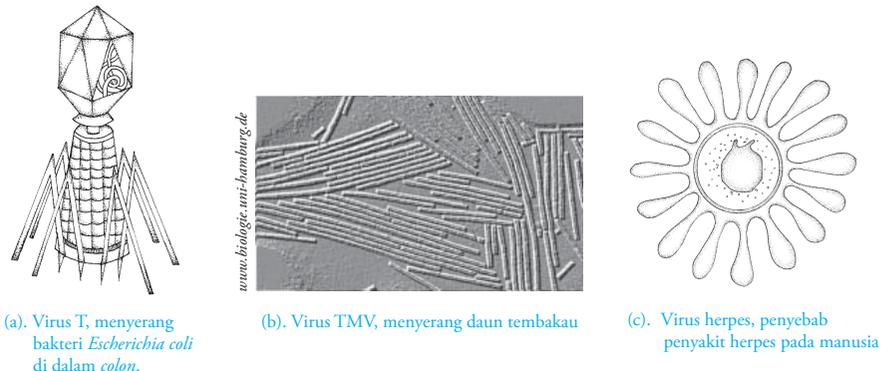
Pada uraian berikut, kalian akan diajak untuk mengenal lebih dekat tentang virus. Setelah mempelajarinya, kalian akan mampu membedakan virus dari makhluk hidup lain. Kalian juga akan mempelajari ciri-ciri, struktur tubuh virus dan fungsinya, dan replikasi pada virus. Kemudian kalian akan mempelajari contoh virus yang bermanfaat dan yang merugikan bagi kehidupan makhluk hidup (manusia, hewan, tumbuhan).

Setelah memahami uraian dalam bab ini, kalian diharapkan dapat mengidentifikasi ciri-ciri virus dan membedakan struktur virus dengan makhluk lainnya. Selain itu, kalian diharapkan dapat menjelaskan cara hidup dan cara replikasi virus. Kemampuan lain yang harus kalian kuasai adalah menyebutkan contoh berbagai jenis virus dan pengaruhnya terhadap makhluk hidup lain, terutama manusia.

A. Asal Mula Penemuan Virus dan Ciri-ciri Virus

Aktivitas manusia yang berlebihan dan diiringi oleh perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang canggih telah banyak menimbulkan dampak bagi kehidupan. Dampak tersebut antara lain adalah timbulnya berbagai polusi akibat kegiatan yang menghasilkan sampah, terlebih lagi bila sampah-sampah tersebut tidak di daur ulang. Akibatnya timbullah masalah tersendiri di bidang kesehatan, yaitu banyaknya jenis penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup pada sampah.

Berbagai penyakit juga disebabkan oleh aktivitas virus. Umumnya penyakit akibat virus ini lebih susah untuk diatasi. Oleh karena itu, perhatian manusia terhadap virus semakin besar setelah ditemukannya berbagai penyakit yang aneh dan belum pernah ditemukan sebelumnya. Gambar 2.1 berikut adalah contoh beberapa virus penyebab penyakit.



Gambar 2.1 Beberapa contoh virus

Virus berasal dari bahasa latin *virulae* yang artinya ‘menular’. Virus merupakan substansi **aseluler** (tubuh tidak berupa sel), karena hanya memiliki **kapsid** (selubung yang berfungsi sebagai dinding) dan **asam nukleat**, tetapi tidak memiliki inti sel, sitoplasma, dan membran sel. Ukuran virus sangat kecil, sehingga disebut juga **mikroba** atau **mikroorganisme**. Di dalam biologi, virus dipelajari lebih mendalam pada cabang ilmu **mikrobiologi** atau lebih khusus lagi disebut **virologi**.

1. Asal Mula Penemuan Virus

Menurut para ahli biologi, virus merupakan substansi atau bentuk peralihan antara benda hidup (makhluk hidup) dan benda mati. Virus disebut benda mati karena virus lebih dominan mempunyai ciri-ciri sebagai benda mati daripada ciri-ciri makhluk hidup. Virus berbentuk seperti molekul atau partikel yang disebut **virion**. Tetapi virus juga menunjukkan ciri-ciri makhluk hidup karena virus mempunyai **materi genetik** berupa asam nukleat yang terdiri dari **ADN** (Asam Deoksiribo Nukleat) atau **ARN** (Asam Ribo Nukleat), serta dapat melakukan perkembangbiakan yang dinamakan **replikasi**.

Sejarah penemuan virus dimulai tahun 1883 oleh ilmuwan Jerman yang bernama **Adolf Meyer**. Ia melakukan penelitian pada tanaman tembakau. Pada suatu ketika ia menemukan adanya daun tembakau yang tidak normal. Daun tersebut berwarna hijau kekuning-kuningan, yang ternyata setelah diamati, terdapat cairan atau lendir. Daun yang mengalami hal demikian menderita **penyakit mosaik**. Penyakit ini disebabkan oleh mikroorganisme yang kita sebut virus. Penyakit mosaik ini menyebabkan pertumbuhan tembakau menjadi terhambat (kerdil) dan daunnya berwarna belang-belang. Perhatikan Gambar 2.2.

Menurut Meyer, penyakit mosaik pada daun tembakau tersebut dapat menular. Hal ini dibuktikan dengan menyempromatkan ekstrak daun tembakau yang telah tertulari penyakit mosaik ke tanaman tembakau yang masih normal (segar). Setelah diamati ternyata daun yang semula normal tersebut menjadi berwarna hijau kekuning-kuningan (berbintik-bintik kuning). Setelah dilakukan penelitian, penyebab penyakit tersebut adalah mikroba yang kecil sekali dan hanya dapat dilihat dengan menggunakan **mikroskop elektron**.

Penelitian serupa dengan yang dilakukan oleh Meyer tersebut dilakukan kembali oleh **Dmitri Ivanovsky**. Ia berhasil menemukan **filter** (alat penyaring) bakteri. Di dalam penelitiannya, Ivanovsky mengoleskan hasil saringan (dari daun tembakau yang telah terkena penyakit mosaik) pada daun tanaman yang sehat. Hasilnya tanaman yang sehat tersebut akhirnya tertular. Ivanovsky menyimpulkan bahwa mikroba penyebab penyakit tersebut adalah mikroba yang bersifat **patogen (penyebab penyakit)** yang mempunyai ukuran lebih kecil daripada bakteri, karena mikroba tersebut dapat lolos dari saringan atau filter untuk menyaring bakteri.

Selanjutnya, pada tahun 1897, **M. Beijerinck**, seorang ahli mikrobiologi berkebangsaan Belanda, menemukan fakta bahwa mikroorganisme yang menyerang tembakau tersebut dapat melakukan reproduksi dan tidak dapat dibiakkan pada medium untuk bakteri. Fakta lainnya adalah apabila mikroorganisme tersebut dimasukkan ke dalam alkohol, ia tidak mati. Tetapi pada waktu itu M. Beijerinck belum berhasil menemukan struktur dan **spesies** mikroorganisme tersebut.

GALERI

Beberapa waktu yang lalu kita dirisaukan oleh berita tentang flu burung (*Avian Influenza*) yang berjangkit di beberapa daerah di Indonesia. Ribuan ayam dan unggas lainnya dimusnahkan karena terserang penyakit tersebut. Bahkan beberapa pasien *suspect* (yang diduga terjangkit) flu burung juga meninggal. Tahukah kalian mengapa ayam-ayam itu harus dibakar dan dikubur? Tujuan tindakan tersebut adalah untuk memperkecil perkembangbiakan virus H5N1 penyebab *Avian Influenza*. Ingat bahwa virus hanya bisa hidup di dalam sel makhluk hidup, sehingga ayam-ayam yang menjadi inangnya harus dimusnahkan dengan dibakar. Virus juga bisa bertahan (dorman) di dalam tanah selama bertahun-tahun. Itulah mengapa setelah dibakar ayam-ayam tersebut harus dikubur dalam-dalam agar virus-virus yang masih ada tidak kembali menyebar.



Gambar 2.2 Tanaman tembakau yang terkena penyakit mosaik

www.biologi.tmi-hamburg.de

Menyusul penemuan Beijerinck, ilmuwan Amerika, **Wendell M. Stanley**, pada tahun 1935 berhasil mengkristalkan makhluk hidup yang menyerang tanaman tembakau. Hasil penelitian tersebut menjawab pertanyaan tentang makhluk apa yang menyebabkan penyakit tersebut. Makhluk hidup tersebut kemudian dinamakan **TMV** (*Tobacco Mosaic Virus*) atau **Virus Mosaik Tembakau**. Sampai saat ini penelitian-penelitian tentang virus dan penyakit-penyakit yang disebabkan oleh virus terus dilakukan dan semakin berkembang.

2. Ciri-Ciri Virus

Ciri-ciri virus meliputi ukuran, bentuk, struktur dan fungsi, cara hidup, serta cara reproduksinya.

a. Ukuran virus

Ukuran virus berkisar antara 25-300 nm. Virus yang berukuran 25 nm dijumpai pada virus penyebab polio. Sedangkan virus yang berukuran 100 nm misalnya Bakteriofag atau virus T (*Bacteriophage* atau *phage*), yaitu virus yang menyerang bakteri *Escherichia coli*. Sedangkan virus yang berukuran lebih kurang 300 nm contohnya adalah TMV (*Tobacco Mosaic Virus*).

b. Bentuk tubuh

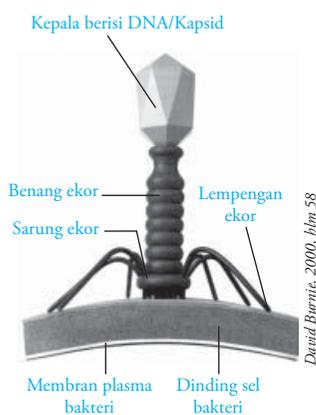
Bentuk tubuh virus sangat bervariasi. Virus yang berbentuk bulat contohnya adalah virus influenza (*Influenza virus*) dan HIV penyebab AIDS. Virus juga ada yang berbentuk oval, seperti virus rabies (*Rabies virus*). Bentuk batang dijumpai pada TMV, bentuk jarum dijumpai pada *Tungrovirus* (virus penyebab kekerdilan pada batang padi), dan bentuk seperti huruf T dijumpai pada Bakteriofag. Sedangkan bentuk polihedral contohnya adalah pada *Adenovirus* (penyebab penyakit demam).

c. Struktur dan fungsi

Tubuh virus bukan merupakan sel (aseluler), tidak memiliki inti sel, sitoplasma, dan membran sel, tetapi hanya memiliki kapsid sebagai pelindung luar. Virus berupa partikel (molekul) yang disebut virion. Tubuh virus yang berupa kristal atau partikel ini lebih menunjukkan ciri mineral daripada ciri kehidupan. Oleh karena itu ada anggapan bahwa virus bukan makhluk hidup.

Struktur tubuh virus yang kita gunakan sebagai contoh dalam pembahasan ini adalah struktur tubuh Bakteriofag (virus T). Perhatikanlah Gambar 2.3. Tubuh virus T terbagi atas bagian kepala dan bagian ekor. Bagian kepala terbungkus oleh suatu selubung dari protein yang disebut **kapsid**. Kapsid mempunyai fungsi sebagai pemberi bentuk pada virus, dan juga berfungsi sebagai pelindung bagian dalam tubuh virus. Bagian di luar kapsid terdapat selubung yang tersusun dari lipida dan karbohidrat.

Di dalam tubuh virus (isi tubuh virus) terdapat materi genetik sederhana yang terdiri dari senyawa asam nukleat yang berupa ADN



Gambar 2.3 Struktur tubuh Bakteriofag

David Barnes, 2000, hlm 58

atau ARN. Bentuk ADN dan ARN tergantung pada spesifikasi virus. Setiap jenis virus hanya memiliki 1 macam molekul materi genetik, yaitu ADN saja atau ARN saja. Materi genetik tersebut dapat berupa rantai ganda yang berpilin atau rantai tunggal, dengan bentuk memanjang, lurus, atau melingkar.

Bentuk kapsid pada virus bermacam-macam, ada yang bulat, oval, batang, polihedral, atau seperti huruf T. Pada beberapa virus, misalnya virus flu dan herpes, di luar kapsid masih terdapat struktur tambahan yang berupa kapsul pembungkus atau amplop. Kapsul pembungkus ini berfungsi membantu virus untuk menyerang (menginfeksi) tubuh inang atau **hospes**, sehingga tubuh inang tersebut menderita suatu penyakit.

Sampai di sini tentu pengetahuan kalian tentang virus sudah semakin banyak. Nah, sebelum ke materi selanjutnya, kerjakan dulu tugas dalam rubrik *Telisik* berikut.

TELISIK

Pada kegiatan ini kalian mendapat tugas untuk memperdalam pemahaman tentang struktur tubuh virus. Perhatikan kembali Gambar 2.3. Bersama kelompok kalian, cobalah untuk membuat model tiga dimensi dari struktur tubuh Bakteriofag. Berilah tulisan atau keterangan pada setiap bagian struktur tersebut. Kerjakan tugas kalian di rumah dan kumpulkan pada guru.

Alat dan bahan yang kalian butuhkan adalah kertas yang cukup tebal atau karton, pensil, spidol, penggaris, gunting, dan lem atau selotip.

Setelah mengerjakan rubrik *Telisik*, tentu pemahaman kalian semakin mantap. Sekarang mari kita lanjutkan pembahasan kita tentang ciri-ciri virus.

d. Cara hidup

Virus hidup sebagai parasit obligat (parasit sejati). Tempat hidupnya di dalam jaringan tubuh organisme lain (tubuh manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan). Jadi, virus hanya dapat hidup secara parasit pada sel organisme lain.

e. Cara berkembang biak

Virus hanya dapat berkembang biak pada sel-sel hidup dan untuk reproduksinya virus hanya memerlukan asam nukleat. Karena dapat melakukan reproduksi, maka virus dianggap sebagai makhluk hidup (organisme).

Di dalam proses reproduksi, virus memerlukan lingkungan sel hidup (di dalam jaringan tubuh) sehingga virus memerlukan organisme lain sebagai **inang** atau **hospesnya**. Contoh organisme yang menjadi hospes virus adalah bakteri, jaringan embrio, hewan, tumbuhan, dan manusia. Proses reproduksi virus disebut **replikasi** (penggandaan diri tubuh virus). Proses replikasi virus semenjak menempel pada sel inang

KILAS

Virus bersifat aseluler. Bentuk tubuhnya bervariasi, ada yang bulat, oval, batang, polihedral, dan seperti huruf T.

sampai terbentuknya virus yang baru melibatkan siklus litik dan siklus lisogenik. Perhatikan Gambar 2.4.

Siklus litik adalah replikasi virus yang disertai dengan matinya sel inang setelah terbentuk anakan virus yang baru. Siklus litik virus yang telah berhasil diteliti oleh para ilmuwan adalah siklus litik virus T (*Bacteriophage*), yaitu virus yang menyerang bakteri *Escherichia coli* (bakteri yang terdapat di dalam *colon* atau usus besar manusia).

Siklus litik Bakteriofag terdiri atas 5 fase, yaitu fase adsorpsi, fase penetrasi sel inang, fase eklifase, fase replikasi, dan fase pemecahan sel inang. Berikut penjelasannya.

1). Fase Adsorpsi

Pada fase ini, ujung ekor Bakteriofag menempel atau melekat pada bagian tertentu dari dinding sel bakteri yang masih dalam keadaan normal. Daerah itu disebut **daerah reseptor** (*receptor site* atau *receptor spot*). Virus yang menyerang bakteri *E. coli*, memiliki lisozim (*lysozyme*) yang berfungsi merusak atau melubangi dinding sel bakteri.

2). Fase penetrasi sel inang

Pada fase ini, kulit ujung ekor virus T dan dinding sel bakteri *E. coli* yang telah menyatu tersebut larut hingga terbentuk saluran dari tubuh virus T dengan sitoplasma sel bakteri. Melalui saluran ini ADN virus merusak ke dalam sitoplasma bakteri dan bercampur dengannya.

3). Fase eklifase

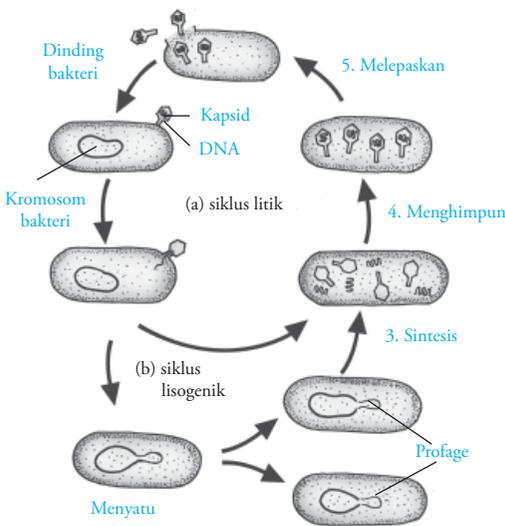
Pada fase ini, setelah bercampur dengan sitoplasma bakteri, ADN virus mengambil alih kendali ADN bakteri. Pengendalian ini terjadi di dalam proses penyusunan atau sintesis protein di dalam sitoplasma bakteri. Seterusnya ADN virus mengendalikan sintesis protein kapsid virus.

4). Fase replikasi (fase sintesis: penyusunan)

Virus baru pada fase ini mulai dibentuk. ADN virus T mengadakan pembentukan atau penyusunan ADN virus yang baru, dengan menggunakan ADN bakteri sebagai bahan materinya, serta membentuk selubung protein kapsid virus. Maka terbentuklah beratus-ratus molekul ADN baru virus yang lengkap dengan selubungnya. Setiap sel bakteri *E. coli* yang diserang oleh virus T dapat menghasilkan 200-300 virus T yang baru.

5). Fase pemecahan sel inang atau litik

Setelah terbentuk virus T yang baru, dinding sel bakteri akan pecah (litik). Selanjutnya sejumlah virus T yang baru tersebut akan keluar dan siap untuk menyerang sel bakteri *E. coli* yang baru (yang lain).



Gambar 2.4 Siklus litik dan lisogenik Bakteriofag

Selain secara litik, reproduksi virus juga bisa terjadi secara lisogenik. Pada **siklus lisogenik**, ADN atau ARN virus menempel pada kromosom sel inang (membentuk *profage*) dan mengadakan replikasi. Bedanya dengan siklus litik, pada siklus lisogenik sel inang tidak pecah atau mati, sehingga setiap kali sel inang membelah di dalamnya juga terdapat virus-virus yang berkembangbiak.

Kalian telah mempelajari asal mula dan ciri-ciri virus. Untuk mengingat kembali materi tersebut dan menambah pemahaman kalian, lakukanlah kegiatan *Diskusi* berikut. Setelah itu, kalian dapat mengerjakan soal-soal *Uji Kompetensi*.

DISKUSI

Ingat kembali apa yang disebut virus dan sejarah penemuannya. Kemudian bersama teman sebangkumu jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Sebutkan perbedaan antara benda hidup (mahluk hidup) dan benda mati. Dan berikan contoh dari benda hidup dan benda mati tersebut.
2. Mengapa virus termasuk peralihan antara benda mati ke benda hidup? Jelaskan.
3. Coba kalian terangkan pengertian mikroorganisme, mikrobiologi, dan virology. Apa perbedaan ketiga istilah tersebut?

Setelah selesai melakukan diskusi dengan teman sebangkumu, konsultasikan hasil diskusi kalian dengan gurumu.

UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Apakah pengertian virus?
2. Mengapa virus disebut juga sebagai mikroba?
3. Bagaimana sejarah penemuan virus? Jelaskan.
4. Bagaimanakah ciri-ciri virus? Terangkan.
5. Jelaskan apa yang dimaksud dengan replikasi? Jelaskan fase-fase di dalam replikasi.

Setelah membaca uraian tentang asal mula dan ciri-ciri virus, tentu kalian selanjutnya ingin tahu apa saja macam-macam virus dan bagaimana pengaruhnya dalam kehidupan kita. Pada uraian selanjutnya kalian akan diajak untuk mempelajari hal tersebut.

B. Macam-macam Virus dan Peranannya dalam Kehidupan

Virus dapat dikelompokkan berdasarkan beberapa hal. Dalam subbab ini akan dipaparkan pengelompokan virus berdasarkan asam nukleatnya. Kemudian setelah itu kalian akan menyimak pula tentang peranan virus dalam kehidupan.

1. Macam-macam virus berdasarkan asam nukleatnya

Berdasarkan asam nukleatnya, virus dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu virus ADN dan virus ARN. Virus ADN adalah virus yang asam nukleatnya berupa ADN sedangkan virus ARN adalah virus yang asam nukleatnya berupa ARN. Untuk lebih memperjelas pemahaman kalian tentang macam-macam virus perhatikan Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kelompok virus berdasarkan asam nukleatnya

Kelompok virus	Jenis virus	Penyakit yang disebabkan
Virus ADN	<i>Adenovirus</i>	Menginfeksi alat digesti (usus), alat respirasi, konjungtiva, tumor pada manusia
	<i>Herpes simplex virus</i>	Menginfeksi mulut, alat kelamin manusia, dan tumor rahim pada manusia
	<i>Papavovirus</i>	Kutil pada manusia dan kanker pada hewan
	<i>Poliovirus</i>	Penyakit polio
	<i>Virus Rubella</i>	Campak jerman (rubella)
	<i>Paramyxovirus</i>	Pneumonia atibical, penyakit gondong & campak
	<i>Virus coryza, rhinovirus</i>	Pilek (Flu)
Virus ARN	<i>Poxivirus</i>	Campak, cacar
	<i>Orthomyxovirus</i>	Influenza
	<i>Hepatitis</i>	Hepatitis
	<i>Paramyxovirus</i>	NCD (tetelo pada ayam)
	<i>Picornavirus</i>	Infeksi perut, poliomyelitis, dan Hepatitis A
	<i>Rhabdovirus</i>	Rabies
	<i>Reovirus</i>	Muntah dan diare
	<i>Retrovirus</i>	Tumor kelenjar susu, leukemia, AIDS, dan sarkoma pada ayam
	<i>Togo virus (Flavivirus)</i>	Demam berdarah, demam kuning
	<i>Tobacco Mosaic Virus (TMV)</i>	Penyakit mosaik pada daun tembakau
<i>Myxovirus</i>	Influenza	

GALERI

HIV disebut juga *retrovirus* karena memiliki materi genetik berupa ARN. Karena ARNnya tidak bisa ditranskripsi menjadi protein oleh sel inang, maka dalam menginfeksi limfosit T virus ini terlebih dahulu membentuk ADN dari ARNnya. HIV memiliki enzim yang mampu mensintesis ARN dari ADN, yaitu *reverse transcriptase*.

2. Peranan Virus dalam Kehidupan

Dalam kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan virus dapat merugikan dan menguntungkan. Pada umumnya virus merugikan tubuh makhluk hidup yang menjadi inangnya. Virus bisa merugikan karena menimbulkan penyakit baik pada manusia, hewan, maupun tumbuhan. Tetapi ternyata ada juga virus yang menguntungkan, terutama bagi manusia. Berikut akan diberikan contoh jenis-jenis virus tersebut.

a. Virus yang merugikan tubuh manusia

Beberapa contoh virus yang merugikan manusia ditampilkan pada Gambar 2.5-2.12. Berikut penjelasannya.

1). **HIV** (*Human Immunodeficiency Virus*)

Virus ini menyebabkan penyakit AIDS (*Acquired Immune Deficiency Syndrome*), menyerang sel-sel darah putih **limfosit T**. Gejala penyakitnya adalah seperti gabungan gejala beberapa jenis penyakit karena menurunnya sistem kekebalan tubuh.

2). **Virus ebola** (*ebola virus*)

Virus ini menyebabkan penyakit **ebola** yang mematikan. Virus ini menyerang sel-sel pertahanan tubuh. Gejalanya adalah demam yang disertai pendarahan.

3). **Virus hepatitis** (*Hepatitis virus*)

Virus ini menyebabkan penyakit **hepatitis B**. Virus ini menyerang sel-sel hati, sehingga perut penderita membesar dan tubuhnya berwarna kuning.

4). **Measles virus**

Measles virus menyebabkan penyakit **cacar**. Virus ini menyerang sel kulit dan menimbulkan gejala awal seperti demam, pilek, kemudian muncul luka cacar, yang dimulai dari wajah dan akhirnya keseluruhan tubuh.

5). **Herpes Simplex virus**

Virus ini menyebabkan penyakit **herpes**. Virus ini menyerang membran mukus (lendir) pada mulut, alat kelamin, dan kulit. Gejala penyakitnya adalah kulit memerah dan muncul bintil-bintil seperti luka melepuh.

6). **Human Papilomavirus**

Virus ini menyebabkan penyakit **kutil** pada manusia. Virus ini menyerang sel-sel kulit dan dapat menyebabkan kanker. Gejalanya adalah munculnya benjolan kulit.

7). **Adeno virus**

Virus ini menyebabkan gangguan pada **sistem respirasi** dan menyebabkan **tumor rahim** pada wanita. Gejala serangan virus ini adalah perut sakit seperti menstruasi dan timbul benjolan di dalam rahim (perut).

8). **Mumps virus**

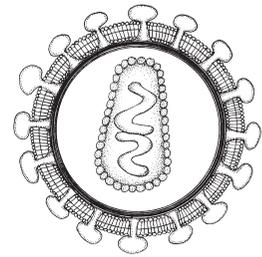
Virus ini menyebabkan penyakit **gondong** atau **parotitis**. Virus ini menyerang kelenjar parotis, sehingga menimbulkan bengkak atau radang pada rahang.

9). **Orthomyxovirus**

Orthomyxovirus menyebabkan penyakit **influenza**. Gejalanya panas tubuh tinggi, sesak nafas, keluar lendir pada rongga hidung, nafsu makan berkurang, pusing kepala, batuk, dan demam.

10). **Rabies virus** (*Virus rabies*)

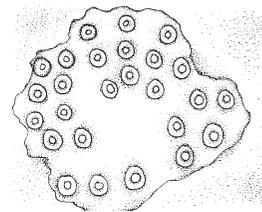
Virus rabies menyerang sistem syaraf pada hewan atau manusia. Penyakit ini disebut **penyakit anjing gila**. Penyakit ini ditularkan



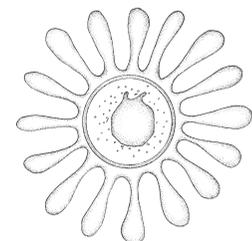
Gambar 2.5 Virus HIV



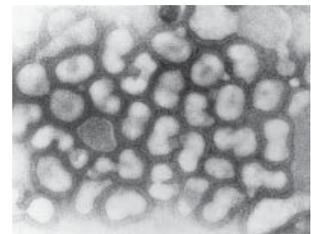
Gambar 2.6 Virus ebola



Gambar 2.7 Virus hepatitis



Gambar 2.8 Virus herpes



Gambar 2.9 Virus influenza

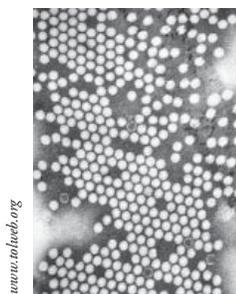
pada manusia lewat gigitan hewan anjing, kucing, atau kera yang menderita rabies. Vaksin rabies pertama kali ditemukan oleh **Louis Pasteur**.

11). *Poliomyelitis* (Virus polio)

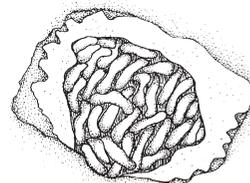
Virus ini menyerang sistem syaraf, yaitu pada sistem alat gerak anak balita, sehingga menyebabkan kelumpuhan pada anggota gerak bagian bawah (kaki). Penyakit polio ini dapat dicegah dengan pemberian vaksin polio. Vaksin polio ditemukan pertama kali oleh **Jonas Salk**.



Gambar 2.10 Virus rabies



Gambar 2.11 Virus polio



Gambar 2.12 Virus cacar

b. Virus yang merugikan tubuh hewan

Berbagai jenis virus juga dapat menimbulkan penyakit pada hewan. Jenis-jenis virus tersebut antara lain:

1) *Paramyxovirus*

Virus ini menyebabkan penyakit NCD (*New Castle Disease*), menyerang sistem syaraf pada unggas (misal: ayam). Penyakit ini sering disebut **penyakit tetelo** atau *parrot fever*. Gejala penyakitnya mencret dan batuk-batuk.

2) *Foot and Mouth Disease*

Virus ini menyebabkan penyakit pada kuku dan mulut, menyerang hewan ternak, seperti sapi, kuda, kerbau, domba, biri-biri, dan keledai.

3) *Rhabdo virus*

Virus ini menyerang sistem syaraf pada hewan (anjing, kucing, kera), menyebabkan penyakit rabies. Penyakit ini dapat menular ke manusia melalui gigitan hewan yang telah menderita penyakit rabies.

4). *Rous Sarcoma Virus* (RSV)

Virus ini menyebabkan penyakit tumor pada ayam.

5). *Bovine Papilo virus*

Virus ini menyebabkan penyakit tumor pada sapi.

c. Virus yang merugikan tanaman

Contoh virus yang merugikan tanaman adalah virus Mosaik Tembakau, virus Tungro, dan virus CVPD. Berikut penjelasannya.

1) **Virus Mosaik Tembakau** (*Tobacco Mosaic Virus, TMV*)

Virus ini menyebabkan penyakit mosaik pada daun tembakau. Gejalanya adalah timbulnya bercak-bercak berwarna kuning pada daun tembakau, sehingga menghambat pertumbuhan daun tembakau.

2). **Virus Tungro**

Virus ini menyerang batang dan akar padi, sehingga tumbuhan padi menjadi kerdil (pertumbuhan yang tidak normal). Virus ini ditularkan melalui serangga yaitu wereng coklat dan wereng hijau.

3). **Virus CVPD** (*Citrus Vein Phloem Degeneration*)

Virus ini menyebabkan penyakit degenerasi (penyakit tumor) pada batang dan daun jeruk. Virus ini menyerang sistem pembuluh pengangkut floem pada tanaman jeruk.

d. Virus yang menguntungkan

Di antara manfaat penting virus adalah virus berperan sebagai vektor pada bidang rekayasa genetika. Virus dimanfaatkan dalam **kloning gen**, yaitu produksi ADN yang identik secara genetis, untuk dimanfaatkan bagi kepentingan manusia. Beberapa contoh jenis virus ini adalah:

- 1) Virus yang digunakan untuk membuat hormon insulin, untuk menyembuhkan penyakit gula (*diabetes melitus*). Hal ini merupakan rekayasa yang berguna di bidang kedokteran.
- 2) Virus yang bermanfaat untuk mengendalikan serangga yang dapat merusak tubuh tanaman. Sehingga bisa digunakan untuk membasmi hama dalam bidang pertanian.
- 3) Virus untuk terapi gen. Terapi gen adalah upaya penyembuhan suatu penyakit keturunan yang disebabkan oleh pewarisan gen.

3. Pencegahan terhadap virus

Tindakan pencegahan terhadap serangan virus bisa dilakukan baik **secara kuratif** maupun **secara preventif**. Tindakan preventif adalah dengan memberikan suntikan vaksin, disebut vaksinasi. Vaksin adalah suatu zat yang mengandung mikroorganisme patogen (penyebab penyakit) yang sudah dilemahkan. Pemberian vaksin tersebut dapat memberikan kekebalan secara aktif. Sedangkan tindakan kuratif adalah dengan memberikan obat pada penderita penyakit yang disebabkan oleh virus. Jadi, tindakan ini diambil setelah terjadi serangan virus.

Saat ini telah ditemukan berbagai macam vaksin untuk mencegah penyakit akibat virus. Beberapa di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Vaksin cacar, digunakan untuk mencegah penyakit cacar.
2. Vaksin polio, digunakan untuk mencegah penyakit polio.
3. Vaksin campak, digunakan untuk mencegah penyakit campak.
4. Vaksin hepatitis (A,B,C), digunakan untuk mencegah penyakit hepatitis.

5. Vaksin rabies, digunakan untuk mencegah penyakit rabies.
6. Vaksin influenza, digunakan untuk mencegah penyakit influenza.

Sampai di sini, pembahasan kita tentang virus sudah selesai. Berikut ini adalah kegiatan yang harus kalian kerjakan secara mandiri untuk memperkaya pengetahuan tentang peranan virus dalam kehidupan manusia. Setelah itu, kerjakan soal-soal dalam *Uji Kompetensi*.

TELISIK

AIDS dan flu burung adalah dua contoh penyakit mematikan yang disebabkan oleh virus. Saat ini jumlah penduduk Indonesia yang terserang kedua penyakit ini terus meningkat. Nah, tugas kalian adalah mencari informasi tentang bagaimana gejala penyakit AIDS dan flu burung, ciri-ciri virus penyebabnya, dan bagaimana penyebarannya. Bagaimana pula cara kita agar terhindar dari penularan penyakit-penyakit tersebut?

Informasi tersebut bisa kalian peroleh melalui internet, koran, majalah, buku-buku di perpustakaan, ataupun sumber-sumber lainnya. Presentasikan hasil yang kalian peroleh dan kumpulkan kepada guru.

UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Jelaskan virus-virus yang termasuk virus ADN dan yang termasuk virus ARN.
2. Berikan contoh virus-virus yang menyebabkan penyakit pada manusia (5 macam).
3. Berikan contoh virus-virus yang menyebabkan penyakit pada hewan (4 macam).
4. Berikan contoh virus-virus yang menyebabkan penyakit pada tumbuhan (3 macam).
5. Bagaimana virus bisa dikatakan menguntungkan manusia? Sebutkan macam-macam vaksin untuk virus.

IKHTISAR

1. Virus merupakan substansi aseluler (bukan berupa sel) karena tidak memiliki inti sel, sitoplasma, dan membran sel.
2. Virus merupakan bentuk peralihan dari benda tak hidup ke benda hidup.
3. Virus merupakan benda mati (seolah-olah seperti benda mati) karena:
 - a. Bentuk virus seperti partikel (molekuler), jadi lebih menunjukkan ciri-ciri molekuler daripada ciri-ciri kehidupan.
 - b. Virus dapat dikristalkan dan dapat disaring (lolos saring) dengan filter yang digunakan untuk menyaring bakteri.
4. Virus merupakan benda hidup (makhluk hidup) karena:
 - a. Dapat melakukan proses reproduksi, yaitu dengan cara replikasi.
 - b. Di dalam tubuhnya terdapat senyawa asam nukleat (materi genetis) atau mengandung informasi genetika yaitu berupa senyawa ADN atau ARN.

5. Cara hidup virus adalah secara parasit obligat intraseluler. Virus hanya dapat hidup dengan menginfeksi sel inang atau hospes.
6. Virus tidak mampu melakukan metabolisme dalam kondisi yang tidak memungkinkan, terutama jika berada di luar sel hidup. Jadi virus dapat hidup di dalam jaringan hidup setiap makhluk hidup (manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan).
7. Virus mempunyai ukuran yang sangat kecil (25-300 nm), lebih kecil daripada bakteri, sehingga untuk melihatnya harus menggunakan mikroskop elektron.
8. Virus mempunyai bentuk yang bervariasi antara lain
 - a. bentuk bulat : virus HIV, virus ebola, virus influenza.
 - b. bentuk oval : pada virus rabies (*Rabies virus*).
 - c. bentuk batang : pada TMV (*Tobacco Mosaic Virus*).
 - d. bentuk polihidris : pada *Adeno virus* (penyebab penyakit demam).
 - e. bentuk seperti huruf T : pada *Bacteriophage* (menyerang bakteri *Escherichia coli*).
9. Reproduksi virus dengan cara replikasi, dengan melalui 5 tahapan: fase adsorpsi, fase penetrasi sel inang, fase eklifase, fase pembentukan virus baru, fase litik (pemecahan sel inang/hospes).
10. Virus sering menimbulkan penyakit pada makhluk hidup (manusia, hewan, tumbuhan).
11. Melalui teknik rekayasa genetika, para ilmuwan dapat mengubah virus menjadi bermanfaat, misal:
 - a. Dalam bidang kedokteran (virus dimanfaatkan untuk menghasilkan hormon insulin untuk menyembuhkan penyakit gula (*diabetes militus*)).
 - b. Dalam bidang pertanian (virus dimanfaatkan untuk membasmi serangga yang merusak tanaman pertanian).

ENARA KATA

ADN (Asam Deoksiribo Nukleat) Senyawa yang berfungsi di dalam sintesis (penyusunan) protein, dan penurunan sifat dari induk kepada keturunannya (gen)

ARN (Asam Ribo Nukleat) Senyawa yang berfungsi di dalam proses sintesis (penyusunan) protein

Kapsid Selubung protein pada virus

Kuratif Tindakan pengobatan terhadap penderita penyakit yang disebabkan oleh virus

Lisogenik Salah satu fase perkembangbiakan Bakteriophage. ADN atau ARN virus menempel pada kromosom bakteri dan ikut membelah jika bakteri melakukan pembelahan diri

Litik Fase penghancuran dinding sel bakteri oleh virus T yang digunakan untuk keluarnya virus T-virus T yang baru

Preventif Tindakan pencegahan terhadap serangan virus. Tindakan preventif biasanya dilakukan dengan vaksinasi

Profage Materi genetik fage yang menyatu dengan materi genetik bakteri, terjadi pada siklus lisogenik

Vaksin Plasma darah yang mengandung patogen yang sudah dilemahkan atau mati

Vektor Organisme perantara

A Pilihlah jawaban yang paling tepat.

1. Ilmuwan yang pertama kali menemukan virus adalah
 - a. Beyerinch dan Adolf Meyer
 - b. Adolf Meyer dan Dmitri Ivanowsky
 - c. Louis Pasteur dan Adolf Meyer
 - d. Beyerinch dan Dmitri Ivanowsky
 - e. Adolf Meyer dan Louis Pasteur
2. Virus dapat dimasukkan ke dalam makhluk hidup karena memiliki sifat
 - a. dapat dikristalkan
 - b. dapat berkembang biak di dalam sel hidup
 - c. tubuhnya berbentuk huruf T
 - d. tubuhnya tersusun atas sel
 - e. tidak melakukan respirasi
3. Virus dapat dimasukkan ke dalam benda mati karena
 - a. tubuhnya berbentuk huruf T
 - b. tidak melakukan respirasi
 - c. tubuhnya tersusun atas sel
 - d. tubuhnya dapat dikristalkan
 - e. dapat berkembang biak dalam sel hidup
4. Virus HIV merupakan jenis virus yang sangat berbahaya (mematikan) karena virus tersebut dapat menyerang
 - a. sistem respirasi dan saraf
 - b. sistem pencernaan
 - c. sistem saraf
 - d. sistem ekskresi dan saraf
 - e. sistem pertahanan tubuh
5. Kelompok penyakit berikut ini yang disebabkan oleh virus adalah
 - a. rabies, kolera, pes/sampan
 - b. TBC, trakoma, kolera
 - c. depteri, pneumonia, rabies
 - d. cacar, influenza, TBC
 - e. rabies, polio, cacar
6. Virus yang menyebabkan penyakit pada batang dan akar tanaman padi ialah
 - a. Virus TMV
 - b. Virus CVPD
 - c. Virus Tungro
 - d. Virus RSV
 - e. *Rhabdovirus*
7. Virus yang menyebabkan kerusakan pada jaringan pengangkut floem pada tanaman jeruk adalah
 - a. Virus Tungro
 - b. TMV
 - c. Virus CVPD
 - d. *Rhabdovirus*
 - e. *Paramyxovirus*
8. Bagian tubuh virus yang berfungsi memberikan bentuk tubuh virus, yaitu bagian
 - a. ekor
 - b. isi materi ADN, ARN
 - c. kapsid
 - d. kapsul
 - e. serabut ekor
9. Di dalam siklus replikasi, fase ketika ADN virus mengambil alih fungsi kontrol ADN bakteri di dalam sintesis protein dan terjadi di dalam sitoplasma bakteri yaitu
 - a. fase adsorbsi
 - b. fase penetrasi sel inang
 - c. fase eklifase
 - d. fase pembentukan virus baru
 - e. fase litik
10. Fase ketika ekor Bakteriofag menempel pada dinding sel bakteri *E. Coli* yaitu fase
 - a. eklifase
 - b. adsorbsi
 - c. penetrasi
 - d. pembentukan virus baru
 - e. litik
11. Berikut ini adalah penyakit yang disebabkan oleh virus, kecuali
 - a. cacar, polio, rabies
 - b. pneumonia, TBC, tifus
 - c. polio, rabies, influenza

- d. AIDS, influenza, demam berdarah
e. polio, rabies, demam berdarah
12. Virus dapat berukuran antara
a. 50-200 nm
b. 200-300 nm
c. 25-300 nm
d. 25-100 nm
e. 20-500 nm
13. Arti Bakteriofag ialah
a. Virus yang memakan bakteri
b. Virus yang menginfeksi bakteri
c. Virus yang dimakan bakteri
d. Virus yang menguntungkan bakteri
e. ADN virus yang ada pada bakteri
14. Salah satu sifat dari virus adalah
a. sel berbentuk bola, oval
b. inti sel eukariotika
c. inti sel prokariotika
d. tidak memiliki sitoplasma
e. sel berbentuk batang seperti huruf T
15. Penyakit yang menyerang sistem syaraf pada unggas adalah
a. *parrot fever*
b. *herpes simplek*
c. *yellow fever*
d. *mycloma*
e. *foot and mouth disease*
16. *Myxovirus* adalah virus yang bahan genetiknya berupa
a. ADN dan ARN
b. ADN dan ARN
c. Polisakarida, lemak, protein
d. ADN polisakarida dan lemak
e. ADN, lemak, protein, polisakarida
17. Medium yang paling cocok untuk menumbuhkan virus yang menimbulkan penyakit adalah
a. ekstrak daging yang telah dididihkan dan disaring
b. telur ayam yang sudah busuk
c. makhluk hidup yang sudah lemah
d. embrio ayam yang masih hidup
e. air yang mendidih yang telah dicampur dengan vitamin
18. Tubuh virus T terdiri atas protein dan ADN. Kemampuan berbiak dalam tubuh hospes ditentukan oleh
a. ukuran tubuhnya yang sangat kecil
b. persediaan zat makanan dalam tubuh virus
c. bagian protein dan ADN
d. bagian protein
e. bagian ADN dan ARN
19. Bakteri yang diserang oleh bakteriofage yaitu bakteri
a. *Balantidium coli*
b. *Escherichia coli*
c. *Salmonella* sp.
d. *Mycobacterium* sp.
e. *Clostridium plasteurianum*
20. Reproduksi virus terdiri dari rangkaian tahap
a. adsorpsi, penetrasi, sintesis, pematangan, litik
b. adsorpsi, penetrasi, pematangan, sintesis, litik
c. sintesis, penetrasi, pematangan, litik, adsorpsi
d. penetrasi, adsorpsi, pematangan, litik, sintesis
e. penetrasi, sintesis, litik, pematangan, adsorpsi

B Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.

1. Mengapa virus dimasukkan ke dalam kelompok benda mati, tetapi ada juga ilmuwan yang memasukkan virus ke dalam kelompok makhluk hidup? Jelaskan.
2. Sebutkan ciri-ciri tubuh virus. Jelaskan.
3. Jelaskan bagaimana struktur tubuh virus Bakteriofag yang menyerang bakteri *Escherichia coli*.
4. Terangkan fase-fase di dalam tahap replikasi pada virus.
5. Apa yang terjadi pada tahap litik pada bakteri yang diinfeksi oleh virus.
6. Jelaskan peranan virus yang menguntungkan bagi kehidupan manusia.

7. Terangkan peranan virus yang merugikan tubuh manusia.
8. Terangkan peranan virus yang menyebabkan penyakit pada tubuh hewan dan tumbuhan.
9. Bagaimana cara pencegahan supaya manusia tidak terjangkit penyakit yang disebabkan oleh virus? Jelaskan.
10. Sebutkan macam-macam vaksin yang digunakan untuk menanggulangi penyakit karena virus.

B a b III

Organisme Prokariotik dan Peranannya dalam Kehidupan



www.importers.com

Kalian mungkin pernah makan *nata de coco* atau sari kelapa, yang biasanya dimakan bersama sirup atau es. Atau mungkin di antara kalian juga ada yang suka makan *yoghurt*, keju, atau menambahkan cuka untuk menambah selera makan. Semua jenis makanan tersebut merupakan hasil aktivitas organisme prokariotik. Tentu kemudian kalian akan bertanya, apa sebenarnya organisme prokariotik itu dan apa pentingnya bagi kehidupan. Kalian bisa mempelajarinya dalam uraian bab ini.

KATAKUNCI

- Organisme
- Prokariotik
- Bakteri
- Monera
- Makanan
- Penyakit

KILAS

Pada bab terdahulu telah dijelaskan bahwa virus merupakan mikroorganisme, karena ukuran tubuhnya sangat kecil dan hanya dapat dilihat dengan mikroskop. Seperti halnya virus, organisme prokariotik juga merupakan mikroorganisme.

GALERI

Dahulu organisme prokariotik dikelompokkan ke dalam Kingdom Monera. Dalam sistem klasifikasi terbaru, organisme prokariotik dikelompokkan ke dalam dua domain, yaitu Domain Bacteria dan Domain Archaea. Sedangkan semua organisme eukariotik dikelompokkan menjadi satu domain, yaitu Domain Eukarya. Dengan sistem klasifikasi tersebut Kingdom Monera sudah tidak ada lagi karena anggota-anggotanya sudah naik ke kategori domain. (Eubacteria menjadi Domain Bacteria dan Archaeobacteria menjadi Domain Archaea).

Campbell, Reece, Mitchel, 2003, hlm. 106.

Pada uraian berikut, kalian akan diajak untuk mengenal kelompok makhluk hidup yang disebut organisme prokariotik. Kalian akan mempelajari dua kelompok besar organisme prokariotik yaitu *Archaeobacteria* dan *Eubacteria*, bagaimana ciri-cirinya, apa bedanya dengan organisme lain, dan bagaimana cara reproduksinya. Kalian juga akan mempelajari berbagai peran organisme prokariotik dalam kehidupan. Sebagai bekal keterampilan, kalian akan melakukan percobaan membuat makanan dengan memanfaatkan organisme prokariotik (bakteri).

Kemampuan yang akan kalian peroleh setelah memahami bab ini adalah mendeskripsikan ciri-ciri organisme prokariotik dan peranannya dalam kehidupan. Secara spesifik kalian diharapkan mampu membedakan dua kelompok besar organisme prokariotik, yaitu Archaeobacteria dan Eubacteria, beserta contoh jenis-jenisnya. Selain itu, kalian juga diharapkan dapat menjelaskan cara perkembangbiakan dan peranan organisme prokariotik dalam kehidupan, termasuk cara mengisolasi dan memanfaatkan jenis-jenis organisme prokariotik untuk keperluan manusia.

A. Mengetahui Organisme Prokariotik

Dalam mempelajari berbagai jenis makhluk hidup, para biolog menciptakan **sistem klasifikasi makhluk hidup**, yaitu usaha mengelompokkan berbagai jenis makhluk hidup ke dalam berbagai kelompok. Ketika muncul sistem klasifikasi 4 kingdom, bakteri dan sianobakteri (ganggang hijau biru) digolongkan sebagai anggota **Kingdom Monera**. Monera merupakan kelompok organisme bersel tunggal (uniseluler) dan tidak memiliki membran inti sel atau disebut **prokariotik** (dalam bahasa Yunani *moneres* berarti 'tunggal').

Organisme prokariotik merupakan organisme yang paling banyak di bumi. Bahkan, jumlah organisme prokariotik yang berada di mulut, kulit, atau segumpal tanah jauh melebihi jumlah manusia di bumi. Selain jumlahnya paling banyak, organisme prokariotik merupakan organisme yang paling mudah berkembangbiak dan memperbanyak diri. Organisme ini telah bertahan selama miliaran tahun. Prokariotik adalah sel pertama yang merupakan awal dari seluruh kehidupan di bumi.



Microsof/Encarta Premium 2006



Burnie, 2000, hlm. 12

Gambar 3.1 Antonie van Leeuwenhoek dan mikroskop temuannya

Anggota terbesar kelompok organisme prokariotik adalah **bakteri**. Penelitian tentang bakteri dimulai ketika **Antonie van Leeuwenhoek** menemukan mikroskop pertama kali pada akhir abad ke-17 (Gambar 3.1). Leeuwenhoek (1632-1723) adalah ilmuwan Belanda pertama yang merancang dan menciptakan mikroskop berlensa tunggal. Dengan

mikroskop buatannya, pada tahun 1683, ia menjadi orang pertama yang melihat bakteri. Ia membuat sketsa bakteri yang ditemukan dari giginya sendiri. Sejak saat itu, studi tentang makhluk-makhluk kecil mulai giat dilaksanakan. Beberapa ahli yang mempelajari jasad renik antara lain **Pasteur**, **Davaine**, **Koch**, dan **Winogradsky**. Ilmu tentang jasad renik ini disebut mikrobiologi. Pada abad ke-20, mikrobiologi terpecah menjadi mikrobiologi tanah dan mikrobiologi industri. Selain itu, bakteri dipelajari secara khusus dalam bakteriologi.

1. Ciri-Ciri Prokariotik

Ciri utama organisme prokariotik adalah organisme tersebut tidak memiliki organel yang diselubungi oleh membran. Nukleus atau inti sel organisme ini hanya berupa satu molekul ADN tanpa membran, disebut **nukleoid**. Sebagian besar prokariotik merupakan organisme uniseluler (bersel tunggal). Namun, beberapa jenis hidup dalam **agregat** atau kumpulan sementara, yang terdiri dari dua kelompok sel atau lebih. Ada pula yang memiliki bentuk **koloni sejati** yang merupakan kumpulan tetap sel-sel yang identik (Gambar 3.2). Bahkan beberapa spesies prokariotik menunjukkan suatu organisasi multiseluler sederhana yang memiliki pembagian tugas antara dua jenis sel atau lebih yang telah terspesialisasi.

Prokariotik umumnya tidak berklorofil, hidup bebas atau sebagai parasit. Contohnya adalah bakteri. **Bakteri** adalah organisme heterotrof, artinya tidak mampu menyusun makanan sendiri. Ini disebabkan karena bakteri tidak memiliki klorofil. Bakteri hidup sebagai saprofit atau parasit. Bakteri yang hidup sebagai saprofit memanfaatkan sisa-sisa tumbuhan atau hewan sebagai substrat atau sumber kebutuhan hidupnya. Dalam hal ini, bakteri berfungsi sebagai pengurai yang membersihkan sisa-sisa makhluk hidup. Sementara sebagai parasit, bakteri dapat menimbulkan penyakit bagi inangnya, baik berupa tumbuhan, hewan, maupun manusia.

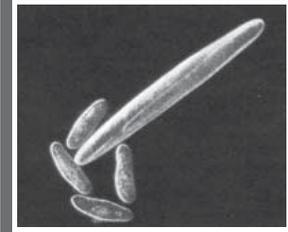
Beberapa kelompok prokariotik mampu hidup di lingkungan yang **ekstrim**, seperti mata air panas, kawah gunung berapi, atau di lahan gambut. Sedangkan kelompok prokariotik yang lain bersifat **kosmopolit**, artinya mampu hidup di berbagai kondisi lingkungan. Sebagian besar prokariotik memiliki diameter dalam kisaran 1-5 μm , lebih kecil dibandingkan sel-sel **eukariotik** yang sebagian besar berukuran 10-100 μm . Secara umum, prokariotik berkembangbiak secara vegetatif atau aseksual dengan cara membelah diri.

2. Struktur Tubuh Prokariotik

Sebagian besar prokariotik memiliki **dinding sel** untuk mempertahankan bentuk sel, memberi perlindungan fisik, dan mencegah supaya sel tidak pecah dalam lingkungan **hipotonik** (larutan dengan konsentrasi zat terlarut yang lebih rendah dari zat pelarut). Walaupun begitu, dinding sel akan mati jika berada di lingkungan hipertonik. Dinding tersebut mengandung **peptidoglikan** yang terdiri dari po-

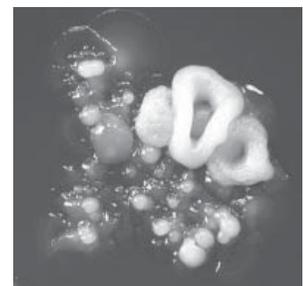
GALERI

Prokariotik Terbesar



Epulopiscium fishelsoni adalah organisme prokariotik yang terbesar. Spesies ini memiliki panjang tubuh mencapai setengah millimeter. Empat individu *Paramecium* sp. (organisme eukariotik) terlihat kecil bila dibandingkan dengannya. Prokariotik raksasa ini hidup sebagai simbiosis dalam perut *surgeonfish* (sejenis ikan laut).

Campbell, Reece, Mitchel, 2003, hlm. 107.



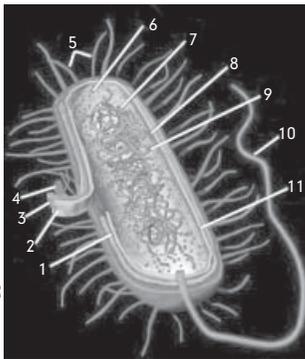
Gambar 3.2 Contoh koloni organisme prokariotik

www.britannica.com



Mikrograf elektron yang diperbesar 15.000 kali ini memperlihatkan molekul ADN yang keluar dari bakteri yang mendapatkan perawatan khusus. Panjang ADN bakteri ini dapat meregang mencapai 1,5 mm, yang berarti 1.000 kali lebih panjang dari selnya sendiri.

Burnie, 2000, hlm 34



Gambar 3.3 Struktur tubuh organisme prokariotik secara umum

Keterangan:

1. Ruang perisitoplasma
2. Membran sitoplasma
3. Dinding sel
4. Kapsul
5. Pili
6. Sitoplasma
7. Nukleid
8. Ribosom
9. Plasmid
10. Flagella
11. Rongga di dalam pili

limer modifikasi gula-gula yang diikatsilangkan dengan **polipeptida** pendek. Pada permukaan dinding sel terdapat lapisan lendir yang menyebar dan mudah lepas.

Di dalam dinding sel terdapat **membran plasma** yang bersifat **selektif permeabel**. Di dalam membran plasma terdapat **sitoplasma**, yaitu cairan yang tersusun atas koloid yang mengandung molekul organik (lipid, karbohidrat, protein), ADN, enzim, ribosom, ion-ion anorganik, dan pigmen warna (kromatofora). Di antara koloid tersebut, terdapat pelipatan membran plasma yang disebut **mesosom**. Mesosom berfungsi membantu pembentukan dinding penyekat ketika bakteri siap membelah. Peran lainnya adalah membantu pemisahan kromosom bakteri yang diduplikasi. Mesosom juga merupakan tempat dikeluarkannya hasil **ekskresi**.

Bakteri memiliki materi genetik berupa **ADN (asam deoksiribonukleat)**. Molekul-molekul ADN tersebut membentuk **kromosom**, yaitu ADN beruntai ganda yang menyerupai serat kusut dalam region nukleoid (daerah nukleoid) yang warnanya kurang padat dibandingkan dengan sitoplasma. Kromosom terdiri dari gen yang membawa kode genetik.

Di dalam sitoplasma juga terdapat organel yang disebut **ribosom**. Ribosom berfungsi dalam sintesis protein. Bentuk ribosom adalah butir-butir kecil dan tidak diselubungi membran. Ribosom tersusun atas **protein** dan **ARN (asam ribonukleat)**.

Selain struktur yang telah kita bahas tersebut, banyak spesies prokariotik yang mensekresikan bahan kental dan lengket yang kemudian menebal membentuk **kapsul**. Kapsul merupakan lapisan pelindung di luar dinding sel. Adanya kapsul memungkinkan organisme prokariotik menempel pada substratnya dan memberikan perlindungan tambahan berupa peningkatan resistensi atau ketebalan **prokariotik patogen** pada sistem pertahanan inangnya. Selain itu, kapsul yang bergelatin menyatukan banyak organisme prokariotik sebagai satu koloni. Beberapa jenis juga memiliki struktur yang disebut **pili**, yaitu alat tambahan pada permukaan sel yang berguna agar membantu menempel pada sesama anggota koloni.

Karena merupakan organisme yang motil (dapat bergerak atau berpindah), beberapa jenis organisme prokariotik memiliki **flagela**. Flagela adalah struktur tambahan pada tubuh berupa bulu cambuk yang berfungsi sebagai alat gerak. Namun, bukan berarti bahwa organisme prokariotik yang tidak mempunyai flagela tidak bisa bergerak. Beberapa jenis organisme prokariotik bergerak aktif dengan **meluncur** dan ada yang **bergerak pasif** mengikuti aliran air. Dalam suatu lingkungan yang heterogen, banyak bakteri yang mampu melakukan **taksis**, yaitu pergerakan menuju atau menjauhi suatu rangsangan. Misalnya, dengan gerak kemotaksis, bakteri akan memberikan respon terhadap rangsangan kimia. Pada kelompok tertentu, yaitu organisme prokariotik yang dapat berfotosintesis terdapat struktur khusus yang disebut **lembar fotosintetis (tilakoid)** yang di dalamnya mengandung klorofil. Untuk lebih memperjelas pemahaman tentang struktur tubuh prokariotik, kalian bisa memperhatikan Gambar 3.3.

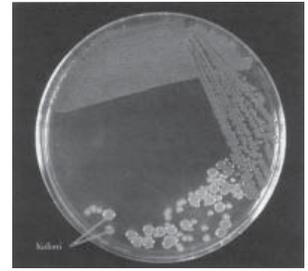
3. Reproduksi Organisme Prokariotik

Organisme prokariotik hanya berkembang biak (bereproduksi) secara asexual melalui pembelahan sel, yang disebut **pembelahan biner** (*binary fission*). Dalam pembelahan ini, ADN disintesis secara terus-menerus. Sebuah sel prokariotik tunggal dalam lingkungan yang sesuai akan menjadi suatu **koloni** akibat pembelahan berulang-ulang. Perhatikan Gambar 3.4.

Waktu generasi yang pendek memungkinkan populasi prokariotik dapat menyesuaikan diri dengan keadaan lingkungan secara cepat. Dalam suatu lingkungan dengan sumberdaya yang memadai, satu sel akan membelah menjadi 2 sel. Kedua sel akan membelah menghasilkan 4 sel, kemudian 8 sel, 16 sel, dan seterusnya. Beberapa spesies dapat membelah dalam waktu 20 menit, ada juga yang mampu membelah pada kisaran waktu 1 sampai 3 jam. Jika pembelahan ini berlanjut terus, dalam 24 jam akan terbentuk koloni prokariotik dengan massa 1 juta kilogram. Namun, pertumbuhan organisme prokariotik di alam umumnya **melambat** pada titik tertentu, yaitu ketika koloni kehabisan nutrisi atau ketika koloni tersebut meracuni diri sendiri dengan penumpukan buangan hasil metabolisme.

Dalam pembelahan biner ini, materi genetik hasil pembelahan sama dengan materi genetik induknya. Walaupun organisme prokariotik bereproduksi secara **aseksual**, namun beberapa bakteri dapat melakukan beberapa cara untuk merekombinasi materi genetiknya. Cara **rekombinasi materi genetik** tersebut adalah transformasi, konjugasi, dan transduksi. **Transformasi** berarti pengambilan gen dari lingkungan sekitar, yang memungkinkan terjadinya perpindahan materi genetik antarprokariotik. **Konjugasi** artinya pemindahan gen-gen secara langsung dari prokariotik satu ke prokariotik lainnya. Sedangkan **transduksi** adalah pemindahan gen antarprokariotik dengan bantuan virus. Gambar 3.5 menunjukkan konjugasi pada organisme prokariotik.

Beberapa organisme prokariotik membentuk sel-sel **endospora** yang tahan terhadap kondisi yang tidak menguntungkan. Perhatikan Gambar 3.6. Sel awal akan mereplikasi kromosomnya dan satu salinannya diselubungi dinding yang kuat. Walaupun sel bagian luar hancur akibat keadaan lingkungan, endospora yang dikandungnya akan bertahan hidup. Air mendidih tidak cukup panas untuk membunuh sebagian besar endospora dalam jangka waktu yang relatif singkat. Orang yang mengalengkan makanan harus melakukan tindakan yang tepat untuk mengatasi endospora yang berbahaya ini. Di laboratorium, para ahli mikrobiologi menggunakan **autoklaf** untuk mensterilkan media, gelas, dan peralatan lain di laboratorium. Autoklaf merupakan wadah pemanas dengan tekanan tinggi yang dapat membunuh bakteri bahkan endospora dengan cara memanaskannya sampai suhu 120°C. Dalam lingkungan yang normal, endospora dapat bertahan hingga berabad-abad. Jika ditempatkan pada lingkungan yang sesuai, endospora akan mengalami **hidrasi** dan hidup kembali untuk menghasilkan koloni.



Gambar 3.4 Koloni organisme prokariotik dalam biakan di laboratorium.

Campbell, Reece, Mitchell, 2003, hlm. 110



Gambar 3.5 *Escherichia coli* sedang berkonjugasi

Barnis, 2000, hlm. 50



Gambar 3.6 Bakteri dengan endosporanya

www.ufg.cox.miami.edu

Nah, sampai di sini kalian telah mengenal organisme prokariotik, yaitu mengenai ciri-ciri dan struktur tubuhnya secara umum, dan reproduksinya. Untuk menambah pemahaman kalian, lakukan kegiatan berikut.

DISKUSI

Diskusikan dengan teman sebangku kalian perbedaan organisme prokariotik dan organisme eukariotik. Tuliskan hasil diskusi kalian dalam tabel berikut:

Perbedaan Organisme Prokariotik dan Organisme Eukariotik

Aspek pembeda	Organisme prokariotik	Organisme eukariotik
1. Membran inti	Tidak memiliki	Memiliki
2.		
3.		
Dst.		

Setelah berdiskusi, kini saatnya kalian harus menjawab soal-soal berikut.

UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

- | | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Jelaskan pengertian organisme prokariotik. Apa bedanya dengan organisme eukariotik? 2. Siapakah yang pertama kali menemukan mikroskop? Apa kaitannya dengan penelitian organisme prokariotik? | <ol style="list-style-type: none"> 3. Sebut dan jelaskan ciri-ciri organisme prokariotik. 4. Bagaimanakah struktur tubuh organisme prokariotik? Jelaskan. 5. Jelaskan proses perkembangbiakan organisme prokariotik. |
|---|---|

Organisme prokariotik memiliki jenis yang sangat banyak sehingga untuk mempermudah mempelajarinya, diperlukan pengelompokan (klasifikasi). Karena perkembangan teknologi dan penemuan fakta-fakta terbaru, klasifikasi organisme prokariotik beberapa kali mengalami perubahan. Namun demikian, kelompok-kelompok organisme tersebut pada hakekatnya tetap, yaitu secara struktural merupakan organisme prokariotik.

B. Pengelompokan Organisme Prokariotik

Dalam sistem klasifikasi tradisional lima kingdom, organisme prokariotik menyusun Kingdom Monera, sedangkan organisme eukariotik menyusun empat kingdom lainnya, yaitu Protista, Plantae, Fungi, dan Animalia. Berdasarkan **analisis molekuler**, Monera dibagi ke dalam dua filum, yaitu **Archaeobacteria** dan **Eubacteria**. Pada klasifikasi yang sekarang, kedua filum tersebut telah diangkat menjadi dua **domain** tersendiri, yaitu **Domain Archaea** dan **Domain Bacteria**. Terlepas dari perubahan kedudukan dalam kategori taksonominya, kedua kelompok tersebut tetap merupakan kelompok prokariotik seperti pembagiannya dalam Dunia Monera.

KILAS

Organisme prokariotik adalah organisme yang tidak memiliki membran inti, umumnya bersel tunggal (uniselular), memiliki dinding sel, umumnya tidak berklorofil, dan hidup bebas atau sebagai parasit.

1. Archaeobacteria (Archaea)

Archaeobacteria terdiri dari bakteri-bakteri yang hidup di tempat-tempat kritis atau ekstrim, misalnya bakteri yang hidup di air panas, bakteri yang hidup di tempat berkadar garam tinggi, dan bakteri yang hidup di tempat yang panas atau asam, di kawah gunung berapi, dan di lahan gambut. Menurut para ahli, Archaeobacteria dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama, yaitu metanogen, halofil ekstrim, dan termofil ekstrim (termoasidofil). Secara struktural, kelompok prokariotik ini memiliki beberapa karakteristik, yaitu dinding selnya tidak mengandung peptidoglikan, ribosomnya mengandung beberapa jenis **RNA-polimerase** sehingga lebih mirip eukariotik, dan plasmanya mengandung **lipid dengan ikatan ester**.

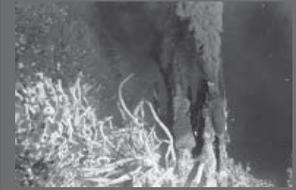
Metanogen merupakan kelompok prokariotik yang mereduksi karbondioksida (CO_2) menjadi metana (CH_4) menggunakan hidrogen (H_2). Metanogen merupakan **mikroorganisme anaerob**, tidak membutuhkan oksigen karena baginya oksigen merupakan racun. Metanogen memiliki tempat hidup di lumpur dan rawa, tempat mikroorganisme lain menghabiskan semua oksigen. Contohnya adalah *Methanococcus janascii* (Gambar 3.7). Akibatnya rawa akan mengeluarkan **gas metana** atau **gas rawa**. Beberapa spesies lain yang termasuk kelompok metanogen hidup di lingkungan anaerob di dalam perut hewan seperti sapi, rayap, dan herbivora lain yang mengandalkan makanan berselulosa. Metanogen berperan penting dalam nutrisi. Contohnya adalah *Succinomonas amylolytica* yang hidup di dalam pencernaan sapi dan merupakan pemecah amilum. Peran lain metanogen adalah sebagai pengurai, sehingga bisa dimanfaatkan dalam pengolahan kotoran hewan untuk memproduksi gas metana, yang merupakan bahan bakar alternatif.

Halofil ekstrim merupakan kelompok prokariotik yang hidup di tempat yang asin, seperti di Great Salt Lake (danau garam di Amerika) dan Laut Mati. Kata *halofil* berasal dari bahasa Yunani, *halo* yang berarti 'garam', dan *phyllos* yang berarti 'pencinta'. Beberapa spesies sekadang memiliki toleransi terhadap kadar garam, tetapi ada pula spesies lain yang memerlukan lingkungan yang sepuluh kali lebih asin dari air laut untuk dapat tumbuh. Beberapa koloni halofil ekstrim membentuk suatu buih berwarna ungu. Warna tersebut adalah **bakteriorhodopsin**. Bakteriorhodopsin merupakan suatu pigmen yang menangkap energi cahaya. Perhatikan Gambar 3.8.

Sedangkan **Termofil ekstrim** adalah kelompok organisme prokariotik yang hidup di lingkungan yang panas, optimum pada suhu 60-80°C. Contohnya adalah *Sulfolobus* sp. yang hidup di mata air panas bersulfur di Yellowstone National Park (Amerika Serikat). Perhatikan gambar 3.9. *Sulfolobus* sp. hidup dengan mengoksidasi sulfur untuk memperoleh energi. Karena suka dengan panas dan asam, kelompok ini disebut juga **termoasidofil**. Jenis lain yang memetabolisme sulfur adalah organisme prokariotik yang hidup pada air bersuhu 105°C di

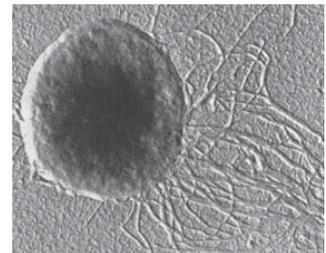
GALERI

The Black Smokers



The black smokers adalah sebutan untuk kawah gunung api di dasar laut. Di sana terdapat berbagai bentuk kehidupan yang unik dan kondisi lingkungannya juga sangat ekstrim. Contohnya adalah sejenis termofil ekstrim yang hidup bersimbiosis dengan cacing tabung (*Acetabularia*)

www.deepseanews.blogspot.com



www.tamp.berkeley.edu

Gambar 3.7 *Methanococcus janascii*



Stern, 2000, hlm. 284

Gambar 3.8 Bakteriorhodopsin dari Halofil ekstrim menyebabkan perairan berwarna kemerah-merahan.

dekat lubang hidrotermal di laut dalam (kawah gunung api bawah laut). Termofil ekstrim merupakan kelompok prokariotik yang paling dekat dengan organisme eukariotik.



Gambar 3.9 *Sulfolobus* spp. dan habitatnya di Yellowstone National Park (a) Mata air panas bersulfur, habitat *Sulfolobus* spp. (b) *Sulfolobus* spp.

GALERI

Bakteri Luminesens

Photobacterium phosphorium adalah contoh bakteri yang mampu menghasilkan cahaya (*luminesens*), hidup bersimbiosis di dalam tubuh cumi-cumi komersial yang hidup di perairan Indonesia (*Loligo duravcelli*). Akibat simbiosis tersebut, cumi-cumi dapat memancarkan cahaya. *P. phosphorium* merupakan bakteri yang dapat memancarkan cahaya paling terang di antara semua jenis bakteri luminesens. Bakteri ini dimanfaatkan oleh manusia untuk mendeteksi keberadaan bahan kimia beracun dalam penentuan kualitas air. Dalam bidang kedokteran, bakteri ini digunakan untuk menentukan jumlah ikatan albumin (protein darah) dan mendiagnosis penyakit gigi.

2. Eubacteria (Bacteria)

Eubacteria memiliki **struktur** yang berbeda dengan Archaeobacteria dalam hal dinding selnya terdiri dari peptidoglikan, ribosomnya hanya mengandung satu jenis RNA-polimerase, dan membran plasmanya mengandung lipid dengan ikatan ester. Eubacteria merupakan kelompok **bakteri sejati**, merupakan mikroorganisme prokariotik yang hidup **kosmopolit**.

Sampai saat ini, lebih dari 5000 spesies bakteri telah dikenali, terdapat dalam jumlah yang sangat banyak di hampir semua habitat yang memungkinkan bagi mereka. Setiap gram tanah di kebun kita, misalnya, diperkirakan mengandung sebanyak 2 milyar bakteri. Bakteri juga ditemukan pada tumbuhan, hewan, pada semua jenis tanah, perairan (air tawar dan air asin), di dalam es di kutub, dalam batu bara dan minyak bumi, lapisan atmosfer, di dalam botol-botol tinta, dan hampir di semua tempat yang mungkin bisa kita kunjungi.

Bakteri dapat dikelompokkan berdasarkan bentuk tubuhnya, berdasarkan cara gerakannya, berdasarkan kebutuhannya akan oksigen, berdasarkan cara memperoleh energi dan karbon, serta berdasarkan sifatnya terhadap pengecatan gram. Mari kita uraikan satu persatu.

a. Pengelompokan Bakteri berdasarkan Bentuknya

Walaupun bakteri bersel tunggal, tetapi bakteri mempunyai beberapa bentuk yaitu bulat (**coccus**), batang (**basilus**), dan berbentuk spiral (**spirila**). Ketiga bentuk dasar bakteri tersebut masih memiliki beberapa modifikasi.

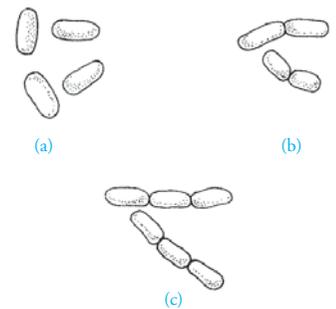
Berdasarkan modifikasi bentuknya, bakteri coccus dapat berupa monococcus, diplococcus, streptococcus, dan sarcina. Perhatikan Gambar 3.10. **Monococcus** adalah bakteri yang berbentuk bulat tunggal. Contoh monococcus adalah *Neisseria gonorrhoea* (penyebab penyakit gonorrhoe). **Diplococcus** yaitu bakteri berbentuk bulat yang

berpasangan. Contohnya *Diplococcus pneumoniae* (penyebab penyakit pneumonia atau radang paru-paru). Sedangkan **Streptococcus** adalah bakteri berbentuk bulat yang bersusun seperti rantai. Contohnya *Streptococcus pyogenes* (penyebab penyakit kuning). Modifikasi bentuk yang lain adalah **staphylococcus** (bulat yang berupa gerombolan seperti buah anggur) dan **sarcina** (yaitu bakteri berbentuk bulat yang berkelompok empat-empat sehingga berbentuk seperti kubus dengan 8 sel). Contohnya adalah *Staphylococcus aureus* yang merupakan penyebab penyakit pneumonia (radang paru-paru) dan keracunan dalam makanan.



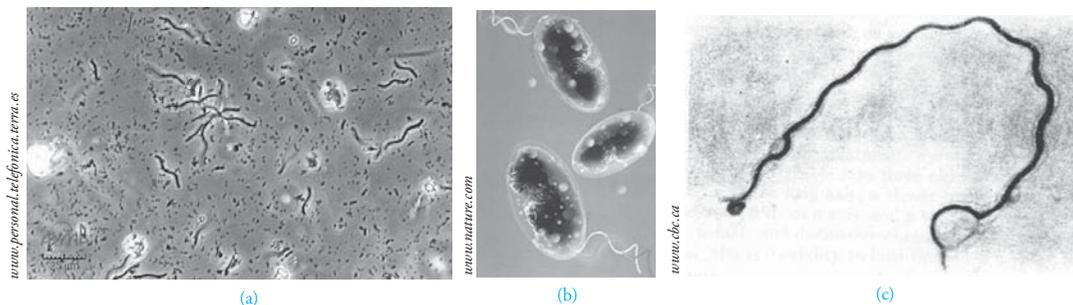
Gambar 3.10 Berbagai macam bentuk bakteri coccus. (a) *Monococcus*, (b) *Diplococcus*, (c) *Streptococcus*, (d) *Staphylococcus*, (e) *Sarcina*.

Bakteri basilus juga mempunyai beberapa modifikasi bentuk, yaitu monobasil, diplobasil, atau streptobasil. Perhatikan Gambar 3.11. **Monobasil** yaitu bakteri berbentuk basil tunggal. Contohnya adalah *Escherichia coli* (membantu pembusukan di dalam *colon* atau usus besar) dan *Salmonella typhosa* (penyebab penyakit tipus). **Diplobasil** adalah bakteri bentuk batang yang berpasangan. Sedangkan **streptobasil** adalah bakteri dengan bentuk batang yang bergandengan memanjang seperti bentuk rantai. Contohnya, *Acetobacter xylinum* yang digunakan dalam pembuatan *nata de coco*.



Gambar 3.11 Berbagai bentuk bakteri basil. (a) *Monobasil*, (b) *Diplobasil*, dan (c) *Streptobasil*.

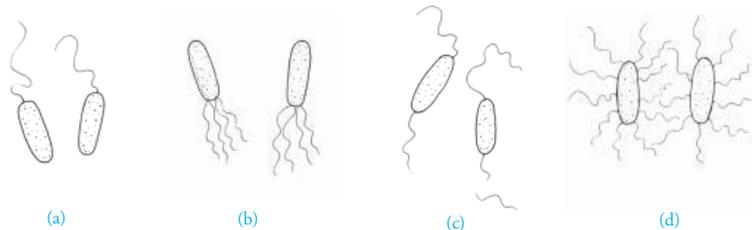
Sedangkan kelompok bakteri dengan bentuk dasar spiral memiliki 3 macam modifikasi, yaitu spirillum, vibrio, dan spirochaeta. Perhatikan Gambar 3.12. **Spirillum** yaitu bakteri yang berbentuk spiral sempurna. Contohnya adalah *Triponema pallidum* (penyebab penyakit sifilis). **Vibrio** merupakan modifikasi dari bentuk spiral yaitu berbentuk koma. Contohnya adalah *Vibrio cholerae* (penyebabkan penyakit kholera). Sedangkan **spirochaeta** merupakan kelompok bakteri berbentuk spiral yang lentur, sehingga ketika bergerak tubuhnya dapat memanjang atau memendek.



Gambar 3.12 Berbagai bentuk bakteri spiral (a) spirillum (b) vibrio (c) spirochaeta

b. Pengelompokan Bakteri berdasarkan Cara Geraknya

Salah satu cara bakteri bergerak adalah dengan bantuan flagela. Flagela adalah struktur tambahan alat pada beberapa bakteri berupa bulu cambuk yang berfungsi sebagai alat gerak. Berdasarkan letak dan jumlahnya, bakteri dikelompokkan ke dalam 4 tipe, yaitu monotrik, lofotrik, amfitrik, dan peritrik. Perhatikan Gambar 3.13. Bakteri **monotrik** adalah bakteri dengan satu flagela pada salah satu ujung tubuhnya. Apabila jumlah flagelanya lebih dari satu disebut **lofotrik**. Sedangkan bakteri amfitrik adalah bakteri yang memiliki lebih dari satu flagela dan flagela-flagela tersebut terletak pada kedua ujung tubuhnya. Apabila flagela-flagela tersebut terdapat pada seluruh permukaan tubuhnya disebut peritrik.



Gambar 3.13 berbagai tipe flagella bakteri (a) monotrik, (b) lofotrik, (c) amfitrik, dan (d) peritrik.

c. Pengelompokan Bakteri berdasarkan Kebutuhannya akan Oksigen

Berdasarkan kebutuhannya akan oksigen, bakteri dibedakan menjadi dua macam, yaitu bakteri aerob dan bakteri anaerob. **Bakteri aerob (aerob obligat)** merupakan bakteri yang membutuhkan oksigen bebas untuk hidupnya. Sedangkan **bakteri anaerob** merupakan bakteri yang tidak membutuhkan oksigen bebas dalam hidupnya. Bakteri yang hanya dapat hidup di lingkungan tanpa oksigen, dan akan teracuni jika ada oksigen disebut bakteri **anaerob obligat**. Walaupun begitu, ada beberapa bakteri yang dapat hidup pada lingkungan yang mengandung oksigen maupun lingkungan yang tidak mengandung oksigen. Bakteri ini disebut bakteri **anaerob fakultatif**. Contoh bakteri aerob obligat adalah *Nitrobacter* sp. dan *Hydrogenomonas* sp. dan contoh bakteri anaerob obligat adalah *Clostridium tetani*. Sedangkan anaerob fakultatif misalnya *Escherichia coli*, *Salmonella thypose* dan *Shigella* sp. (Gambar 3.14)



Gambar 3.14 Koloni *E. coli*, bersifat anaerob fakultatif

Beberapa jenis bakteri ini yang hidup di dalam tanah dapat merugikan, karena menimbulkan proses-proses reduksi. Akibatnya, senyawa-senyawa yang mestinya dapat digunakan tanaman justru diubah menjadi senyawa yang tidak digunakan. Contoh bakteri jenis ini adalah *Micrococcus denitrificans* yang mengubah senyawa nitrat menjadi amonia sampai menjadi nitrogen bebas, yang disebut proses **denitrifikasi**. Bakteri anaerob lain yang merugikan adalah *Spirillum desulfuricans* yang mengubah senyawa sulfat menjadi asam sulfida atau sampai menjadi belerang. Proses ini disebut **desulfurikasi**.

d. Pengelompokan Bakteri berdasarkan Cara Memperoleh Energi dan Karbon

Berdasarkan cara memperoleh energi dan karbon, bakteri dibedakan menjadi empat kategori, yaitu fotoautotrof, kemoautotrof, fotoheterotrof, dan kemoheterotrof. **Fotoautotrof** adalah bakteri fotosintetik yang memanfaatkan energi cahaya untuk mensintesis senyawa organik dari karbondioksida. Contoh bakteri fotoautotrof adalah kelompok sianobakteri. Sedangkan **kemoautotrof** merupakan bakteri yang hanya memerlukan CO_2 sebagai sumber karbon bukan sebagai sumber energi. Bakteri ini memperoleh energi dengan mengoksidasi bahan-bahan anorganik. Energi kimia diekstraksi dari hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), ion ferro (Fe^{2+}), atau bahan kimia lainnya. Contohnya adalah bakteri *Sulfolobus* sp. yang mengoksidasi sulfur. Kedua kelompok tersebut adalah kelompok bakteri yang mampu mensintesis energinya sendiri (autotrof).

Sedangkan bakteri yang tidak mampu mensintesis energi secara mandiri disebut kelompok heterotrof, terdiri dari fotoheterotrof dan kemoheterotrof. Bakteri **fotoheterotrof** yaitu bakteri yang menggunakan cahaya untuk menghasilkan ATP, tetapi harus menggunakan karbon dalam bentuk organik. Sedangkan **kemoheterotrof** yaitu bakteri yang harus mengonsumsi molekul organik untuk sumber energi dan karbon. Contoh bakteri kemoautotrof adalah *Beggiota* sp. (Gambar 3.15), yaitu bakteri kemoautotrof yang mengoksidasi H_2S . Sebagian besar bakteri adalah kemoheterotrof, terdiri dari kelompok **saproba** (pengurai) yang menyerap nutrisi dari bahan organik dan kelompok **parasit** yang menyerap cairan dari tubuh inang yang masih hidup.

e. Pengelompokan Bakteri berdasarkan sifatnya terhadap pengecatan gram.

Pengecatan gram (*gram stain*) memisahkan bakteri ke dalam dua kelompok, yaitu bakteri gram-positif dan bakteri gram-negatif. Bakteri **gram-positif** memiliki dinding sel yang sederhana, dengan jumlah peptidoglikan yang banyak sehingga bereaksi positif terhadap pengecatan gram. Sedangkan pada bakteri **gram-negatif** peptidoglikannya lebih sedikit dan struktur dinding selnya lebih kompleks, membran luarnya mengandung lipopolisakarida. Sehingga tidak terwarnai oleh pengecatan gram.

Untuk menambah pengetahuan kalian tentang pengecatan gram, kerjakan rubrik berikut.



Gambar 3.15 *Beggiota* sp.

Kimball, 1983, *lhm*, 845

TELISIK

Carilah informasi tentang metode pengecatan gram dan bagaimana caranya. Berikan contoh spesies bakteri yang bersifat gram-positif dan yang bersifat gram-negatif. Sertakan gambar atau fotonya. Kalian bisa mencarinya melalui internet. Diskusikan hasil kerja kalian di kelas.

Beberapa pengelompokan di atas merupakan pengelompokan berdasarkan bentuk dan fungsi atau beberapa sifat saja, sedangkan pembagian tingkatan taksonomi bagi bakteri sampai saat belum jelas. Para ahli sistematika telah mengusulkan berbagai pengelompokan bakteri. Mereka mengenal lusinan kelompok bakteri, tetapi kita hanya akan membahas lima kelompok yang umum. Kelima kelompok ini adalah Proteobacteria, bakteri gram-positif, Sianobakteri, Spirokaeta, dan Klamidia. Mari kita bahas satu persatu kelima kelompok bakteri tersebut.

a) Proteobacteria

Proteobacteria merupakan kelompok bakteri **pengikat Nitrogen** (*N-Fixing Bacteria*). Kelompok ini merupakan kelompok bakteri yang paling beragam, dibedakan menjadi tiga subkelompok utama, yaitu bakteri ungu, proteobakteri kemoautotrof, dan proteobakteri kemoheterotrof.

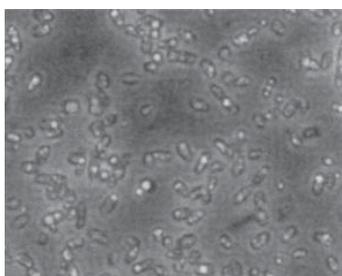
Bakteri ungu adalah kelompok bakteri yang bersifat fotoautotrof atau fotoheterotrof. Bakteri ini mempunyai klorofil yang terbentuk di kantung membran plasma. Bakteri ungu mengekstraksi elektron dari molekul selain H_2O , misalnya H_2S , sehingga bakteri ini tidak membebaskan oksigen. Sebagian besar spesiesnya adalah bakteri anaerob obligat, ditemukan dalam endapan kolam, danau, dan lapisan lumpur. Banyak spesies yang mempunyai flagela. Contoh bakteri ungu adalah bakteri *Chromatium* sp. (Gambar 3.16).

Proteobakteri kemoautotrof merupakan kelompok bakteri yang hidup bebas dan ada juga yang bersimbiosis dengan organisme lain. Bakteri ini memegang peranan penting dalam siklus kimiawi ekosistem, misalnya berperan dalam fiksasi nitrogen (perubahan gas nitrogen N_2 di atmosfer menjadi mineral bernitrogen yang dapat digunakan oleh tumbuhan). Contohnya adalah *Rhizobium* sp. (Gambar 3.17) yang hidup bersimbiosis dengan membentuk bintil akar pada tanaman kacang-kacangan. Dengan simbiosis ini, tanaman tersebut mendapatkan nutrisi dari *Rhizobium* sp.

Adapun **Proteobakteri kemoheterotrof** adalah kelompok bakteri enterik yang hidup di usus hewan. Bakteri ini berbentuk batang dan bersifat anaerob fakultatif. Contoh yang tidak berbahaya adalah *Escherichia coli*. Sedangkan jenis lainnya ada yang bersifat patogen, misalnya *Salmonella* sp. yang menyebabkan keracunan makanan. Perhatikan Gambar 3.18.

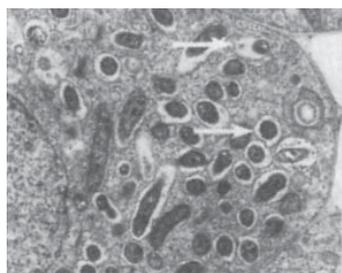
b) Bakteri gram-positif

Sebagian besar bakteri gram-positif bersifat kemoheterotrof, walaupun beberapa di antaranya bersifat fotosintetik. Ketika berada pada kondisi yang sulit, bakteri ini akan membentuk endospora. Contoh bakteri gram-positif adalah *Clostridium* sp. dan *Bacillus* sp. Sedangkan yang tidak membentuk endospora, contohnya adalah *Mycoplasma* sp. Ukurannya sangat kecil, bahkan dari semua



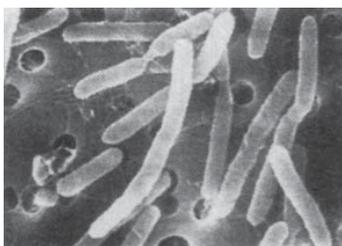
Gambar 3.16 *Chromatium* sp.

Campbell, Reece, Mitchell, 2003, hlm. 118



Gambar 3.17 *Rhizobium* sp. pada bintil akar tanaman kacang.

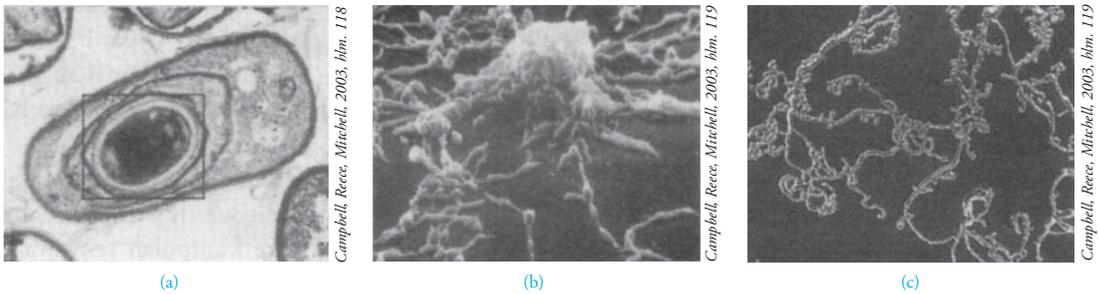
Campbell, Reece, Mitchell, 2003, hlm. 118



Gambar 3.18 *Salmonella* sp., penyebab keracunan makanan.

Campbell, Reece, Mitchell, 2003, hlm. 118

sel yang diketahui saat ini, diameternya 0,10 – 0,25 μm . Bakteri ini ditemukan dalam tanah, dan beberapa di antaranya bersifat patogen pada hewan. Contohnya adalah *Mycoplasma pneumonia* yang menyebabkan *walking pneumonia* pada manusia. Selain itu, yang termasuk bakteri gram-positif adalah Actinomycetes, yaitu bakteri tanah yang membentuk koloni menyerupai jamur. Contohnya adalah *Streptomyces* sp. yang merupakan sumber antibiotik yang penting. Perhatikan Gambar 3.19.



Gambar 3.19 Bakteri gram-positif
(a) endospora pada *Bacillus* sp., (b) *Mycoplasma* sp., dan (c) *Streptomyces* sp.

c) Sianobakteri

Sianobakteri merupakan kelompok bakteri **autotrof**, memiliki klorofil dan mampu berfotosintesis seperti tumbuhan. Bakteri ini menggunakan dua **fotosistem** untuk memecah air dan menghasilkan oksigen sebagai produk sampingan. Sebagian besar hidup di air tawar, tetapi ada sebagian yang hidup di laut. Ada juga yang bersimbiosis dengan jamur membentuk **lichens** (lumut kerak).

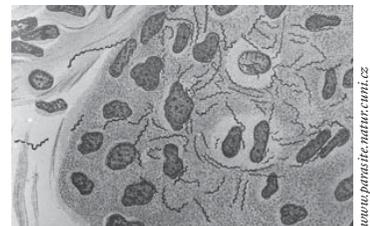
Beberapa spesies sianobakteri akuatik memfiksasi nitrogen. Bakteri jenis ini mempunyai dinding sel yang tebal dan bergelatin, tidak mempunyai flagela, dan bergerak dengan meluncur. Di antara spesies sianobakteri ada yang berupa sel tunggal, ada yang membentuk koloni, dan ada yang merupakan organisme multiseluler yang memiliki pembagian kerja yang khusus. Contohnya adalah *Anabaena* sp. (Gambar 3.20) yang berperan dalam fiksasi nitrogen. Terdapat sel-sel yang telah terspesialisasi untuk fiksasi nitrogen.



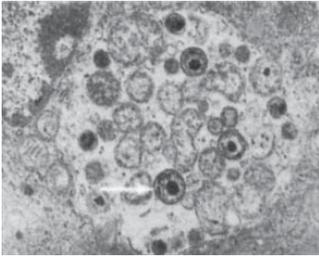
Gambar 3.20 *Anabaena* sp., berperan dalam fiksasi nitrogen.

d) Spirokaeta

Spirokaeta merupakan bakteri kemoheterotrof yang berbentuk heliks. Panjangnya mencapai 0,25 mm, tetapi karena terlalu tipis ia tidak dapat dilihat tanpa bantuan mikroskop. Perputaran filamen internal mirip flagela, menghasilkan gerakan seperti pembuka sumbat botol. Anggota Spirokaeta ada yang hidup bebas dan ada yang bersifat patogen. Contohnya adalah *Treponema pallidum* (penyebab penyakit sifilis), dan *Borrelia burgdorferi* (penyebab penyakit Lyme). Perhatikan Gambar 3.21.



Gambar 3.21 *Treponema pallidum*, Spirokaeta penyebab sifilis



Gambar 3.22 *Chlamydia trachomatis*

e) Klamidia

Klamidia merupakan **parasit obligat intraseluler**. Ia mendapatkan semua energi dari sel inangnya. Dinding selnya gram-negatif, tetapi sifat tersebut tidak umum di antara bakteri karena tidak memiliki peptidoglikan. Contoh klamidia adalah *Chlamydia trachomatis* (Gambar 3.22). Bakteri ini merupakan penyebab kebutaan paling umum di dunia dan juga penyebab penyakit yang ditularkan secara seksual (*nongonococcal urethritis*) di Amerika Serikat.

Nah, untuk menambah keterampilan kerja kalian di laboratorium, lakukan *Percobaan* berikut.

PERCOBAAN

Mengisolasi Bakteri dari Lingkungan dan Mengamati Koloninya

A. Dasar teori

Bakteri terdapat dalam jumlah yang sangat banyak di hampir semua habitat yang memungkinkan bagi mereka. Setiap gram tanah di kebun kita, misalnya, diperkirakan mengandung sebanyak 2 milyar bakteri. Bakteri juga ditemukan pada tumbuhan, hewan, pada semua jenis tanah, perairan (air tawar dan air asin), di dalam es di kutub dan di dalam gelembung panas di musim semi, dalam batu bara dan minyak bumi, lapisan atmosfer, di dalam botol-botol tinta, dan hampir di semua tempat yang mungkin bisa kita kunjungi. Untuk membuktikannya kita bisa mengisolasi bakteri dari lingkungan (air, udara, tanah) dan menumbuhkannya pada media agar dalam cawan petri. Kita akan mendapatkan koloni bakteri dan mikroorganisme lainnya seperti khamir dan *yeast*.

B. Tujuan

Mengetahui teknik isolasi bakteri dari lingkungan
Mengamati pertumbuhan koloni bakteri
Mengamati mikroskopis bakteri

C. Alat dan bahan

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1. autoklaf atau dandang | 7. bubuk agar-agar |
| 2. panci dan kompor | 8. air kaldu |
| 3. cawan petri atau kaca pireks | 9. sediaan mikroskopis bakteri |
| 4. kertas merang | 10. masker |
| 5. mikroskop, kaca objek, kaca penutup | 11. sarung tangan karet |
| 6. pembakar spiritus | |

D. Langkah percobaan

1. Buatlah kelompok kerja untuk melakukan percobaan ini. Ingat, selama melakukan percobaan kalian harus selalu memakai masker dan sarung tangan untuk menghindari bahaya bakteri patogen.
2. Rebuslah air sampai mendidih dengan panci, kemudian masukkan serbuk agar-agar dan air kaldu. Jumlah agar-agar maksimal 2 % dari total media yang akan dibuat.
3. Tuangkan media tersebut dalam cawan petri atau kaca pireks, kemudian bungkuslah dengan kertas merang.
4. Sterilkan dengan autoklaf atau dengan dandang.
5. Biarkan media tersebut dingin. Setelah dingin bukalah media tersebut dan biarkan selama 10 menit. Tutup kembali dengan kertas merang. Pagi harinya amati cawan petri tersebut, kalian akan menemukan koloni mikroorganisme yang mungkin bertumpukan karena macamnya yang sangat banyak. Amati dengan seksama mulai dari bentuk koloni, ukuran koloni, dan warna koloni, serta ada tidaknya lendir.

- Koloni yang berlendir adalah bakteri. Ambil koloni tersebut dengan kawat seperlunya kemudian letakkan di atas kaca objek kemudian tutuplah dengan kaca penutup. Amati dengan mikroskop dan gambarkan bentuk bakteri yang ada. Sebelum kawat digunakan untuk mengambil sampel koloni, bakarlah kawat tersebut dengan pembakar spiritus agar steril.
- Amati pula sediaan mikroskopis bakteri yang sudah ada. Gambarkan bentuk bakteri tersebut.

E. Pembahasan

- Berdasarkan pengamatan kalian, bagaimanakah bentuk koloni berbagai bakteri udara tersebut? Bagaimana bentuk sel-selnya di bawah mikroskop?
- Bandingkan dengan hasil pengamatan kalian terhadap sediaan mikroskopis bakteri.
- Apa yang dapat kalian simpulkan dari percobaan tersebut?
- Presentasikan hasil pengamatan kelompok kalian di depan kelas untuk mendapat tanggapan dan masukan dari kelompok lain serta guru kalian.
- Buatlah laporan ilmiah dengan format penulisan ilmiah dan kumpulkan pada guru kalian.

Untuk mengetahui sejauh mana kalian menguasai materi di depan, coba jawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

- Jelaskan ciri-ciri yang membedakan archaebacteria dan eubacteria.
- Jelaskan pengelompokan archaebacteria dan ciri-ciri tiap kelompok tersebut beserta contoh spesiesnya.
- Jelaskan pengelompokan bakteri berdasarkan bentuk tubuhnya.
- Jelaskan pengelompokan bakteri berdasarkan cara geraknya.
- Jelaskan pengelompokan bakteri berdasarkan kebutuhannya akan oksigen.
- Jelaskan pengelompokan bakteri berdasarkan
- Jelaskan pengelompokan bakteri berdasarkan
- Jelaskan pengelompokan bakteri berdasarkan sifatnya terhadap pengecatan gram.
- Kelompok proteobacteria dibagi menjadi 3 subkelompok. Sebutkan dan jelaskan ketiga subkelompok tersebut.
- Sebutkan ciri-ciri proteobacteria, bakteri gram-positif, sianobacteria, spirokaeta, dan klamidia.
- Bagaimanakah cara mengisolasi bakteri? Jelaskan.

Kalian telah mempelajari beberapa ciri dan struktur serta reproduksi organisme prokariotik. Kalian juga telah mengenal beberapa kelompok archaebacteria dan eubacteria. Tentu kalian ingin tahu apa peranan organisme prokariotik dalam kehidupan. Kalian akan mengetahuinya setelah mempelajari materi berikut.

C. Peranan Organisme Prokariotik dalam Kehidupan Manusia

Di dalam benak kalian mungkin selalu terbayang bahwa organisme prokariotik merupakan suatu makhluk hidup amat kecil yang menyebabkan bermacam-macam penyakit. Perkiraan kalian tersebut tidaklah salah, tetapi tidak 100% benar. Memang organisme prokariotik,

Agrobacterium tumefaciens dan Pisang Vaksin



Agrobacterium tumefaciens adalah bakteri yang umum dikenal sebagai penyebab kanker (*crown gall disease*) pada berbagai tanaman dikotil. Bakteri tersebut menyebabkan kanker dengan diawali transfer bagian dari ADNnya ke dalam bagian tanaman yang terluka. Dengan sendirinya ADN tersebut kemudian terintegrasi dengan *genom* tanaman sehingga terbentuk *gall* atau kanker.

A. tumefaciens merupakan alat yang sangat membantu (*helpful tool*) bagi para biolog. Contoh hasil pemanfaatan bakteri ini adalah *Banana Vaccines* (pisang vaksin), yaitu penyisipan bakteri penyebab diare yang telah dilemahkan (*Escherichia coli* dan *Vibrio cholera*) ke dalam tanaman pisang dengan bantuan *A. tumefaciens*. Pisang tersebut menjadi vaksin yang bisa dimakan pertama kali di dunia (*the world's first edible vaccine*).

www.microbewiki.kenyon.edu

terutama bakteri merupakan mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit. Akan tetapi, tidak semua jenis bakteri menyebabkan penyakit. Bahkan **lebih dari 90%** jenis bakteri tidak berbahaya dan justru **bermanfaat** bagi manusia. Bakteri digunakan dalam **industri** dengan berbagai tujuan yang bervariasi. Selain dalam bidang industri, bakteri juga berperan dalam **pembusukan sampah**. Coba kalian bayangkan yang akan terjadi jika di bumi ini tidak ada bakteri. Tentu bumi ini akan penuh dengan sampah, yang terserak di mana-mana. Ini menunjukkan bahwa bakteri memiliki peran ekologis yang sangat penting.

Pada uraian tentang klasifikasi organisme prokariotik telah disinggung beberapa contoh spesies prokariotik dan peranannya. Tentu kalian masih ingat, bukan? Mari kita bahas kembali dengan lebih mendalam.

Organisme prokariotik merupakan **penghubung yang harus ada** dalam pendaur-ulangan unsur kimia dalam ekosistem, misalnya dalam **siklus biogeokimia**. Organisme prokariotik merupakan **pengurai** (dekomposer). Tanpa dekomposer, maka karbon, nitrogen, dan unsur-unsur lainnya yang penting bagi kehidupan akan terjebak selamanya dalam molekul organik bangkai dan produk buangan. Prokariotik juga memperantai pengembalian unsur dari komponen tak hidup dalam lingkungan (udara, tanah organik, dan air) ke kumpulan senyawa organik. Prokariotik autotrofik memfiksasi CO₂, mendukung rantai makanan yang mengalirkan nutrisi organik dari prokariotik ke pemakan prokariotik, kemudian ke konsumen sekunder. Karena banyaknya kemampuan metabolik yang unik, prokariotik merupakan **satu-satunya organisme** yang mampu memetabolisme molekul anorganik yang mengandung unsur seperti besi, sulfur, nitrogen, dan hidrogen. **Sianobakteri** tidak hanya mensintesis makanan dan mengembalikan oksigen ke atmosfer, tetapi juga memfiksasi nitrogen, memberi senyawa yang dapat digunakan oleh organisme lain untuk membentuk protein ke dalam tanah dan air. Saat tumbuhan dan hewan memakan senyawa-senyawa nitrogen itu, prokariotik tanah akan mengembalikan nitrogen ke atmosfer. Semua kehidupan di atas bumi ini bergantung pada organisme prokariotik dan keanekaragaman metabolismenya tiada bandingnya.

Organisme prokariotik sangat jarang berfungsi sendirian di lingkungan, tetapi lebih sering berinteraksi dalam kelompok dan membentuk **simbiosis**. *Rhizobium* sp. merupakan organisme prokariotik yang bersimbiosis mutualisme dengan bintil akar tanaman kacang-kacangan, hidup pada bagian yang disebut **nodul**. Bakteri yang menempati permukaan dalam dan luar tubuh manusia sebagian besar terdiri dari spesies **komensalisme**, tetapi beberapa merupakan **simbiosis mutual**. Sebagai contoh, bakteri fermentasi yang hidup di dalam vagina menghasilkan asam yang mempertahankan pH antara 4,0-4,5, sehingga menekan pertumbuhan kapang dan mikroorganisme lain yang memiliki potensi membahayakan. Di alam, beberapa sianobakteri juga bersimbiosis dengan jamur membentuk lichens atau lumut kerak,

yang berperan penting sebagai indikator polusi udara dan berpotensi sebagai obat.

Beberapa anggota Archaeobacteria, yaitu kelompok **Metanogen** berperan penting dalam **nutrisi** hewan dan juga sebagai **pengurai**, sehingga bisa dimanfaatkan dalam pengolahan kotoran hewan untuk memproduksi **gas metana**, yang merupakan bahan bakar alternatif. Jenis yang lain adalah **halofil ekstrim** yang memiliki bakteriorhodopsin yang banyak terdapat pada tambak garam. Contohnya adalah di Teluk San Fransisco (Gambar 3.23) Warna dari kolam yang menguapkan air laut tersebut disebabkan oleh pertumbuhan padat halofil ekstrim yang bertahan hidup dalam kolam tersebut ketika air mencapai salinitas 15-20%. Sebelum penguapan, salinitas air tersebut adalah sekitar 3%. Kolam ini digunakan untuk produksi garam komersial dan Arkea halofilik tersebut tidak berbahaya.

Organisme prokariotik anggota eubacteria juga memiliki banyak peran, apalagi bakteri merupakan penyusun utama organisme prokariotik. **Proteobakteria** merupakan kelompok bakteri **pengikat Nitrogen** (*N-Fixing Bacteria*) contohnya adalah *Rhizobium* sp. yang hidup bersimbiosis dengan membentuk bintil akar pada tanaman kacang-kacangan. Rangkuman beberapa bakteri yang menguntungkan disajikan pada tabel 3.1.



Gambar 3.23 Halofil ekstrim di tambak garam di Teluk San Fransisco

Tabel 3.1 Bakteri yang Bermanfaat bagi Manusia

No	Bidang	Nama Bakteri	Manfaat Bagi Manusia
1.	Pertanian	Bakteri nitrogen	
		a. <i>Clostridium pasteurianum</i>	Dapat menyuburkan tanah sehingga kaya akan senyawa organik (N ₂)
		b. <i>Azotobacter</i> sp.	Dapat menyuburkan tanah sehingga kaya akan senyawa N ₂
		c. <i>Rhizobium leguminosarum</i>	Dapat menyuburkan tanah karena dapat memfiksasi nitrogen dari atmosfer, sehingga tanah kaya akan unsur N ₂ . Bakteri ini bersimbiosis dengan membentuk bintil akar pada tanaman anggota Famili Leguminoceae (suku kacang-kacangan).
		Bakteri Nitrifikasi	menyuburkan tanah
		a. <i>Nitrosomonas</i> sp. dan <i>Nitrosococcus</i> sp. (bakteri nitrit)	Mengubah Amoniak menjadi Nitrit
		b. <i>Nitrobacter</i> sp. (bakteri nitrat)	Mengubah Nitrit menjadi Nitrat Persamaan reaksinya: NH ₃ + O ₂ –bakteri nitrit→ HNO ₂ +O ₂ –bakteri nitrat→ HNO ₃
2.	Industri	a. <i>Streptococcus lactis</i> dan <i>Streptococcus cremoris</i>	Digunakan dalam pembuatan keju dan mentega.

		b. <i>Acetobacter xylinum</i> c. <i>Lactobacillus citrovorum</i> d. <i>Lactobacillus caucasicus</i> Penghasil Asam a. Asam cuka (CH ₃ COOH) dihasilkan <i>Acetobacter aceti</i> b. Asam lemak 1) Asam propionat dihasilkan oleh bakteri <i>Propionibacterium acetobutylicum</i> 2) Asam butirrat (C ₃ H ₂ COOH) <i>Clostridium</i> sp. dan <i>Butyrinobacterium</i> sp.	Digunakan dalam pembuatan <i>nata de coco</i> Memberikan aroma pada mentega dan keju Digunakan dalam pembuatan yogurt Mengubah etanol (alkohol) menjadi asam cuka, dengan reaksi oksidasi: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{Acetobacter}} \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{energi}$ Pembuatan keju Menghasilkan butil alkohol, dan Aceton
3.	Kesehatan	Penghasil Antibiotik 1) <i>Stryptomycetes venezualea</i> 2) <i>Stryptomycetes griceus</i> 3) <i>Bacillus brevis</i> 4) <i>Bacillus polymixa</i>	Penghasil kloroamfenikol yang dipakai untuk batuk rejan, typhus, dan gonorrhoe Penghasil streptomycin yang digunakan untuk melawan bakteri dan jamur, dan untuk mengatasi penyakit TBC Penghasil gramisidin digunakan untuk melawan bakteri gram-positif Penghasil polimiksin

Percobaan berikut akan meningkatkan keterampilan kalian dalam memanfaatkan organisme prokariotik, yaitu bakteri. Mari kita lakukan.

PERCOBAAN

Membuat *Nata de coco* dengan *Acetobacter xylinum*

A. Dasar teori

Nata de coco merupakan makanan hasil olahan air kelapa dengan fermentasi oleh *Acetobacter xylinum*. Dalam fermentasi tersebut, bakteri memanfaatkan gula yang ada dalam air kelapa dan membentuk hasil sampingan berupa asam asetat glasial (asam cuka murni). Bagian yang sering kita makan, yang berupa gel yang berwarna putih (koloid organik) sebenarnya adalah koloni bakteri. Jadi, yang disebut *nata de coco* adalah koloni *Acetobacter xylinum*. Koloni tersebut berbentuk padat.

B. Tujuan

Mempraktekkan pembuatan *nata de coco*

C. Alat dan bahan

1. kompor dan panci
2. loyang plastik
3. ruang fermentasi

4. 5 liter air kelapa
5. 1 botol (500ml) bibit *nata de coco* (*Acetobacter xylinum*)
6. 1 sendok makan amonium sulfat (ZA)
7. 1 sendok makan gula pasir
8. 25 cc asam cuka

D. Langkah percobaan

1. Buatlah kelompok kerja untuk melakukan percobaan ini.
2. Saring 5 liter air kelapa kemudian rebuslah hingga mendidih.
3. Tambahkan ZA, gula pasir, dan asam cuka.
4. Setelah larutan tersebut mendidih, lakukan kembali penyaringan.
5. Diamkan selama 10 menit, tambahkan bibit *Acetobacter xylinum*.
6. Tuangkan air kelapa tersebut ke dalam loyang plastik.
7. Tutuplah loyang yang sudah dingin dengan kertas koran. Tempatkan loyang-loyang tersebut ke dalam ruang fermentasi. Ruang fermentasi bisa dibuat dengan meletakkan rak bertingkat yang ditutup dengan plastik.
8. Biarkan loyang-loyang tersebut di dalam ruang fermentasi selama 1 minggu.
9. Setelah 7-10 hari, *nata de coco* siap di panen.
10. Untuk mengkonsumsinya lembaran-lembaran *nata de coco* dirajang sesuai ukuran yang dikehendaki, kemudian direbus. Setelah direbus, *nata de coco* tersebut ditekan atau diinjak-injak. Kemudian dimasak kembali sebanyak dua kali. Setelah itu bisa diberi sirup dan siap dikonsumsi.

E. Pembahasan

1. Berdasarkan pengamatan kalian, deskripsikan bentuk, warna, dan sifat-sifat *nata de coco*?
2. Apa sebenarnya nata de coco itu dan mengapa *Acetobacter xylinum* bisa mengubah air kelapa menjadi *nata de coco*?
3. Jelaskan tujuan atau maksud setiap tahapan dalam proses pembuatan *nata de coco*.
4. Mengapa ruang fermentasi harus steril?
5. Apa yang dapat kalian simpulkan dari percobaan tersebut?
6. Coba pikirkan bagaimana cara mengemas dan memasarkan *nata de coco* tersebut sehingga memiliki nilai ekonomis yang tinggi.
7. Presentasikan hasil pengamatan kelompok kalian di depan kelas untuk mendapat tanggapan dan masukan dari kelompok lain serta guru kalian.
8. Buatlah laporan ilmiah dengan format penulisan ilmiah dan kumpulkan pada guru kalian.

Catatan:

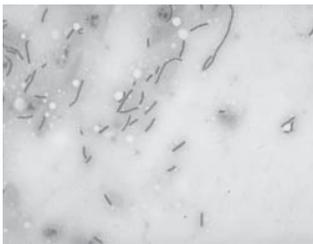
Penulisan laporan ilmiah ini perlu didukung dengan studi pustaka dan analisis serta proses berpikir ilmiah. Sehingga percobaan dan penulisan laporan ilmiah ini bisa dijadikan **proyek** selama 3 bulan. Dari sini, aspek kognitif dan psikomotorik kalian akan dinilai oleh guru. Selain itu aspek afektif kalian juga akan diperhatikan, misalnya bagaimana partisipasi kalian dalam berdiskusi dan bersikap ilmiah atau apakah kalian melakukan plagiat dalam penyusunan laporan ilmiah tersebut. Jadi, dalam melakukan percobaan dan penulisan laporan ilmiah ini kalian harus mengerjakannya dengan sebaik mungkin dan tidak melakukan perbuatan plagiat (menjiplak) laporan ilmiah teman kalian. Dalam proses pengumpulan data dan studi literatur kalian diperbolehkan berdiskusi dan saling berbagi informasi, tetapi dalam penulisannya kalian harus berpikir dan bekerja sendiri-sendiri.

Secara alami keberadaan organisme prokariotik, terutama bakteri, juga sangat potensial dalam mengembangkan **bioremediasi**, yaitu studi mengenai kegunaan organisme untuk membersihkan sampah-sampah beracun (toksik) dan polusi. Sejenis bakteri mampu memproduksi

enzim yang merombak *nitrogliserin* dan *trinitrotoulena* yang merupakan kontaminan tanah di sekitar industri mesiu dan tempat-tempat ledakannya. Bakteri mampu menguraikan sampah dan material kontaminan menjadi residu yang tidak berbahaya dalam waktu 6 bulan. Jenis bakteri lain, *Pseudomonas cepacia*, juga mempunyai kemampuan serupa dalam mendegradasi *trikloroetilen* (TCE) dan senyawa-senyawa kimia lainnya. Bahkan beberapa jenis bakteri diduga mampu mendegradasi sampah-sampah nuklir (radioaktif).

Bakteri juga banyak digunakan sebagai **model penelitian**. Dalam bidang rekayasa genetika, penelitian bakteri juga berkembang pesat. Bakteri mudah mengalami mutasi bahkan berevolusi dalam waktu relatif singkat karena pertumbuhan dan daya reproduksinya yang tinggi. Beberapa bakteri juga dimanfaatkan dalam mengendalikan hama, yaitu sebagai **biokontrol**. Contohnya adalah *Bacillus thuringensis* dan *Bacillus popilliae* yang digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan hama seperti ulat dan menghambat perkembangan kepompong. Dalam bidang **rekayasa genetika**, *B. thuringensis* diintegrasikan pada tanaman kapas (kapas BT) sehingga tanaman tersebut terbebas dari hama.

Selain menguntungkan, organisme prokariotik juga memiliki spesies yang bersifat patogen (menimbulkan penyakit). Beberapa penyakit manusia yang disebabkan bakteri disajikan pada Tabel 3.2. Selain menyerang manusia, beberapa bakteri juga menyerang hewan-hewan ternak dan tumbuhan. Beberapa jenis penyakit pada hewan, yang disebabkan oleh bakteri adalah antraks, yaitu penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Bacillus anthracis*. Bakteri ini menyerang hewan ternak (sapi, kerbau, dan domba). Bila menular ke manusia bisa mematikan. Antrak merupakan salah satu senjata biologis dalam peperangan. Perhatikan Gambar 3.24.



www.miki-hammer.de

Gambar 3.24 *Bacillus anthracis*, senjata biologis yang mematikan

Tabel 3.2 Beberapa Penyakit pada Manusia yang Disebabkan Bakteri

No	Nama Penyakit	Jenis Bakteri	Bagian Tubuh yang Terpengaruh
1	Difteri	<i>Corynebacterium diphtherie</i>	Bagian atas saluran respirasi, terutama tenggorokan.
2	Desentri	<i>Shyella desentri</i> <i>Shyella ciyake</i>	Saluran pencernaan, terutama <i>ileum</i> (usus penyerapan) dan <i>colon</i> (usus besar)
3	Demam tifora	<i>Samonela thyposa</i>	Saluran pencernaan, kemudian menyebar ke limfe, darah, paru-paru sumsum tulang belakang dan limpa.
4	Batuk rejan (pertusis)	<i>Bordetella pertusis</i>	Bagian atas saluran respirasi sehingga menyebabkan batuk yang sangat keras.
5	Gonorrhoe (kencing nanah)	<i>Nesseireia gonorrhoeae</i>	Organ reproduksi, terutama membran mukosa saluran urogenital
6	Kolera	<i>Vibrio cholerae</i>	Saluran pencernaan, terutama usus halus.
7	Sifilis (kencing darah)	<i>Tryponema pallidum</i>	Organ reproduksi, kemudian mata tulang, persendian, sistem saraf pusat, jantung, dan kulit.

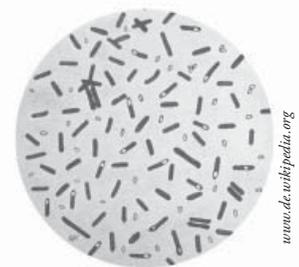
8	Tifus	<i>Salmonella thyposa</i>	Organ pencernaan makanan, terutama usus halus.
9	TBC	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Saluran respirasi, terutama pada paru-paru dan alveoli.
10	Radang otak/ meningitis	<i>Neiterral meningitis</i>	Otak

Contoh lain penyakit hewan akibat bakteri adalah **bruselosis**, disebabkan oleh *bakteri Brucella*. *Brucella abortus* menyebabkan keguguran kandungan pada sapi, dan sewaktu-waktu dapat menular kepada manusia jika meminum susu yang tidak di-pasteurisasi. Penyakit lainnya adalah **bengkak rahang** atau **penyakit mulut** yang disebabkan oleh *Actinomyces bovis*, biasanya menyerang sapi.

Sedangkan penyakit pada tumbuhan yang disebabkan oleh bakteri adalah kanker pada batang jeruk (disebabkan oleh *Xanthomonas citri*), kanker pada batang kopi (disebabkan oleh *Agrobacterium tumefaciens*), penyakit busuk pada daun labu (disebabkan oleh *Erwinia tracheinasolanacearum*), dan penyakit pada kapas (disebabkan oleh *Pseudomonas malvacearum*).

Selain hidup parasit pada hewan dan tumbuhan, beberapa jenis bakteri saprofit hidup pada bahan makanan. Akibatnya dapat merusak serta meracuni bahan makanan tersebut. Racun yang ditimbulkannya sangat membahayakan kesehatan manusia. *Pseudomonas cocovenenan* adalah bakteri ini menghasilkan racun asam bongkrek. Bakteri ini biasa hidup pada tempe bongkrek, yang berasal dari ampas tahu dan ampas kelapa, yang pembuatannya kurang higienis. Contoh lain adalah *Clostridium botulinum*, menghasilkan racun botulinin yang ditemukan pada makanan kaleng yang mulai rusak. Perhatikan Gambar 3.25. Racun botulinin dapat mematikan manusia yang mengkonsumsinya, bahkan 1 gram racun tersebut dapat membunuh sejuta manusia. *Leuconostoc mesentroides* merupakan penghasil lendir pada makanan yang telah lama dan basi. *Salmonella* sp. merupakan bakteri yang umum ditemukan dalam produk daging unggas. Bakteri ini menghasilkan **endotoksin** yang merupakan racun dalam makanan.

Nah, untuk menambah pengetahuan kalian tentang manfaat dan kerugian yang ditimbulkan bakteri, coba kalian kerjakan rubrik *Diskusi* berikut.



Gambar 3.25 *Clostridium botulinum*

DISKUSI

Sebelum kalian berdiskusi, lakukan kegiatan berikut.

1. Buatlah kelompok terdiri dari 4 siswa.
2. Bagilah tugas untuk setiap anggota kelompok untuk mencari tahu tentang salah satu dari hal-hal berikut.
 - a. Gejala-gejala penyakit pada manusia yang ditimbulkan oleh bakteri dan cara mengatasinya, minimal 5 macam penyakit.
 - b. Gejala-gejala penyakit pada hewan yang disebabkan oleh bakteri dan cara mengatasinya, minimal 5 macam penyakit.

- c. Gejala-gejala penyakit pada tumbuhan yang disebabkan oleh bakteri dan cara mengatasinya, minimal 5 penyakit.
 - d. Manfaat-manfaat yang diperoleh dari bakteri dalam berbagai bidang, minimal 5 bidang. Kalian dapat mencari referensi dari majalah, surat kabar, internet, atau wawancara langsung dengan narasumber, misalnya wawancara dengan orang yang bekerja pada dinas yang terkait, pakar, atau masyarakat sekitar.
3. Setelah semua data terkumpul, diskusikan bersama anggota kelompok lain. Kemudian buatlah makalah dan kliping dengan tema “Peranan Bakteri dalam Kehidupan Manusia” berdasarkan hasil penelusuran kalian.
 4. Presentasikan makalah kalian di depan kelompok lain, dan kumpulkan kepada guru.

Sampai di sini, kalian telah mengetahui bahwa sebagian organisme prokariotik, terutama, bakteri sangat membahayakan kesehatan manusia. Untuk itu, diperlukan cara menanggulangi bahaya akibat bakteri. Untuk mengatasi berbagai aktifitas bakteri yang dapat merugikan, perlu di lakukan tindakan yang tepat. Tindakan tersebut dapat berupa tindakan pencegahan (preventif) maupun tindakan pengobatan. Tindakan pencegahan dapat dilakukan dengan vaksinasi, sterilisasi, dan pasteurisasi, dan pengawetan bahan makanan.

Vaksinasi adalah pencegahan penyakit dengan pemberian vaksin, bakteri yang sudah dilemahkan, sehingga tubuh menerima dapat terhadap bakteri penyebab penyakit tertentu. Beberapa contoh vaksin untuk pencegahan penyakit yang disebabkan oleh bakteri adalah vaksin kolera untuk mencegah penyakit kolera, vaksin tifus untuk mencegah penyakit tifus, vaksin BCG (*Bacile Calmette-Guerin*) untuk mencegah penyakit TBC, vaksin DTP (*Difteria-Tetanus-Pertusis vaccines*) untuk mencegah penyakit difterie, pertusis (batuk rejan), dan tetanus), dan vaksin TCD (*Typus Chorela Disentry*) untuk mencegah penyakit typhus, kholera, dan desentri.

Sterilisasi adalah pemusnahan bakteri misalnya dalam pengawetan makanan. Tujuannya adalah untuk mendapatkan kondisi steril (suci hama), metodenya disebut **aseptis**. Sterilisasi dapat dilakukan melalui pemanasan dengan menggunakan udara panas atau uap air panas **bertekanan tinggi**. Sterilisasi dengan udara panas menggunakan oven dengan temperatur 170°C – 180°C. Cara ini digunakan untuk mensterilisasikan peralatan di laboratorium. Sterilisasi dengan uap air panas bertekanan tinggi dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut autoklaf, pada temperatur 115 – 134°C. Autoklaf digunakan untuk sterilisasi bahan dan peralatan. Perhatikan Gambar 3.26. Sterilisasi pada umumnya digunakan pada industri makanan atau minuman kaleng, penelitian bidang mikrobiologi, dan untuk memperoleh biakan murni suatu jenis bakteri. Sedangkan **Pasteurisasi** adalah pemanasan dengan suhu 63°C - 72°C selama 15 - 30 menit. Pasteurisasi dilakukan pada bahan makanan yang tidak tahan pemanasan dalam suhu tinggi, misalnya susu. Sehingga untuk **mematikan** bakteri patogen (*Salmonella*



Gambar 3.26 Autoklaf

dan *Mycobacterium*) dari susu dilakukan pasteurisasi. Dengan pasteurisasi, rasa dan aroma khas susu dapat dipertahankan. Teknik sterilisasi dengan suhu rendah ini ditemukan oleh **Louis Pasteur** (1822-1895), seorang ilmuwan Perancis.

Selain dengan sterilisasi dan pasteurisasi, pengawetan makanan juga bisa dilakukan secara **tradisional**. Kalian mungkin pernah melihat proses pengasinan ikan, pemanisan buah-buahan, pengasapan daging, atau pengeringan makanan. Apakah tujuannya? Semua kegiatan tersebut bertujuan agar makanan yang diasinkan, dimaniskan, diasap, dan diasamkan menjadi lebih awet dan tidak mudah busuk. Prinsipnya adalah membuat makanan dalam kondisi yang **tidak ideal** untuk ditumbuhi bakteri pembusuk, misalnya pada lingkungan yang terlalu panas, terlalu asam, atau terlalu asin. Jadi, pemanisan, pengasapan, pengasinan, dan pengasaman dilakukan untuk menghambat pertumbuhan bakteri.

Sampai di sini pengetahuan kalian tentang organisme prokariotik lengkap sudah. Kalian bisa mengembangkannya dengan berbagai kegiatan mandiri, seperti membaca buku-buku terkait. Nah, untuk mengetahui tingkat pemahaman kalian, kerjakan *Uji Kompetensi* berikut.

UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Organisme prokariotik merupakan penghubung yang harus ada dalam pendaur-ulan unsur kimia dalam ekosistem. Mengapa demikian?
2. Bagaimana organisme prokariotik bersimbiosis? Berikan beberapa contohnya.
3. Sebutkan beberapa contoh peran organisme prokariotik anggota Archaeobacteria.
4. Jelaskan manfaat bakteri di bidang pertanian, industri, dan kesehatan.
5. Bagaimana cara membuat *nata de coco*? Jelaskan.
6. Bagaimana bakteri berperan dalam bioremediasi dan biokontrol? Jelaskan.
7. Sebut dan jelaskan beberapa penyakit akibat bakteri pada manusia (5 macam).
8. Sebut dan jelaskan beberapa penyakit akibat bakteri pada tumbuhan.
9. Sebut dan jelaskan beberapa penyakit akibat bakteri pada hewan.
10. Bagaimana cara preventif menanggulangi aktivitas bakteri yang merugikan? Jelaskan.

IKHTISAR

1. Organisme prokariotik adalah organisme yang tidak memiliki organel yang diselubungi oleh membran. Nukleus atau inti sel organisme ini hanya berupa satu molekul ADN tanpa membran, disebut nukleoid.
2. Organisme prokariotik umumnya bersel tunggal, beberapa membentuk agregat (kumpulan), koloni, atau multiseluler tunggal. Hampir semuanya memiliki dinding sel yang berada di luar membran plasmanya.

3. Organisme prokariotik hanya berkembang biak (bereproduksi) secara asexual melalui pembelahan sel, yang disebut pembelahan biner (*binary fission*). Walaupun organisme prokariotik bereproduksi secara asexual, namun beberapa bakteri dapat melakukan beberapa cara untuk merekombinasi materi genetiknya. Cara rekombinasi materi genetik tersebut adalah transformasi, konjugasi, dan transduksi.
4. Organisme prokariotik dikelompokkan menjadi dua golongan besar, yaitu Archaebacteria dan Eubacteria.
5. Archaebacteria dikelompokkan menjadi tiga kelompok utama, yaitu Metanogen, Halofil ekstrim, dan Termofil ekstrim (termoasidofil).
6. Bakteri dapat dikelompokkan berdasarkan bentuk tubuhnya, berdasarkan cara geraknya, berdasarkan kebutuhannya akan oksigen, berdasarkan cara memperoleh energi dan karbon, serta berdasarkan sifatnya terhadap pengecatan gram.
7. Para ahli sistematika telah mengusulkan berbagai pengelompokan bakteri. Mereka mengenal lusinan kelompok bakteri, tetapi ada 5 kelompok yang umum diakui. Lima kelompok ini adalah Proteobacteria, bakteri gram-positif, Sianobakteri, Spirokaeta, dan Klamidia.
8. Peran bakteri dalam kehidupan sangat luas. Organisme prokariotik merupakan penghubung yang harus ada dalam pendaur-ulangan unsur kimia dalam ekosistem. Organisme prokariotik sangat jarang berfungsi sendirian di lingkungan, tetapi lebih sering berinteraksi dalam kelompok dan membentuk simbiosis.
9. Beberapa anggota Archaebacteria, yaitu kelompok Metanogen berperan penting dalam nutrisi hewan dan juga sebagai pengurai. Organisme prokariotik anggota Eubacteria juga memiliki banyak peran, apalagi bakteri merupakan penyusun utama organisme prokariotik. Peran bakteri dalam kehidupan manusia yang merugikan antara lain penyebab berbagai macam penyakit, baik manusia, hewan, maupun tumbuhan, bahkan merusak makanan. Secara alami keberadaan organisme prokariotik, terutama bakteri, juga sangat potensial dalam mengembangkan bioremediasi, sebagai model penelitian, sebagai agen rekayasa genetika.
10. Untuk mengatasi berbagai aktivitas bakteri yang dapat merugikan, perlu dilakukan tindakan yang tepat. Tindakan tersebut dapat berupa tindakan pencegahan (preventif) maupun tindakan pengobatan. Tindakan pencegahan (preventif) dapat dilakukan dengan vaksinasi, sterilisasi, dan pasteurisasi, dan pengawetan bahan makanan.

SENARAIKATA

Antibiotik Zat yang diproduksi mikroorganisme tertentu yang digunakan untuk membunuh mikroorganisme patogen

Domain Kategori takson di atas kingdom

Eukariotik Organisme yang sel-selnya telah memiliki membran atau selaput inti.

Hidrasi Mengikat air

Koloid Suatu bentuk campuran yang terdiri dari dua fase, yaitu fase pendispersi dan fase terdispersi

Lipopolisakarida Karbohidrat yang terikat dengan lipid

Organel Bagian fungsional dari sel

Simbion Organisme yang terlibat dalam simbiosis

Simbiosis Hidup bersama. Istilah yang digunakan untuk menjelaskan hubungan ekologis antara organisme pada spesies yang berbeda yang memiliki kontak langsung.

A Pilihlah jawaban yang paling tepat.

1. Semua organisme prokariotik memiliki ciri
 - a. inti sel diliputi membran
 - b. inti sel tidak diliputi membran
 - c. autotrof
 - d. heterotrof
 - e. bersel banyak
2. Bagian struktur organisme prokariotik yang berfungsi alat gerak disebut
 - a. kapsul
 - b. peptidoglikan
 - c. flagela
 - d. pili
 - e. dinding sel
3. *Escherichia coli* dapat hidup dengan atau tanpa adanya O₂, sehingga disebut bakteri
 - a. anaerob obligat
 - b. anaerob fakultatif
 - c. aerob obligat
 - d. aerob fakultatif
 - e. autotrof
4. Pernyataan yang tidak benar untuk bakteri adalah
 - a. tergolong mikroorganisme prokariotik
 - b. mempunyai kemiripan ciri dengan tumbuhan
 - c. proses oksidasi terjadi dalam protoplasma
 - d. ekskresi sisa metabolisme melalui permukaan tubuh
 - e. bereproduksi secara seksual
5. Bagian tubuh organisme prokariotik yang berfungsi melindungi sitoplasma dan materi-materi di dalamnya adalah
 - a. pili
 - b. dinding sel
 - c. plasmid
 - d. flagela
 - e. kapsul
6. Bakteri berbentuk bulat yang membentuk koloni seperti buah anggur disebut bakteri
 - a. monococcus
 - b. streptococcus
 - c. stafilococcus
 - d. steptobasil
 - e. stafilobasil
7. Agar mampu bertahan hidup dalam lingkungan yang tidak menguntungkan, organisme prokariotik membentuk
 - a. plasmid
 - b. endospora
 - c. kapsul
 - d. pili
 - e. mesosom
8. Organisme prokariotik yang dapat hidup dalam lingkungan yang sangat panas disebut
 - a. termofil ekstrim
 - b. termograf ekstrim
 - c. metanogen
 - d. halofil ekstrim
 - e. sianobakteria
9. Di sebuah danau ditemukan koloni bakteri dengan ciri-ciri sebagai berikut.
 - 1) bersifat fotoautotrof atau heterotrof
 - 2) tidak membebaskan oksigen
 - 3) mempunyai flagela
 - 4) mengekstrasi elektron dari H₂S
 Berdasarkan ciri-ciri tersebut, bakteri tersebut adalah
 - a. proteobakteria kemoautotrofik
 - b. proteobakteria kemoheterotrofik
 - c. bakteri ungu
 - d. bakteri gram-positif
 - e. sianobakteria
10. Bakteri yang menyebabkan kebutaan paling umum di dunia adalah bakteri dalam kelompok
 - a. proteobakteria
 - b. sianobakteria
 - c. bakteri gram-positif
 - d. spirokaeta
 - e. klamidia
11. Pengambilan gen dari lingkungan sekitar oleh bakteri sehingga memungkinkan terjadinya perpindahan materi genetik antar-bakteri disebut
 - a. transformasi
 - b. konjugasi
 - c. transduksi
 - d. transisi
 - e. koordinasi
12. Proses pengubahan senyawa nitrat menjadi amonium sampai nitrogen bebas

- oleh bakteri *Micrococcus denitrificans* disebut
- nitrifikasi nitrogen
 - denitrifikasi
 - desulfurisasi
 - amonisasi
 - nitrogenisasi
- Bakteri yang hidup pada akar tanaman kacang-kacangan bermanfaat bagi manusia karena berfungsi
 - mengubah amonia menjadi gas nitrogen
 - mengubah H₂S menjadi sulfur
 - menyediakan ATP bagi tumbuhan
 - menyediakan nitrogen siap pakai bagi tanaman
 - mengubah nitrit menjadi nitrat
 - Bakteri yang digunakan dalam proses pembuatan nata de coco adalah
 - Lactobacillus casei*
 - Lactobacillus citrovorum*
 - Lactobacillus caucasicus*
 - Acetobacter xyllinum*
 - Streptococcus lactis*
 - Contoh bakteri yang merugikan dan penyakit yang ditimbulkan adalah
 - Sulfolobus* menyebabkan tipus
 - Lactobacillus bulgaris* menyebabkan batuk rejan
 - Mycobacterium tuberculosis* menyebabkan TBC
 - Nitrosomonas* menyebabkan sifilis
 - Pseudomonas solanacearum* menyebabkan kolera
 - Kelompok penyakit di bawah ini yang penyebabnya bakteri ialah
 - polio, tetanus, kolera, kurap
 - panu, defterie, TBC, tetanus
 - difterie, radang paur-paru, pes, TBC
 - pes, kolera, polio, tetanus
 - kurap, kolera, tetanus, TBC
 - Yang termasuk bakteri nitrifikasi adalah genus
 - Acetobacer*
 - Nitrosomonas*
 - Streprococcus*
 - Lactobacillus*
 - Clostridium*
 - Bakteri yang menyebabkan lendir pada makanan yang sudah basi adalah
 - Leuconostoc mesentroides*
 - Salmonella* sp.
 - Clostridium batulinin*
 - Pseudomonas cocovenenans*
 - Agrobacterium tumefasiens*
 - Pencegahan penyakit dapat dilakukan dengan vaksinasi. Pasangan penyakit dan vaksin yang harus diberikan adalah
 - kolera diberi vaksin DTP
 - TBC diberi vaksin TCD
 - tetanus diberi vaksin BCG
 - batuk rejan diberi vaksin DTP
 - typus diberi vaksin BCG
 - Pemanasan yang dilakukan menggunakan udara panas dan atau uap air panas bertekanan tinggi pada temperatur 170°C – 180°C disebut
 - sterilisasi
 - pasteurisasi
 - autoklaf
 - vaksinasi
 - respirasi

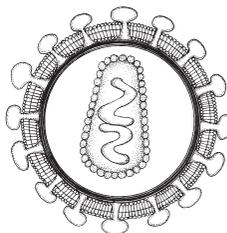
B Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.

- Jelaskan fungsi dinding sel, kapsul, pili, mesosom, dan flagela pada organisme prokariotik.
- Sebutkan ciri-ciri umum dan struktur organisme prokariotik.
- Jelaskan perbedaan archaeobakteria dan eubakteria.
- Gambarkan tipe flagela monotrik, amfitrik, lofotrik, dan peritrik.
- Sebutkan dan jelaskan ciri-ciri archaeobacteria.
- Gambarkan bentuk bakteri berikut.
 - monococcus, streptococcus, stafilococcus, diplococcus
 - monobasil, diplobasil, streptobasil
 - Spirillum, vibrio, dan spirochaeta
- Jelaskan pengertian dan fungsi endospora.
- Jelaskan pengertian transformasi, konjugasi, dan transduksi.
- Banyak bakteri yang bersifat merugikan tetapi ada juga yang bersifat menguntungkan. Berikan 5 contoh peran bakteri yang merugikan dan bakteri yang menguntungkan.
- Jelaskan langkah-langkah antisipasi bahaya yang ditimbulkan bakteri.

A Pilih jawaban yang paling tepat.

1. Pernyataan yang paling tepat tentang biologi adalah
 - a. biologi adalah ilmu tentang kehidupan
 - b. biologi adalah ilmu alam yang paling sulit
 - c. biologi disebut ilmu karena memiliki objek formal yang sama dengan sains
 - d. biologi mempelajari gejala alam berupa gejala-gejala pada makhluk hidup dan segala permasalahan kehidupannya
 - e. biologi merupakan ilmu yang sarat dengan eksperimen
2. Syarat yang menyebabkan biologi disebut ilmu adalah
 - a. mempelajari gejala alam
 - b. memiliki objek dan metode
 - c. mempelajari kehidupan
 - d. memiliki objek kajian
 - e. menggunakan metode ilmiah
3. Langkah awal dalam kerja ilmiah adalah....
 - a. menyusun hipotesis
 - b. melakukan percobaan
 - c. menemukan masalah
 - d. menarik kesimpulan
 - e. menyusun rencana penelitian
4. Amoeba sp., organisme uniseluler, adalah objek biologi pada tingkat
 - a. sel
 - b. jaringan
 - c. organ
 - d. sistem organ
 - e. organisme
5. Interaksi makhluk hidup dengan lingkungannya dipelajari dalam cabang biologi yang disebut
 - a. taksonomi
 - b. morfologi
 - c. ekologi
 - d. ekosistem
 - e. etologi
6. Manfaat biologi dalam bidang kesehatan misalnya
 - a. ditemukannya berbagai jenis hewan langka

- b. ditemukannya senjata biologis
 - c. ditemukannya teknik eksploitasi kekayaan alam
 - d. ditemukannya teknik transplantasi gen
 - e. ditemukannya mikrobia patogen
7. TMV (*Tobacco Mosaic Virus*) adalah virus yang pertama kali diberi nama oleh
 - a. Anthoni van Leeuwenhoek
 - b. Adolf Meyer
 - c. Dmitri Ivanovsky
 - d. M. Beijerinck
 - e. Wendell M. Stanlye
 8. Virus hidup sebagai parasit obligat, artinya
 - a. bisa hidup di mana saja
 - b. hidup di semua makhluk hidup
 - c. hidup di dalam jaringan tubuh organisme
 - d. bisa hidup sebagai parasit
 - e. hidup di dalam tubuh hewan
 9. Virus yang berbentuk oval adalah
 - a. virus HIV
 - b. virus rabies
 - c. virus Mosaic
 - d. *Adenovirus*
 - e. *Bakteriophage*
 10. Contoh virus ARN adalah
 - a. *Paramyxovirus*
 - b. *Papavovirus*
 - c. *Adenovirus*
 - d. *Herpes simplex virus*
 - e. *Rhabdovirus*
 11. Perhatikan gambar berikut.



Gambar tersebut adalah gambar virus penyebab penyakit

- a. AIDS
 - b. ebola
 - c. cacar
 - d. herpes
 - e. rabies
12. Serangan virus dapat diatasi secara
 - a. preventif dengan obat
 - b. preventif dengan antibiotik
 - c. kuratif dengan vaksinasi

- d. preventif dengan vaksinasi
 - e. kuratif dengan dibunuh
13. Yang bukan merupakan ciri organisme prokariotik adalah
- a. memiliki asam nukleat
 - b. memiliki selaput inti
 - c. dapat hidup di lingkungan ekstrim
 - d. dapat hidup sebagai parasit
 - e. dapat hidup sebagai saprofit
14. Organisme prokariotik dipelajari dalam cabang ilmu
- a. virologi
 - b. mikrobiologi
 - c. bakteriologi
 - d. mikrobiologi industri
 - e. mikrobiologi tanah
15. Dalam lingkungan hipotonik, sel prokariotik tidak pecah karena
- a. sitoplasmanya hipotonik
 - b. sitoplasmanya hipertonic
 - c. dilindungi oleh dinding sel
 - d. dinding sel tersusun oleh peptidoglikan
 - e. dinding sel bersifat selektif permeabel
16. Alat tambahan pada permukaan sel organisme prokariotik yang berguna membantu menempel pada sesama anggota koloni disebut
- a. pili
 - b. flagela
 - c. kapsul
 - d. tilakoid
 - e. mesosom
17. Rekombinasi materi genetik di dalam organisme prokariotik terjadi melalui
- a. pembelahan biner dan transformasi
 - b. transformasi, pembelahan biner, dan transduksi
 - c. konjugasi, kopulasi, dan transformasi
 - d. absorpsi, konjugasi, dan transduksi
 - e. transformasi, konjugasi, dan transduksi
18. Berikut adalah beberapa karakteristik organisme prokariotik.
1. dinding selnya tidak mengandung peptidoglikan
 2. ribosomnya mengandung beberapa jenis RNA-polimerase sehingga lebih mirip eukariotik

- 3. plasmanya mengandung lipid dengan ikatan ester.

Sifat-sifat tersebut dimiliki oleh

- a. Archaeobacteria
- b. Eubacteria
- c. Metanogen
- d. Bakteriorhodopsin
- e. Halofil ekstrim

19. Perhatikan gambar berikut.

Gambar tersebut menunjukkan kelompok bakteri yang disebut



- a. Monococcus
- b. Diplococcus
- c. Streptococcus
- d. Staphylococcus
- e. Sarcina

20. *Treponema pallidum* adalah bakteri kemoheterotrof yang berbentuk heliks, yakni penyebab penyakit

- a. gonorrhoe
- b. sifilis
- c. kebutahan
- d. kolera
- e. desentri

B Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.

1. Jelaskan karakteristik biologis.
2. Apa yang disebut laporan ilmiah? Jelaskan.
3. Bagaimana pengaruh teknologi mikroskop dalam perkembangan biologi?
4. Jelaskan ciri-ciri virus.
5. Mengapa virus dapat merugikan manusia? Jelaskan.
6. Jelaskan reproduksi pada virus.
7. Jelaskan pengelompokan bakteri berdasarkan kebutuhannya akan oksigen.
8. Sebutkan 5 macam penyakit pada manusia yang disebabkan oleh bakteri. Jelaskan.
9. Jelaskan peranan organisme prokariotik dalam rekayasa genetika.
10. Bandingkan teknik sterilisasi dan teknik pasteurisasi.

B a b IV

Protista dan Peranannya dalam Kehidupan



Dok. PIM

Minum es rumput laut di puncak hari yang panas menyengatkan? Nyamm, nikmatnya. Pasti lezat dan menyegarkan. Tapi, apakah kalian kira rumput laut di es buah adalah rumput laut dalam bentuk asalnya? Ternyata tidak demikian. Rumput laut yang kalian makan telah mengalami beberapa proses pengolahan, sehingga enak di mulut. Adapun rumput laut yang asli belum layak konsumsi, dan terdiri atas beraneka jenis. Ada yang berwarna coklat, hijau, merah, serta warna-warna lainnya. Nah, kalian akan mendapatkan keterangan lengkapnya dengan mempelajari materi pada bab ini. Selamat membaca.

KATAKUNCI

- Eukariotik
- Protista menyerupai tumbuhan/ alga
- Protista menyerupai hewan/ Protozoa
- Protista menyerupai jamur

Pada bab sebelumnya, kalian telah mempelajari makhluk hidup prokariotik. Pada bab ini, kalian akan mempelajari eukariotik yang lebih maju daripada prokariotik. Salah satu kingdom yang termasuk dalam eukariotik adalah **Protista**. Protista berasal dari bahasa Yunani *protos* yang berarti ‘pertama’. Jadi, Protista merupakan eukariotik pertama hasil evolusi prokariotik. Pada bab ini kalian akan diajak untuk mendalami ciri-ciri umum, klasifikasi, dan peranan Protista dalam kehidupan.

Setelah mempelajari materi pada bab ini, diharapkan kalian mampu mendeskripsikan ciri-ciri umum Protista, membedakan Protista mirip jamur, mirip tumbuhan, dan mirip hewan, serta memberikan contoh peranan Protista yang menguntungkan dan merugikan dalam kehidupan. Oleh sebab itu simaklah penjelasannya pada sub bab berikut.

A. Ciri-ciri Umum Protista

Apakah kalian menyadari bahwa air yang sering kalian gunakan untuk minum, mandi dan mencuci pakaian ternyata mengandung banyak mikroorganisme? Mikroorganisme tersebut ukurannya sangat kecil (disebut juga jasad renik) yang hanya dapat dilihat dengan bantuan mikroskop. Mikroorganisme merupakan salah satu dari sekian ribu makhluk hidup yang termasuk dalam Kingdom Protista. Bagaimanakah bentuk morfologi dan ciri-ciri Protista? Untuk mengetahuinya, coba kalian lakukan dulu *Percobaan* berikut ini.

PERCOBAAN

Protista di Dalam Air

A. Dasar Teori

Protista merupakan organisme eukariotik yang dapat hidup di air baik air kolam, selokan bahkan pada air minum. Sebagian besar Protista merupakan makhluk hidup yang hanya dapat diamati dengan menggunakan mikroskop.

B. Tujuan

Mengamati bentuk morfologi Protista yang hidup di dalam air dan mengetahui keberadaan Protista dalam berbagai sumber air.

C. Alat dan Bahan

1. Air sumur
2. Air mineral
3. Air sawah
4. Air comberan
5. Mikroskop
6. Gelas benda
7. Gelas penutup
8. Pipet

D. Langkah percobaan

1. Teteskan air sumur ke atas gelas benda dengan pipet, kemudian tutup gelas benda dengan gelas penutup
2. Letakkan gelas benda tersebut pada mikroskop
3. Amati bentuk morfologi Protista yang tampak pada mikroskop
4. Gambarkan bentuk morfologi Protista yang tampak pada mikroskop
5. Ulangilah langkah 1 sampai 4 untuk mengamati Protista yang terdapat pada air mineral, air sawah, dan air comberan

E. Pembahasan

1. Adakah perbedaan jenis mikroorganisme yang terdapat pada air sumur, air mineral, air sawah, dan air comberan?
2. Bagaimanakah ciri-ciri Protista yang kalian amati pada setiap air tersebut?
3. Air apakah yang mengandung paling banyak Protista?
4. Kesimpulan apakah yang dapat kalian ambil dari hasil percobaan tersebut?

Setelah melakukan percobaan di atas, kalian dapat mengetahui beberapa bentuk dan ciri-ciri Protista. Protista merupakan organisme eukariotik yang paling sederhana. Protista telah ada sebelum munculnya tumbuhan, hewan, dan jamur. Sebagian besar jenis Protista bersifat uniseluler, akan tetapi ada juga yang hidup secara berkelompok dan bersifat multiseluler.

Sebagian besar Protista bersifat aerob, yakni memerlukan oksigen untuk kelangsungan hidupnya. Oksigen digunakan dalam proses respirasi yang bertempat pada mitokondria. Namun, beberapa jenis Protista bersifat anaerob, yakni tidak memerlukan oksigen dalam hidupnya. Protista anaerob melakukan respirasi dengan bersimbiosis bersama bakteri yang bersifat aerob. Beberapa Protista bersifat heterotrof, memperoleh makanan dengan cara mengabsorpsi molekul-molekul organik dan sebagian lagi bersifat fotoautotrof karena mempunyai kloroplas sebagai tempat untuk menangkap energi matahari.

Protista dapat ditemukan pada setiap tempat yang mengandung air, tanah yang basah, sampah, dedaunan, dan habitat lain yang cukup lembab. Protista yang hidup di laut sebagian besar bertindak sebagai fitoplankton yang merupakan kontributor utama dalam penyediaan energi jaring-jaring makanan.

Protista dapat hidup secara bebas atau bersimbiosis secara mutualisme, parasitisme, dan komensalisme. Protista parasit bersifat patogen pada hewan dan manusia. Beberapa jenis Protista mempunyai alat gerak sehingga bersifat motil. Adapun reproduksi dapat terjadi secara seksual dan aseksual. Sedangkan pada kondisi lingkungan yang tidak sesuai, Protista membentuk sel resisten yang disebut **kista**.

B. Klasifikasi Protista

Anggota Protista sangat beragam, sehingga untuk mempermudah dalam mempelajarinya, maka para ahli taksonomi membagi Protista dalam tiga kategori yaitu:

1. Protista yang menyerupai hewan (Protozoa)
2. Protista yang menyerupai tumbuhan (Protophyta)
3. Protista yang menyerupai jamur

Supaya lebih jelas, marilah kita bahas satu persatu kelompok Protista tersebut.

1. Protista yang Menyerupai Hewan (Protozoa) —

Protozoa berasal dari bahasa Yunani, *proto* yang berarti 'pertama', dan *zoa* yang berarti 'hewan'. Jadi, Protozoa disebut juga sebagai hewan

GALERI

Tahukah kalian? Fosil Protista yang tertua adalah *acritarch*. Fosil ini ditemukan di Australia pada zaman prekambium, dan telah berumur 2,1 miliar tahun.

Campbell, Reece, Mitchell, 2003, hlm. 126

KILAS

Masih ingatkah kalian mengenai prokariotik dan eukariota? Prokariotik merupakan organisme yang inti selnya tidak bermembran, sedangkan eukariotik merupakan organisme yang inti selnya telah diselubungi oleh membran.

pertama. Protozoa merupakan Protista yang menyerupai hewan karena memiliki sifat heterotrof, mampu bergerak dan menelan makanan.

Protozoa memiliki ukuran mikroskopis, yaitu berkisar antara 10 nm-200 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Protozoa merupakan organisme uniseluler dengan bentuk yang bervariasi, ada yang bentuknya tetap dan ada pula yang berubah-ubah. Protozoa mempunyai alat gerak berupa kaki semu (pseudopodia), bulu cambuk (flagella), atau rambut getar (cilia).

Protozoa hidup secara heterotrof dengan memangsa bakteri dan bersimbiosis dengan organisme lain. Kebanyakan Protozoa hidup di dalam tubuh makhluk hidup atau di dalam air (air tawar maupun air laut). Protozoa dapat bereproduksi secara vegetatif (aseksual) dengan pembelahan biner, maupun secara generatif (seksual), dengan cara konjugasi.

Berdasarkan alat geraknya, Protozoa dibedakan menjadi 4 kelompok, yaitu Rhizopoda (Filum Sarcodina), Ciliata (Filum Ciliophora/ Infusoria), Flagellata (Filum Mastigophora), dan Sporozoa (Filum Apicomplexa). Bagaimanakah ciri-ciri dari keempat Filum tersebut? Kalian akan mengetahuinya setelah mempelajari uraian berikut.

a. Rhizopoda (Filum Sarcodina)

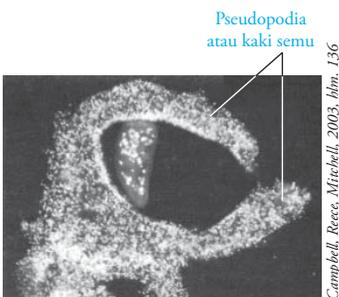
Istilah rhizopoda berasal dari bahasa Yunani, *rhizo* yang berarti 'akar' dan *podos* yang berarti 'kaki'. Jadi, rhizopoda berarti kaki yang menyerupai akar. Anggota Filum ini bergerak menggunakan **pseudopodia** (kaki semu). Disebut pseudopodia atau kaki semu karena terbentuk sebagai hasil penjurulan sitoplasma sel, yang seolah-olah berfungsi sebagai kaki. Selain untuk bergerak, kaki semu juga berfungsi untuk mencari makanan.

Salah satu contoh Filum Sarcodina adalah *Amoeba*. Perhatikan gambar 4.1. Ketika bergerak, *Amoeba* akan menjulurkan pseudopodia dan mengaitkan ujungnya kemudian mengeluarkan lebih banyak sitoplasma ke dalam pseudopodia. Gerak semacam ini disebut **gerak amoeboid**. Dengan adanya kaki semu ini, berarti bentuk sel rhizopoda berubah-ubah baik saat diam maupun saat bergerak.

Amoeba mempunyai sitoplasma yang terdiri atas ektoplasma dan endoplasma. Ektoplasma yaitu plasma sel bagian luar yang berbatasan dengan membran, sementara endoplasma merupakan plasma sel di seba-

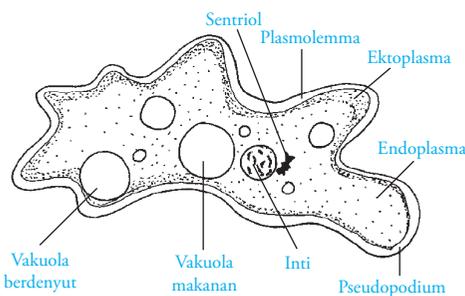
lah dalam ektoplasma. Aliran ektoplasma dan endoplasma tersebut berperan dalam penjurulan dan penarikan pseudopodia. Selain sitoplasma, ektoplasma, dan endoplasma, di dalam sel amoeba juga terdapat vakuola kontraktil, vakuola makanan, inti sel, dan sentriol. Untuk lebih jelasnya, perhatikan gambar 4.2.

Vakuola makanan merupakan rongga yang digunakan untuk mencerna makanan. Sedangkan vakuola kontraktil berfungsi sebagai rongga untuk membuang sisa hasil metabolisme dan untuk mengatur tekanan osmosis tubuh. Inti sel merupakan tempat terdapatnya DNA dan



Gambar 4.1 *Amoeba* menggunakan pseudopodia untuk bergerak dan mencari makanan.

Campbell, Reece, Mitchell, 2003, hlm. 136

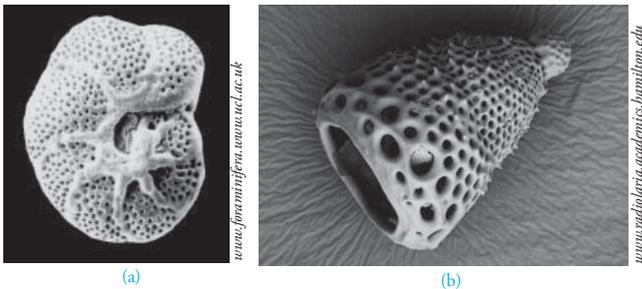


Gambar 4.2 Bagian-bagian tubuh *Amoeba*

materi genetik, sedangkan sentriol berfungsi untuk mengontrol gerakan sel dalam penjuruan pseudopodia dan dalam orientasi pembelahan sel.

Rhizopoda bereproduksi secara vegetatif atau aseksual dengan pembelahan biner. Selain itu, rhizopoda mempunyai kemampuan beradaptasi yang baik pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan dengan membentuk kista. Rhizopoda dapat hidup pada tempat yang lembab, air laut, maupun parasit pada tubuh manusia. Berikut ini beberapa contoh anggota Rhizopoda dan habitatnya masing-masing.

- a. Rhizopoda yang hidup di tempat lembab, contohnya adalah *Amoeba proteus*.
- b. Rhizopoda yang hidup di laut, contohnya *Foraminifera* dan *Radiolaria*. Perhatikan gambar 4.3. Foraminifera mempunyai kerangka luar yang berongga dan terbuat dari kalsium karbonat. Sedangkan Radiolaria memiliki kerangka dalam yang terbuat dari silika.



Gambar 4.3 (a) *Foraminifera*, (b) *Radiolaria*

- c. Rhizopoda yang hidup di air tawar, contohnya antara lain *Arcella* yang mempunyai rangka dari zat kitin, *Diffugia*, dan *Heliozoa*.
- d. Rhizopoda yang hidup parasit dalam tubuh manusia contohnya *Entamoeba gingivalis*, *Entamoeba histolytica*, dan *Entamoeba coli*.

b. Ciliata (Filum Ciliophora)

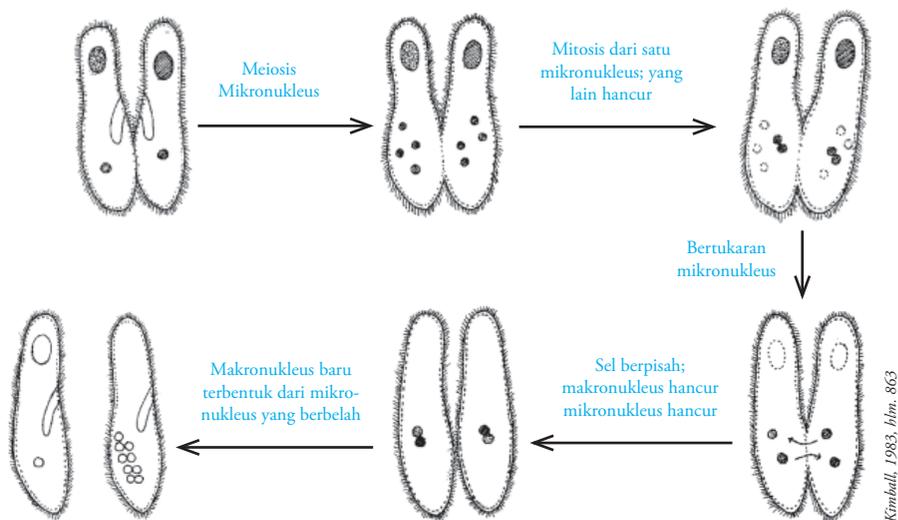
Istilah *ciliata* berasal dari bahasa Latin *cilia* yang berarti ‘rambut kecil’. Salah satu ciri khas ciliata adalah mempunyai **silia** sebagai alat gerak dan untuk mencari makan. Ciliata merupakan organisme bersel tunggal (uniseluler) dengan bentuk tetap atau tidak berubah.

Beberapa anggota ciliata seluruh tubuhnya ditutupi oleh barisan silia, sedangkan lainnya memiliki silia yang berkelompok. Susunan silia yang spesifik tersebut menunjukkan tingkat adaptasi terhadap lingkungannya.

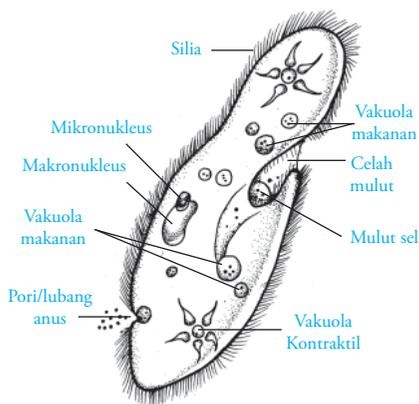
Ciri lain dari ciliata adalah adanya 2 inti sel, yaitu makronukleus dan mikronukleus. **Makronukleus** merupakan inti sel berukuran besar berfungsi dalam reproduksi aseksual (vegetatif), sedangkan **mikronukleus** merupakan inti sel berukuran kecil diperlukan untuk bereproduksi secara seksual dengan cara konjugasi. Selain bereproduksi secara seksual, Ciliata juga bereproduksi secara aseksual dengan cara membelah diri. Reproduksi salah satu anggota Ciliata secara konjugasi dapat kalian lihat pada Gambar 4.4.

GALERI

Tahukah kalian? Endapan cangkang Foraminifera dapat membentuk tanah yang disebut **tanah globigerina**. Endapan tanah tersebut dapat dijadikan sebagai petunjuk adanya minyak bumi.



Gambar 4.4 Reproduksi secara konjugasi pada *Paramecium caudatum*



Gambar 4.5 Sistem organela *Paramecium*.

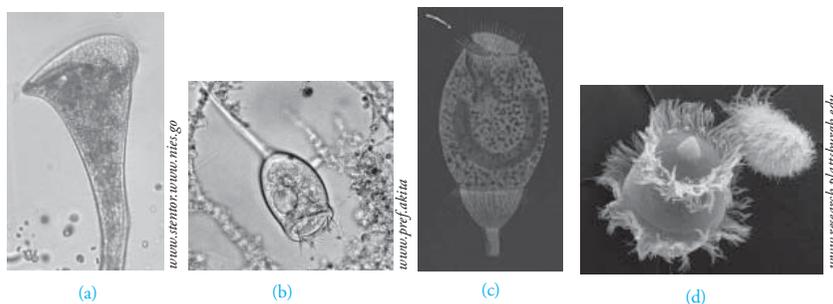
Ciliata pada umumnya hidup di tempat-tempat berair. Mereka mengambil makanan dengan menyapu aliran air yang berisi partikel makanan ke dalam organel yang menyerupai mulut dan kerongkongan. Barisan silia yang berada di sepanjang celah mulut yang berbentuk corong, berfungsi untuk menggerakkan makanan ke mulut sel. Selanjutnya, makanan ditelan melalui proses fagositosis. Bahan yang tidak tercerna dalam vakuola makanan akan dikeluarkan melalui pori yang berfungsi sebagai lubang anus. Proses ini disebut sebagai **eksositosis**.

Salah satu contoh anggota Ciliata yang terkenal adalah *Paramecium*. *Paramecium* merupakan anggota Ciliata yang hidup bebas, bentuk tubuhnya seperti sandal dan tubuhnya diselubungi oleh pelikel. Sistem organela *Paramecium* dapat kalian lihat pada Gambar 4.5.

Contoh anggota Ciliata yang lain adalah:

- Stentor*, mempunyai bentuk tubuh seperti terompet.
- Didinium*, merupakan predator *Paramecium*.
- Vorticella*, mempunyai bentuk tubuh seperti lonceng.
- Stylonichia*, mempunyai bentuk tubuh oval dengan silia yang berkelompok disebut **cirri**.

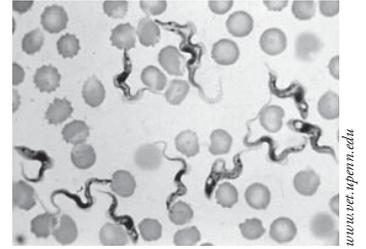
Gambar 4.6 Beberapa anggota Ciliata (a) *Stentor*, (b) *Vorticella*, (c) *Stylonichia*, (d) *Didinium*



c. Flagellata (Filum Mastigophora)

Flagellata berasal dari kata *flagellum* yang berarti ‘bulu cambuk’. Ciri khas Filum ini adalah memiliki alat gerak berupa bulu cambuk yang disebut **flagella**. Flagella juga berfungsi sebagai alat peraba dan alat penangkap makanan.

Flagellata pada umumnya mempunyai bentuk tubuh oval, panjang, dan bulat. Habitat Flagellata sebagian besar adalah air tawar, air laut, tanah yang basah, atau dalam tubuh makhluk hidup sebagai parasit. Reproduksi secara aseksual dilakukan dengan pembelahan biner. Beberapa jenis Flagellata khususnya genus *Trypanosoma*, merupakan penyebab penyakit pada manusia dan hewan, contohnya *Trypanosoma gambiense*, *Trypanosoma rhodesiense*, *Trypanosoma evansi*, *Trychomonas vaginalis*, *Trypanosoma cruzi*, *Trypanosoma brucei*, dan *Leishmania donovani*.

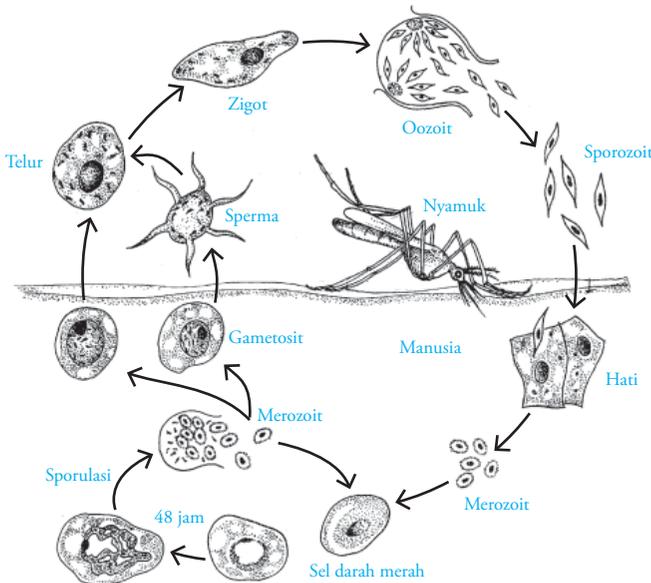


Gambar 4.7 *Trypanosoma gambiense*

d. Sporozoa (Filum Apicompleksa)

Istilah Sporozoa berasal dari bahasa Yunani, *spora* yang berarti ‘benih’ dan *zoa* yang berarti ‘hewan’. Sporozoa merupakan salah satu kelompok Protozoa yang membentuk spora dalam salah satu tahapan siklus hidupnya. Semua anggota Sporozoa hidup sebagai parasit dalam tubuh organisme lain dan tidak memiliki alat gerak. Pergerakannya dilakukan dengan mengubah posisi tubuhnya.

Anggota sporozoa yang paling dikenal adalah *Plasmodium*. *Plasmodium* merupakan penyebab penyakit malaria dan menyerang sel darah merah. Penyakit malaria ditularkan dari manusia satu ke manusia lain melalui gigitan nyamuk *Anopheles*. Daur hidup *Plasmodium* dapat kalian pelajari pada Gambar 4.8



Kimball, 1983, hlm. 865

Gambar 4.8 Daur hidup *Plasmodium* yang menyebabkan penyakit malaria

GALERI

Tahukah kalian? Artemisin merupakan obat yang manjur untuk penyakit malaria selain pil kina. Artemisin ditemukan setelah Perang Dunia II, berasal dari tanaman qing hao su. Tahun 1965 artemisin banyak diproduksi oleh tentara Cina untuk mengobati tentara Vietnam yang terserang malaria selama perang melawan Amerika Serikat.

Howell, www.voanews.com

Siklus hidup *Plasmodium* ditemukan oleh **Ronald Ross** dan **Grassi**. Reproduksi secara aseksual terjadi di dalam tubuh manusia secara **skizogoni** (pembelahan diri dalam tubuh inang tetap) dan pada tubuh nyamuk *Anopheles* betina secara **sporogoni** (pembentukan spora pada inang sementara). Sedangkan reproduksi secara seksual terjadi melalui peleburan gamet.

Ketika nyamuk *Anopheles* betina menggigit manusia, maka air liur nyamuk tersebut akan masuk ke dalam tubuh manusia. Dalam air liur tersebut terkandung zat anti pembekuan darah dan sel-sel *Plasmodium* yang disebut **sporozoit**.

Sporozoit selanjutnya akan ikut dalam aliran darah menuju ke sel hati. Dalam sel hati, sporozoit melakukan pembelahan berkali-kali membentuk **merozoit**. Merozoit selanjutnya akan menginfeksi sel darah merah hingga rusak dan pecah. Merozoit-merozoit tersebut sebagian akan menginfeksi sel darah merah lainnya, dan sebagian lagi akan membentuk **gametosit**.

Ketika berada dalam dinding usus nyamuk *Anopheles* betina, gametosit akan menghasilkan gamet jantan (makrogametosit) dan gametosit betina (mikrogametosit). Jadi, gametosit akan masuk kembali ke dalam tubuh nyamuk ketika nyamuk tersebut menghisap darah manusia yang telah terinfeksi. Setelah terjadi pembuahan, maka terbentuklah zigot yang selanjutnya tumbuh menjadi oosit, dan oosit akan tumbuh membentuk sporozoit kembali.

Plasmodium yang dikenal ada empat macam, yaitu:

- Plasmodium falciparum* merupakan penyebab malaria tropika. *Plasmodium* ini mempunyai masa sporulasi (masa pembentukan spora) sekitar 1 hari (1 x 24 jam).
- Plasmodium vivax* merupakan penyebab penyakit malaria tertiana. Masa sporulasinya setiap 2 x 24 jam.
- Plasmodium malariae* merupakan penyebab penyakit malaria quartana. Masa sporulasinya setiap 3 x 24 jam.
- Plasmodium ovale* merupakan penyebab penyakit limpa. Masa sporulasinya setiap 48 jam.

Pada uraian di depan, kalian telah mempelajari kelompok Protista yang menyerupai hewan. Kelompok Protista selanjutnya adalah kelompok Protista yang menyerupai tumbuhan. Untuk mengetahui ciri-ciri Protista yang menyerupai tumbuhan, simaklah uraian lengkapnya berikut ini.

2. Protista yang Menyerupai Tumbuhan (Algae) —

Apabila di sekitar kalian terdapat kolam, coba amati airnya. Jika berwarna hijau, kemungkinan besar air kolam tersebut banyak mengandung ganggang atau algae. Dalam bahasa ilmiah, ganggang disebut **algae** (tunggal = alga). Struktur sel ganggang memiliki dinding sel dan kloroplas. Karakter tersebut dimiliki pula oleh tumbuhan tingkat tinggi, sehingga dikatakan bahwa ganggang merupakan Protista yang menyerupai tumbuhan.

Ganggang merupakan organisme yang bersifat uniseluler atau multiseluler. Bentuk tubuhnya berupa sel tunggal, filamen, lembaran, dan ada juga yang menyerupai tumbuhan tingkat tinggi. Ganggang hidup secara soliter (sendiri) maupun berkoloni. Struktur tubuh ganggang sangat sederhana, tidak dapat dibedakan antara akar, batang, dan daun sehingga disebut tumbuhan **talus**. Struktur tubuh yang masih berupa talus menyebabkan ganggang dikelompokkan juga dalam Filum **Thallophyta**.

Ganggang dapat bereproduksi secara vegetatif (aseksual) dan secara generatif (seksual). Secara vegetatif, reproduksi ganggang dilakukan dengan cara pembelahan biner, fragmentasi, atau pembentukan zoospora. Secara generatif dengan cara konjugasi dan peleburan antara sel kelamin jantan dan betina.

Berdasarkan pigmen (zat warna) yang dominan pada tubuhnya, ganggang dapat dibedakan menjadi 6 Filum, yaitu Filum Pyrrophyta (ganggang api), Filum Euglenophyta, Filum Phaeophyta (ganggang coklat), Filum Chrysophyta (ganggang keemasan), Filum Rhodophyta (ganggang merah), dan Filum Chlorophyta (ganggang hijau). Untuk mengetahui ciri masing-masing Filum, simaklah penjelasannya berikut.

a. Filum Pyrrophyta (Ganggang Api)

Filum ini sering disebut **Dinoflagellata** karena memiliki flagella yang berjumlah 2 buah (Gambar 4.9). Hampir semua ganggang api bersifat uniseluler, dan mempunyai pigmen berupa klorofil a dan c.

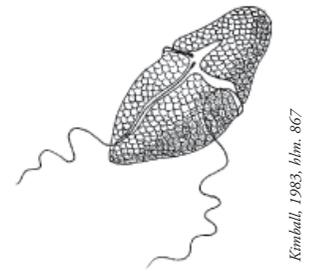
Filum Pyrrophyta disebut ganggang api karena memiliki fosfor yang mampu memancarkan cahaya pada kondisi yang gelap. Ganggang ini sebagian besar hidup di air laut, tetapi ada pula yang hidup di air tawar. Beberapa contoh anggota Filum ini antara lain *Noctiluca*, *Ceratium* dan *Gonyaulax*.

b. Filum Euglenophyta

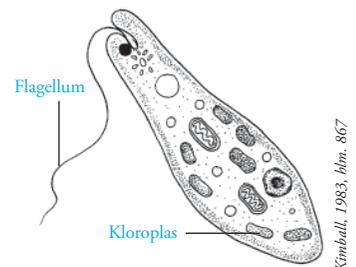
Filum Euglenophyta merupakan ganggang yang memperlihatkan ciri-ciri hewan dan tumbuhan. Filum ini memiliki pigmen berupa klorofil a dan b serta mampu bergerak bebas dan memiliki bintik mata. Contoh anggota Filum Euglenophyta yang paling dikenal adalah *Euglena*.

Euglena merupakan organisme yang sering ditemukan pada air yang keruh dan memiliki alat gerak berupa flagella yang terletak pada bagian ujung anterior. *Euglena* memiliki bintik mata yang berfungsi untuk melindungi detektor cahaya yang berada pada dekat dasar flagella. Dengan detektor tersebut, *Euglena* dapat bergerak menuju arah cahaya yang intensitasnya sesuai.

Struktur tubuh *Euglena* tidak memiliki dinding sel, tubuhnya diselubungi oleh pelikel, memiliki vakuola kontraktil dan vakuola makanan.



Gambar 4.9 Dinoflagellata



Gambar 4.10 Euglena

c. Filum Phaeophyta (Ganggang Coklat)

Anggota Filum Phaeophyta memiliki talus yang selalu bersel banyak, sehingga dapat dilihat secara makroskopis. Talusnya memiliki alat pelekat untuk menempelkan tubuhnya pada substrat, sedangkan bagian tubuh yang lainnya mengapung di atas air. Beberapa anggota Filum Phaeophyta seperti *Sargassum*, *Macrocystis*, dan *Nereocystis* memiliki gelembung udara yang berfungsi untuk menyimpan gas nitrogen dan untuk mengapung.

Ganggang coklat mengandung pigmen santofil, klorofil a dan c. Pigmen **santofil** jumlahnya melebihi pigmen yang lain, sehingga menyebabkan warna talusnya coklat. Cadangan makanannya disimpan dalam bentuk **laminarin**. Ganggang ini banyak ditemukan di laut dan sering terdampar di pantai.

Sebagian besar anggota Filum Phaeophyta menunjukkan adanya pergantian keturunan antara generasi sporofit dan gametofit yang masing-masing hidup bebas. Reproduksi secara vegetatif dilakukan dengan fragmentasi dan membentuk zoospora. Sedangkan reproduksi secara generatif dilakukan dengan peleburan antara ovum dan spermatozoid yang masing-masing dihasilkan pada konseptakel betina dan konseptakel jantan. Zigot selanjutnya akan tumbuh menjadi sporofit.

d. Filum Chrysophyta (Ganggang Keemasan)

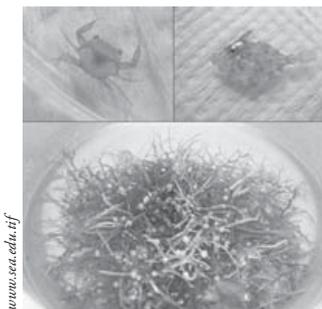
Alga Chrysophyta disebut juga ganggang keemasan (*golden algae*) atau ganggang pirang. Istilah Chrysophyta berasal dari bahasa Yunani, *chrysos* yang berarti 'keemasan'. Warna keemasan disebabkan karena ganggang ini memiliki pigmen berupa **karoten** dan **santofil** yang jumlahnya dominan dibandingkan dengan klorofil a dan c.

Sebagian besar kelompok ganggang keemasan adalah uniseluler tetapi ada pula yang membentuk koloni. Sel-sel alga ini mempunyai dua flagella sehingga disebut sebagai biflagellata. Kedua flagellanya terpaud di dekat salah satu ujung sel. Sebagian besar anggota Filum ini hidup sebagai plankton air tawar dan air laut. *Dynobryon* merupakan alga pirang yang membentuk koloni di air tawar.

Filum Chrysophyta terdiri atas sekitar 5.300 jenis, dan 5.000 di antaranya adalah **diatom**. Diatom mempunyai dinding sel atau cangkang yang terdiri atas dua bagian seperti kotak (hipoteka) dengan tutupnya (epiteka). Cangkang tersebut tersusun dari silika dengan berbagai bentuk ornamentasi.

Berdasarkan bentuknya, diatom dibedakan menjadi bentuk *centris* (simetri radial) dan *pennate* (simetri bilateral). Sebagian besar diatom bertindak sebagai fitoplankton pada ekosistem air laut dan air tawar, sehingga merupakan dasar bagi penyedia energi dalam jaring-jaring makanan.

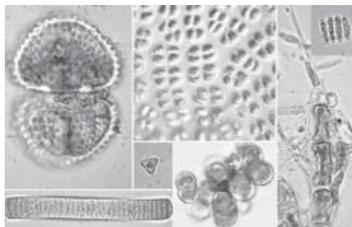
Diatom dapat ditemukan di beberapa tempat, antara lain di air laut, air tawar, tanah yang lembab, dan pada batu karang. Cangkang diatom yang telah mati tidak mudah terdegradasi karena mengandung silika, akibatnya akan terdeposisi dan membentuk tanah diatom.



Gambar 4.11 *Sargassum* sp

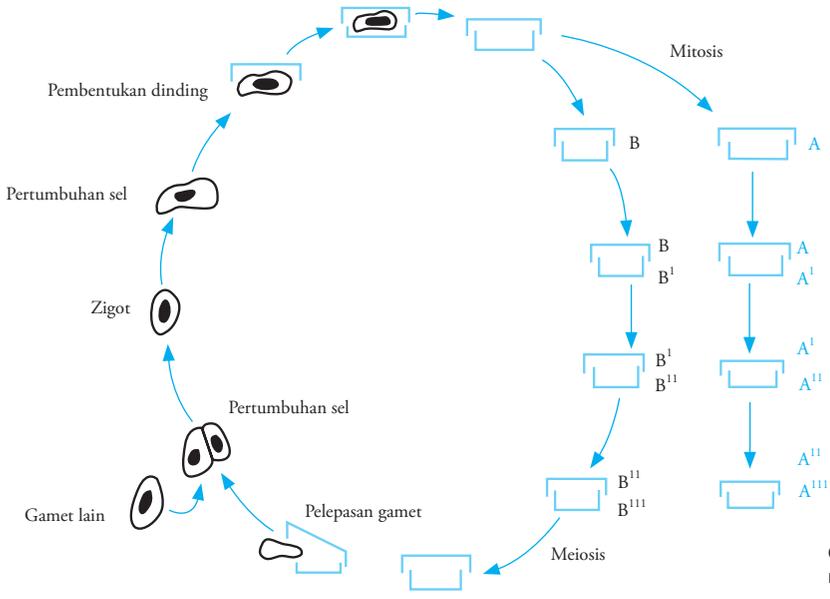


Gambar 4.12 Skema dinding sel diatom



Gambar 4.13 Morfologi beberapa jenis diatom

Reproduksi diatom dilakukan dengan cara membelah diri. Cara pembelahan diatom tersebut ditunjukkan oleh Gambar 4.14. Mula-mula antara epiteka dan hipoteka keduanya saling memisah. Masing-masing akan berlaku sebagai epiteka, kemudian dibentuk pasangan tangkupannya. Lama-kelamaan, ukuran sel menjadi kecil. Pada tingkat ukuran sel yang kritis dan tidak memungkinkan lagi dilakukan pembelahan sel, maka protoplasma akan keluar dari dinding sel dan terbentuklah **auxospora**. Auxospora akan mengalami pertumbuhan untuk memperbaiki ukuran sel menjadi seperti semula. Reproduksi selanjutnya dilakukan secara generatif.



Gambar 4.14 Skema reproduksi diatom

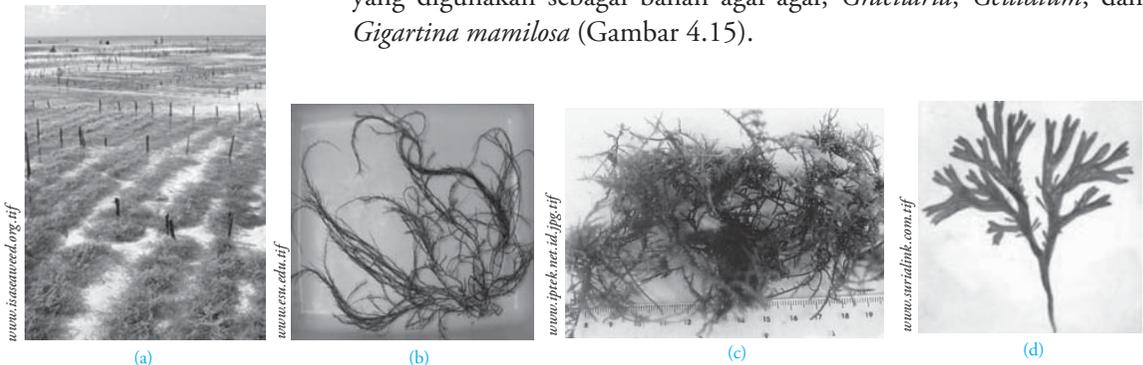
e. Filum Rhodophyta (Ganggang Merah)

Istilah Rhodophyta berasal dari bahasa Yunani, *rhodos* yang berarti 'merah'. Jadi, Rhodophyta berarti ganggang merah (*red algae*). Berbeda dengan Filum lainnya, Filum ini tidak mempunyai tahapan flagella dalam siklus hidupnya. Anggota Filum ini mempunyai pigmen fotosintetik berupa fikobilin yang terdiri dari **fikoeritrin** (pigmen merah) dan **fikosianin** (pigmen biru). Fikoeritrin merupakan pigmen yang paling dominan sehingga menyebabkan warna talus ganggang ini menjadi merah. Meskipun demikian, tidak semua ganggang ini berwarna merah. Di laut dalam, ganggang ini mempunyai warna ungu hampir hitam. Pada kedalaman sedang berwarna merah cerah, sedangkan pada air yang sangat dangkal, berwarna agak kehijauan.

Sebagian besar ganggang merah adalah multiseluler. Bentuk talusnya berupa helaian atau berbentuk seperti pohon. Tubuhnya ditutupi kalsium karbonat (CaCO₃). Dinding sel ganggang merah terdiri atas komponen yang berlapis-lapis. Dinding sel sebelah dalam tersusun dari myofibril, sedangkan sel sebelah luar tersusun dari zat lendir. Adapun cadangan makanan disimpan dalam bentuk **teping floridean**.

Ganggang merah dapat bereproduksi secara vegetatif dan secara generatif. Reproduksi secara generatif dilakukan dengan peleburan antara gamet jantan yang tidak memiliki alat gerak (spermatium) dan ovum. Gamet jantan tersebut dibentuk dalam spermatangium, sedangkan gamet betina dibentuk dalam karpogonium. Zigot hasil pembuahan selanjutnya akan tumbuh menjadi ganggang merah yang diploid. Adapun reproduksi secara aseksual (vegetatif) terjadi dengan membentuk spora. Spora yang terbentuk berasal dari talus ganggang yang diploid. Selanjutnya spora akan tumbuh menjadi ganggang baru.

Contoh anggota Rhodophyta antara lain *Eucheuma spinosum* yang digunakan sebagai bahan agar-agar, *Gracilaria*, *Gellidium*, dan *Gigartina mamillosa* (Gambar 4.15).



Gambar 4.15 Beberapa anggota Filum Rhodophyta (a) *Eucheuma spinosum*, (b) *Gracilaria* sp, (c) *Gellidium* sp, (d) *Gigartina mamillosa*

f. Filum Chlorophyta (Ganggang Hijau)

Ganggang hijau (*green algae*) diberi nama berdasarkan kloroplasnya yang berwarna hijau. Warna hijau ini ada karena karena pigmen yang dominan adalah **klorofil a** dan **b**, di samping jenis pigmen yang lain yaitu karoten dan santofil. Bentuk kloroplas pada ganggang hijau bermacam-macam, ada yang seperti mangkuk (misalnya pada *Chlamydomonas*), berbentuk spiral (misalnya pada *Spirogyra*), dan berbentuk seperti bintang.

Selain mempunyai kloroplas, alga hijau juga mempunyai pirenoid dan stigma. **Pirenoid** merupakan tempat penyimpanan hasil fotosintesis berupa amilum, sedangkan **stigma** berguna untuk menuntun ganggang ke arah cahaya sehingga fotosintesis dapat terjadi.

Filum ini meliputi ganggang yang uniseluler dan multiseluler. Bentuk talus ganggang hijau berupa filamen, lembaran, dan seperti karangan. Ganggang hijau banyak ditemukan pada air tawar, air laut, maupun pada tempat-tempat yang lembab. Biasanya ganggang hijau ditemukan pada permukaan badan air yang intensitas cahayanya tinggi.

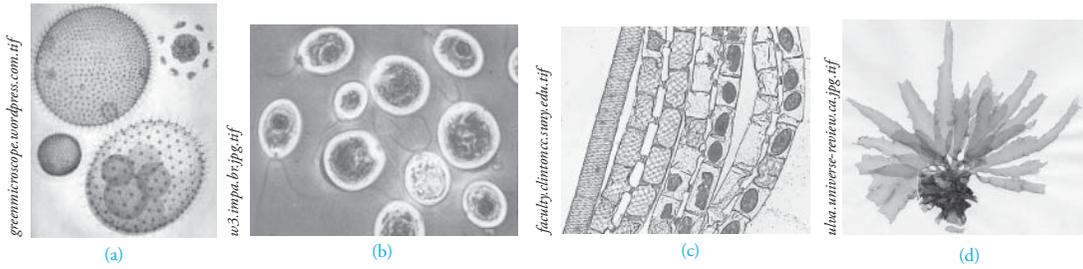
Ganggang hijau bereproduksi secara vegetatif (aseksual) dan generatif (seksual). Reproduksi secara aseksual terjadi dengan pembentukan zoospora yaitu spora yang dapat bergerak atau berpindah, memiliki 4 bulu, vakuola kontraktile, dan kebanyakan memiliki 1 bintik mata

GALERI

Tahukah kalian? *Glaucocystis nostochinearum* merupakan anggota Chlorophyta yang tidak memiliki klorofil a dan b. Proses fotosintesis dilakukan dengan organela yang menyerupai cyanobacteria.

Kimball, 1983, hlm. 857

merah. Secara generatif (seksual), reproduksi ganggang hijau berlangsung dengan **konjugasi**, menghasilkan zigospora yang tidak memiliki alat gerak.



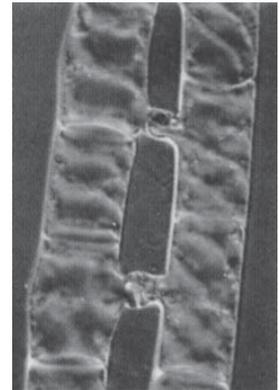
Gambar 4.16 Beberapa anggota Filum Chlorophyta (a) *Volvox*, (b) *Chlamydomonas*, (c) *Spirogyra*, (d) *Ulva*

Beberapa contoh ganggang hijau antara lain, *Spirogyra*, *Volvox globator*, *Chlamydomonas*, *Ulva*, dan *Chlorella*. Berikut ini akan kita bahas mengenai *Spirogyra*, *Ulva*, dan *Chlorella* (Gambar 4.16).

a) *Spirogyra*

Spirogyra merupakan ganggang hijau yang hidup di air tawar. Ganggang ini mudah dikenal karena kloroplasnya besar, menyerupai pita yang melingkar-lingkar seperti spiral dalam sel. *Spirogyra* bereproduksi secara aseksual dengan cara fragmentasi dan secara seksual dengan konjugasi. Terjadinya konjugasi dapat dijelaskan sebagai berikut.

Spirogyra yang berbeda jenis saling berdekatan. Kemudian, pada dinding sel yang berdekatan muncul tonjolan yang saling mendekati, hingga bersatu membentuk pembuluh. Protoplasma dari *Spirogyra* yang satu (berjenis +) pindah ke *Spirogyra* satunya (jenis -). Dengan demikian, terjadilah persatuan plasma (peristiwanya disebut **plasmogami**), yang diikuti persatuan inti (disebut **kariogami**). Hasil persatuan ini berupa zigospora yang bersifat diploid. Zigospora akan mengalami meiosis dan terbentuklah 4 sel baru yang diploid. Dari keempat sel ini, biasanya satu sel di antaranya tumbuh menjadi benang *Spirogyra*.



Gambar 4.17 Konjugasi pada *Spirogyra*

b) *Ulva*

Ulva memiliki talus berupa lembaran yang terdiri dari dua lapis sel. Bentuk talus *Ulva* seperti daun selada, kloroplasnya berbentuk mangkok. *Ulva* dapat hidup di air payau, air asin, atau menempel pada kayu-kayu dan batu-batu sepanjang pantai. *Ulva* bereproduksi secara aseksual dengan zoospora berflagella dan akan membentuk *Ulva* yang haploid. Reproduksi secara seksual ditandai dengan bersatunya sel kelamin jantan dan sel kelamin betina membentuk zigot. Zigot akan berkembang menjadi *Ulva* yang diploid.

c) *Chlorella*

Chlorella merupakan ganggang hijau yang berbentuk uniselular, dengan bentuk talus bulat dan memiliki kloroplas berbentuk



Gambar 4.18 *Chlorella*

mangkuk. *Chlorella* dapat hidup di air tawar, air laut, dan di tempat-tempat yang basah. Ganggang jenis ini merupakan penghasil karbohidrat, protein, dan lemak. Jadi, *Chlorella* dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan pangan.

Nah, agar kalian benar-benar dapat membedakan beberapa Filum Protista mirip tumbuhan, ikutilah rubrik *Telisik* berikut ini.

TELISIK

Mengidentifikasi Ciri-ciri Ganggang

Untuk mengidentifikasi ciri-ciri ganggang, ikutilah langkah-langkah berikut.

1. Buatlah tabel perbandingan seperti di bawah ini.

No	Ganggang	Warna	Pigmen dominan	Ciri khas
1.	Pyrrophyta			
2.	Euglenophyta			
3.	Phaeophyta			
4.	Chrysophyta			
5.	Rhodophyta			
6.	Chlorophyta			

2. Pelajari kembali mengenai Protista mirip tumbuhan, kemudian isilah tabel tersebut.

Pada uraian sebelumnya, kalian telah mempelajari Protista yang menyerupai hewan dan tumbuhan. Nah, pada uraian selanjutnya kalian diajak untuk mempelajari Protista yang menyerupai jamur. Simaklah uraian lengkapnya.

3. Protista yang Menyerupai Jamur

Anggota Protista yang menyerupai jamur meliputi jamur air dan jamur lendir. Walaupun tampaknya sama dengan jamur sejati, namun dalam organisasi seluler, cara reproduksinya, dan siklus hidupnya, kedua jamur ini berbeda dengan jamur (Fungi) sejati.

Protista yang menyerupai jamur dibedakan menjadi jamur air (Oomycotina) dan jamur lendir (Myxomycotina). Mari kita pelajari satu persatu ciri-ciri jamur air dan jamur lendir tersebut.

a. Jamur Air (Oomycotina)

Oomycotina berarti fungi telur. Istilah ini didasarkan pada cara reproduksi seksual pada jamur air. Beberapa anggota Oomycotina bersifat uniseluler dan tidak memiliki kloroplas.

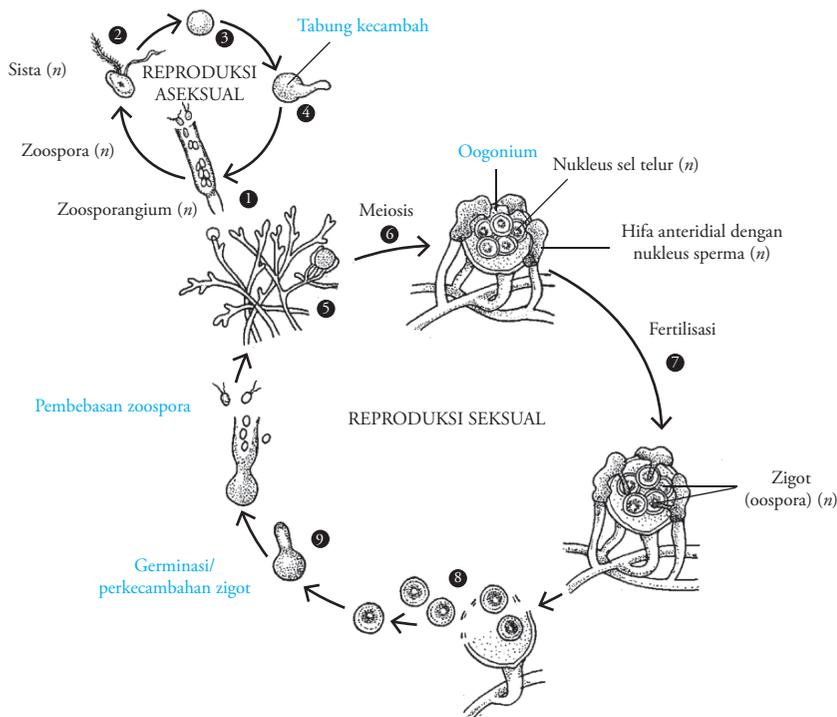
Jamur air memiliki dinding sel terbuat dari selulosa, yang berbeda dengan dinding sel jamur sejati yang terbuat dari polisakarida yang disebut kitin. Yang membedakan jamur air dengan jamur sejati adalah adanya sel biflagellata yang terjadi pada daur hidup jamur air. Sementara jamur sejati tidak memiliki flagella.

Sebagian besar jamur air hidup secara bebas atau melekat pada sisa-sisa tumbuhan di kolam, danau, atau aliran air. Mereka hidup sebagai pengurai dan berkoloni. Walaupun begitu, ada juga yang hidup pada sisik atau insang ikan yang terluka sebagai parasit. Contoh anggota Oomycotina adalah *Saprolegnia*, dan *Phytophthora infestans*. Selain bersifat parasit, jamur air juga bersifat patogen (dapat menimbulkan penyakit), seperti menyebabkan pembusukan kayu pada kentang dan tomat.



Gambar 4.19 *Saprolegnia*

Jamur air dapat bereproduksi secara seksual atau aseksual. Secara aseksual, jamur air menghasilkan sporangium di ujung hifa. Di dalam sporangium tersebut, dihasilkan spora yang berflagella yang disebut zoospora. Ketika zoospora matang dan jatuh di tempat yang sesuai, maka akan berkecambah dan tumbuh menjadi mycelium baru. Adapun reproduksi secara seksual terjadi melalui penyatuan gamet jantan dan gamet betina. Gamet jantan dihasilkan oleh antheridium dan gamet betina dihasilkan dari oogonium. Penggabungan gamet jantan dan gamet betina menghasilkan zigot diploid. Zigot ini nantinya akan berkembang menjadi spora, yang berdinding tebal. Saat spora berkecambah, akan dihasilkan mycelium baru. Cara reproduksi ini dapat kalian lihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 Daur hidup jamur air (Oomycotina)

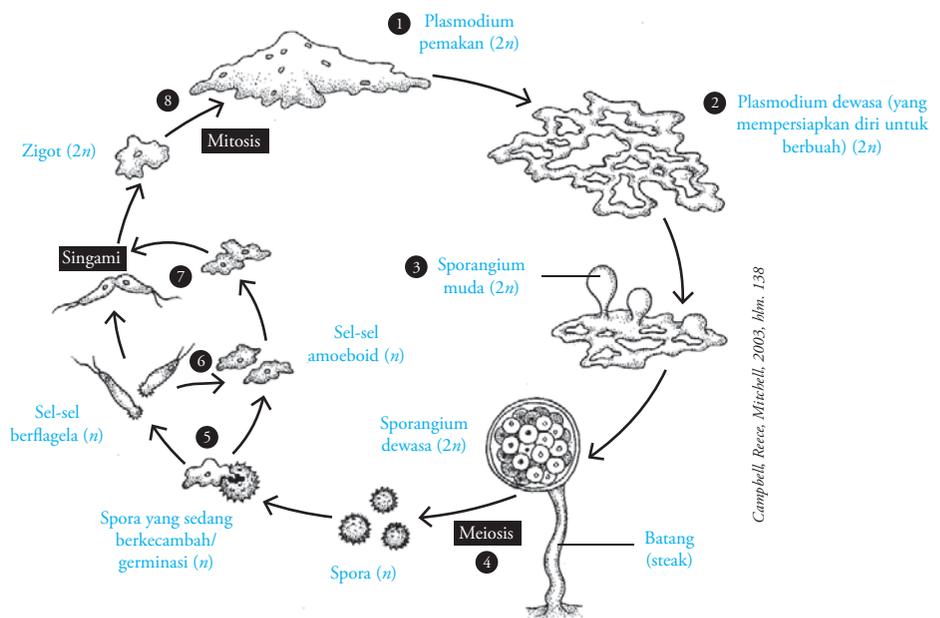
Campbell, Reece, Mitchell, 2003, hlm. 142

b. Jamur Lendir (Myxomycotina)

Pada umumnya, jamur lendir berwarna (berpigmen) kuning atau orange, walaupun ada sebagian yang berwarna terang. Jamur ini bersifat heterotrof dan hidup secara bebas. Tahapan memperoleh makan dalam

siklus hidup jamur lendir merupakan suatu massa ameboid yang disebut **plasmodium**. Plasmodium ini dapat tumbuh besar hingga diameternya mencapai beberapa sentimeter. Walaupun berukuran besar, plasmodium bukan multiseluler. Plasmodium merupakan massa tunggal sitoplasma yang mengandung banyak inti sel. Plasmodium menelan makanan melalui fagositosis. Mereka melakukan ini sambil menjulurkan pseudopodia melalui tanah yang lembab, daun-daunan, atau kayu yang membusuk. Jika habitat jamur lendir mulai mengering atau tidak ada makanan yang tersisa, plasmodium akan berhenti tumbuh dan berdiferensiasi menjadi tahapan siklus hidup yang berfungsi dalam tahapan reproduksi seksual. Contoh jamur lendir adalah jenis *Dyctystelum discridium*.

Daur hidup jamur lendir selengkapnya dapat kalian pelajari dari Gambar 4.21.



Gambar 4.21 Daur hidup jamur lendir (Myxomycotina)

Nah, supaya kalian lebih memahami ciri-ciri umum dan klasifikasi Protista, kerjakanlah *Uji Kompetensi* berikut ini.

UJI KOMPETENSI

Jawablah soal-soal berikut dengan tepat.

1. Sebutkan ciri-ciri umum Protista.
2. Mengapa ganggang dikatakan sebagai Protista yang menyerupai tumbuhan?
3. Sebutkan empat Filum Protozoa beserta alat geraknya.

4. Mengapa jamur lendir dan jamur air tidak dimasukkan ke dalam Kingdom Fungi?
5. Jelaskan mekanisme konjugasi pada *Spirogyra*.

C. Peranan Protista dalam Kehidupan

Pernahkah kalian menikmati lezatnya es krim, agar-agar, dan es rumput laut? Jenis makanan tersebut merupakan contoh produk hasil olahan dari Protista. Selain bersifat menguntungkan, beberapa anggota Protista bersifat parasit pada hewan dan manusia yang dapat menimbulkan penyakit.

Berikut ini akan diuraikan contoh-contoh Protista yang bersifat menguntungkan dan merugikan.

1. Protista yang Bersifat Menguntungkan

Minyak bumi merupakan salah satu sumber daya alam yang memerlukan penghematan dalam penggunaannya. Keberadaan minyak bumi dalam suatu lapisan batuan dapat dideteksi dengan ditemukannya *Foraminifera*. Sedangkan *Radiolaria* di dasar perairan akan membentuk tanah radiolarian. Tanah ini mengandung zat kersik yang dapat digunakan sebagai bahan penggosok. *Entamoeba coli* hidup dalam usus besar manusia dan membantu proses pembusukan sisa-sisa makanan dan mensintesis vitamin K.

Ganggang merupakan anggota Protista yang memberikan kontribusi, baik dalam penyediaan energi jaring-jaring makanan maupun dalam bidang industri. Pada ekosistem perairan, ganggang bertindak sebagai fitoplankton yang dapat menghasilkan energi bagi organisme heterotrof karena kemampuannya untuk melakukan fotosintesis. Sedangkan dalam bidang industri, ganggang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam industri es krim, agar-agar, kosmetik, bahan pembuatan dinamit, dan sebagai bahan penggosok.

Dinding sel ganggang coklat (Phaeophyta) mengandung asam alginat yang dapat dimanfaatkan sebagai pengemulsi dalam industri es krim, sebagai obat-obatan, dan cat. *Laminaria lavaniea* mengandung kalsium, dapat dimanfaatkan sebagai pupuk pertanian dan makanan ternak. Sedangkan *Laminaria digitalis* dapat dimanfaatkan sebagai penghasil yodium, untuk obat penyakit gondok.

Ganggang merah (Rhodophyta) dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam es, bahan kosmetika, bahan pembuatan agar-agar dan sebagai pematat media pertumbuhan bakteri. Contoh spesies yang sering dimanfaatkan antara lain *Gracilaria* sp., *Gellidium* sp., dan *Euचेuma spinosum*.

Ulva, *Caulerpa* dan *Enteromorpha* dapat dijadikan sebagai sumber makanan berupa sayur, sedangkan *Chlorella* dapat dijadikan sebagai sumber makanan alternatif bergizi tinggi.

Tanah diatom merupakan deposit silika dari cangkang ganggang keemasan (Chrysophyta). Bahan ini dapat digunakan sebagai agen penyaring untuk menjernihkan cairan, sebagai ampelas, dan penggosok perak. Tanah diatom juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan isolasi, bahan pembuat dinamit, bahan pembuat saringan, dan bahan pasta gigi.



Dok. PIM



50,000 Photo Art

Gambar 4.22 Produk industri hasil olahan Protista

GALERI

Chlorella Sebagai Sumber Makanan Alternatif Bergizi Tinggi

Ganggang hijau *Chlorella*, terutama dari jenis *Chlorella vulgaris* mengandung klorofil yang dapat mencapai 2-3% dari beratnya. *Chlorella* juga mengandung protein dengan kadar 55-60%, Vitamin C, Vitamin E, Kalsium, Kalium dan Magnesium. Kandungan klorofil dan nutrisi pada *Chlorella* inilah yang bermanfaat bagi kesehatan bila dikonsumsi.

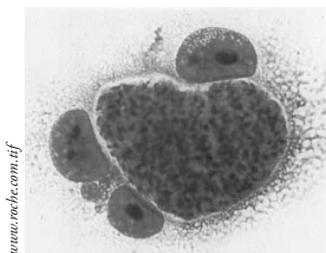
2. Protista yang Bersifat Merugikan

Beberapa anggota Protozoa yang bersifat parasit sering menyebabkan penyakit pada manusia dan hewan. Misalnya *Entamoeba ginggivalis* merupakan Rhizopoda parasit dalam tubuh manusia. *Entamoeba ginggivalis* menyebabkan kerusakan gigi dan gusi (penyakit ginggivitis), sedangkan *Entamoeba histolytica* menyebabkan desentri.

Beberapa jenis *Trypanosoma* juga menyebabkan penyakit pada hewan dan manusia. Organisme tersebut antara lain *Trypanosoma gambiense* dan *Trypanosoma rhodesiense*, menyebabkan penyakit tidur pada manusia di benua Afrika. Hospes perantara *Trypanosoma gambiense* adalah lalat Tse tse jenis *Glossina palpalis*, sedangkan hospes perantara *Trypanosoma rhodesiense* adalah lalat Tse tse jenis *Glossina morsitans*. *Trypanosoma evansi* menyebabkan penyakit surra (malas) pada hewan ternak. Hospes perantaranya adalah lalat Tabanus. Contoh yang lain adalah *Trychomonas vaginalis*, menyebabkan penyakit pada alat kelamin wanita (keputihan) dan juga pada saluran kelamin pria. *Trypanosoma cruzi*, menyebabkan penyakit chagas (anemia) pada anak-anak. *Trypanosoma brucei*, menyebabkan penyakit nagana pada hewan ternak. *Leishmania donovani*, menyebabkan penyakit kala azar (leishmaniasis) pada manusia. Penyakit ini ditandai dengan gejala hati dan limpa membesar, serta demam yang berkepanjangan. Hospes perantaranya adalah nyamuk *Phlebotomus*.

Anggota Sporozoa yang sering menyebabkan penyakit adalah *Plasmodium* dan *Toxoplasma*. *Plasmodium* menyebabkan penyakit malaria, sedangkan *Toxoplasma* dapat menyebabkan penyakit toxoplasmosis yang menyerang manusia, kucing, babi, dan kambing. Toxoplasmosis dapat menyebabkan radang pada hati, paru-paru, otot, saraf pusat, dan keguguran. *Toxoplasma* masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan atau minuman yang tercemar kista *Toxoplasma* dan tidak dimasak secara sempurna dan dapat hidup bertahun-tahun dalam tubuh manusia.

Protista menyerupai jamur yang sering menimbulkan masalah antara lain *Saprolegnia* yang bersifat parasit pada sisik dan insang ikan yang terluka dan *Phytophthora infestans* yang menyebabkan penyakit *late blight* pada kentang.



Gambar 4.23 *Toxoplasma gondii*

DISKUSI

Telah dikemukakan bahwa beberapa jenis Protozoa dapat menyebabkan penyakit pada manusia. Nah, coba diskusikan dengan teman satu meja kalian, langkah-langkah apa sajakah yang bisa kalian lakukan dalam kehidupan sehari-hari untuk menghindari terjangkitnya penyakit yang disebabkan oleh Protozoa.

UJI KOMPETENSI

Jawablah soal-soal berikut dengan tepat.

1. Jelaskan mengapa *Radiolaria* dapat dijadikan sebagai bahan penggosok.
2. Jelaskan mengapa ganggang disebut sebagai dasar dalam penyediaan energi jaring-jaring makanan.
3. Sebutkan beberapa spesies ganggang yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan konsumsi.
4. Sebutkan beberapa jenis *Trypanosoma* yang dapat menimbulkan penyakit beserta jenis penyakit yang ditimbulkannya.
5. Bagaimana cara pencegahan masuknya *Toxoplasma* ke dalam tubuh manusia?

I K H T I S A R

1. Ciri-ciri Protista yaitu makhluk hidup bersel satu atau bersel banyak, ada yang menyerupai jamur, ada yang menyerupai hewan, dan juga ada yang menyerupai tumbuhan.
2. Anggota Protista yang menyerupai jamur yaitu jamur air (Oomycotina) dan jamur lendir (Mixomycotina).
3. Anggota Protista yang menyerupai hewan adalah anggota Protozoa.
4. Anggota Protista yang menyerupai tumbuhan adalah bermacam-macam ganggang yang terbagi dalam 6 Filum, yaitu Pyrhophyta, Euglenophyta, Phaeophyta, Chrysophyta, Ahodophyta, Chlorophyta.
5. Filum Protozoa dibedakan menjadi 4 kelompok yaitu Rhizopoda (Sarcodina), Ciliata (Cilophora atau infusoria), Flagellata (Mastigophora), dan Sporozoa (Apicomplexa).
6. Ciri Rhizopoda antara lain tubuh uniseluler, bentuk tidak tetap, mempunyai sitoplasma, cara hidup bebas dan parasit, bereproduksi secara aseksual (pembelahan biner), dan mempunyai kemampuan adaptasi yang tinggi.
7. Ciri Cilliata antara lain tubuh uniseluler, bentuk tetap, mempunyai sitostoma, memiliki 2 inti sel, bereproduksi secara vegetatif dan generatif, memiliki trikosis yang berfungsi sebagai alat pertahanan diri.
8. Ciri Flagellata antara lain uniseluler, bentuk (bulat, oval, lonjong), mempunyai alat gerak berupa flagella, habitat kosmopolit, cara hidup (soliter, berkoloni, dan melakukan simbiosis), cara reproduksi secara vegetatif (membelah diri).
9. Ciri Sporozoa antara lain uniseluler, bentuk tubuh bervariasi dalam siklus hidupnya, tidak memiliki alat gerak, cara bereproduksi aseksual dengan cara pembelahan biner, seksual dengan pembentukan gamet.
10. Peran Protozoa dalam kehidupan yang menguntungkan antara lain sebagai bahan penggosok, petunjuk adanya minyak bumi, membantu proses pembusukan sisa makanan dalam usus. Sedangkan peran yang merugikan antara lain sebagai penyebab penyakit, seperti malaria.
11. Protista yang memiliki nilai ekonomi tinggi antara lain *Chlorella*, *Ulva*, *Eucheuma spinosum*, *Gracilaria*, *Foraminifera*, *Radiolaria*, dan Diatom.
12. Protista yang sering menimbulkan penyakit antara lain *Trypanosoma*, *Plasmodium*, dan *Toxoplasma*.

Anteridium Tempat pembentukan gamet jantan atau spermatozoa

Epitaka Dinding sel bagian atas (tutup) pada diatom

Fitoplankton Plankton yang terapung dipermukaan air dan mampu berfotosintesis

Flagella Bulu cambuk

Hipoteka Dinding sel bagian bawah/bagian kotak pada diatom

Kista Bentuk tidak aktif pada Protozoa tertentu untuk mempertahankan diri dari kondisi yang tidak menguntungkan (seperti kekeringan)

Kloroplas Organel yang mengandung pigmen untuk fotosintesis

Laminarin Cadangan makanan pada ganggang coklat

Pirenoid Struktur pada kloroplas ganggang yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan

Pseudopodia Kaki semu pada Rhizopoda sebagai hasil penjurusan sitoplasma

Silia Rambut getar yang berfungsi sebagai alat gerak

Vakuola kontraktil Vakuola yang berfungsi untuk mengeluarkan cairan/ sisa metabolisme

Vakuola makanan Vakuola yang berfungsi untuk mencerna makanan

Zigospora Spora yang dibentuk oleh zigot pada ganggang

Zigot Sel hasil peleburan gamet yang berbeda jenis

Zooflagellata Flagellata yang tidak berklorofil

Zoospora Spora berflagel (spora kembar) yang dihasilkan pada reproduksi aseksual dan seksual

ULANGAN HARIAN

A Pilihlah jawaban yang paling tepat.

- Protozoa memiliki ciri berikut, **kecuali**
 - bersifat eukariotik
 - memiliki dinding sel
 - dapat bergerak
 - bersifat parasit
 - heterotrof
- Rhizopoda yang menyebabkan penyakit desentri adalah
 - Entamoeba histolytica*
 - Balantidium coli*
 - Amoeba proteus*
 - Paramexium caudatum*
 - Trypanosoma*
- Pernyataan berikut yang tidak tepat mengenai sporozoa adalah
 - anggotanya antara lain penyebab penyakit malaria
 - hidup bebas di alam
 - tidak memiliki alat gerak
 - inti memiliki membran inti sel
 - melakukan pembelahan biner
- Plasmodium masuk ke dalam tubuh manusia melalui gigitan nyamuk *Anopheles* betina, dalam bentuk
 - ookinet
 - ookiste
 - sporozoit

- d. merozoit
e. trophozoit
5. Yang bertindak sebagai osmoregulator pada Protozoa ialah
a. plasma gel
b. plasma sol
c. plasmodesma
d. vakuola kontraktil
e. vakuola non kontraktil
6. Di antara Flagellata berikut yang menyebabkan penyakit surra pada ternak melalui vektor lalat tabanus ialah
a. *Trypanosoma equiperdum*
b. *Trypanosoma lewisi*
c. *Trypanosoma gambiense*
d. *Trypanosoma rhodesiense*
e. *Trypanosoma evansi*
7. Panas tubuh penderita penyakit malaria meningkat bila
a. Plasmodium membentuk makrogamet
b. Plasmodium membentuk zigot
c. Penderita digigit nyamuk
d. Plasmodium menginfeksi eritrosit
e. Sel-sel darah merah pecah
8. Tindakan preventif terhadap penyakit malaria adalah sebagai berikut, **kecuali**
a. tidur memakai kelambu
b. membersihkan selokan, supaya air tidak menggenang
c. memberantas jentik-jentik yang ada di air
d. membiarkan jentik-jentik berbiak di air
e. menyemprot nyamuk dengan DDT
9. Golongan ganggang yang dapat menghasilkan asam alginat adalah ganggang
a. coklat
b. merah
c. hijau biru
d. hijau
e. keemasan
10. Ganggang mempunyai khloroplas yang berisi pirenoid, yang berfungsi sebagai
a. alat reproduksi
b. zat pigmen (pemberi warna)
c. pusat pembentukan protein dan lemak
d. pusat pembentukan energi
e. pusat penyimpanan amilum atau cadangan makanan
11. Jenis ganggang yang bermanfaat dalam industri makanan adalah
a. *Anabaena* dan *Chlorella*
b. *Euchema* dan *Chlorella*
c. *Nostoc* dan *Anabaena*
d. *Euglena* dan *Turbinaria*
e. *Navicula* dan *Gracilaria*
12. Salah satu produk dari ganggang keemasan adalah
a. tanah diatom
b. asam alginat
c. gelatin
d. pupuk
e. bahan untuk sayur
13. Salah satu ciri ganggang hijau yang membedakannya dengan ganggang yang lain adalah
a. mampu berfotosintesis
b. berkembang biak dengan konjugasi
c. mempunyai pigmen dominan berupa khlorofil
d. memiliki pirenoid untuk menyimpan amilum
e. habitatnya yang kosmopolit
14. Protozoa dikatakan sebagai Protista mirip hewan, karena
a. tubuhnya telah terdiferensiasi jelas dan bergerak aktif
b. proses perkembangbiakannya membentuk embrio dan heterotrof
c. bergerak aktif dan proses perkembangbiakannya terbentuk embrio
d. heterotrof dan tubuhnya telah terdiferensiasi
e. heterotrof dan bergerak aktif
15. Anggota kelompok algae yang sering digunakan sebagai bahan kosmetika termasuk dalam Filum
a. Euglenophyta
b. Dinoflagellata
c. Basillariophyta

- d. Chlorophyta
 - e. Rhodophyta
16. Ditinjau dari cara memperoleh makanannya, Protozoa diklasifikasikan sebagai
 - a. autotrof
 - b. heterotrof
 - c. kemoautotrof
 - d. fotoautotrof
 - e. fotokemoautotrof
 17. Protista yang dianggap sebagai nenek moyang tumbuhan adalah
 - a. Protozoa
 - b. Algae
 - c. Chlorophyta
 - d. Rhodophyta
 - e. Phaeophyta
 18. Protozoa diklassifikasikan berdasarkan
 - a. bentuk tubuh
 - b. ukuran tubuh
 - c. alat gerak
 - d. warna pigmen
 - e. cara reproduksi
 19. Berikut ini yang dapat membentuk massa sel amoeboid adalah
 - a. *Amoeba*
 - b. Jamur air
 - c. Jamur lendir
 - d. *Paramecium*
 - e. *Euglena*
 20. *Spirogyra* berkembang biak secara vegetatif dengan cara
 - a. fragmentasi
 - b. konjugasi
 - c. zoospora
 - d. pembelahan biner
 - e. oogami

B

Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.

1. Kelompok manakah dari Protista yang menyerupai jamur yang merupakan jenis parasit?
2. Jelaskan perbedaan antara Mastigophora, Ciliata, Flagellata, dan Sporozoa. Masing-masing dengan contohnya.
3. Bagaimana cara pemberantasan penyakit malaria?
4. Jelaskan manfaat algae bagi kehidupan manusia.
5. Mengapa *Euglena* yang dapat bergerak dan berfotosintesis digolongkan ke dalam Protista mirip tumbuhan? Jelaskan.
6. Dasar apakah yang digunakan untuk menggolongkan ganggang ke dalam 6 Filum?
7. Sebutkan pigmen yang mendominasi pada ganggang merah, hijau, merah, dan keemasan
8. Mengapa Protozoa dikatakan sebagai Protista yang menyerupai hewan?
9. Jelaskan cara reproduksi secara konjugasi pada *Spirogyra*.
10. Sebutkan persamaan ciri antara jamur lendir dan jamur air.

B a b V

Kingdom Fungi dan Peranannya dalam Kehidupan



www.frenaturepictures.com

Mungkin kalian pernah mengamati halaman rumah, kebun, atau tempat-tempat lain yang lembab dan teduh pada saat musim hujan. Di sana dapat kalian temukan suatu organisme seperti tumbuhan kecil, berwarna putih, dan berbentuk payung. Organisme tersebut adalah jamur atau cendawan, yang merupakan anggota Kingdom Fungi (Dunia Jamur). Lantas, apa sebenarnya jamur itu? Apa saja yang bisa disebut jamur dan bagaimana cara hidupnya? Termasuk tumbuhan atau bukan? Mari pelajari bersama.

KATAKUNCI

- Jamur atau fungi
- Hifa
- Uniseluler
- Multiseluler
- Parasit
- Saprofit
- Spora
- Seksual
- Aseksual

KILAS

Pada bab terdahulu yang membahas organisme prokariotik, kalian telah memahami bahwa sebagian besar anggotanya hidup sebagai koloni. Seperti halnya organisme prokariotik, beberapa anggota Kingdom Fungi juga membentuk koloni.

Pada bab ini kalian akan mempelajari salah satu kelompok makhluk hidup, yaitu Kingdom Fungi atau Dunia Jamur. Kalian akan mendapat informasi tentang klasifikasi fungi atas dasar tertentu, mengumpulkan data contoh peran jamur bagi kehidupan, dan membuat laporan tertulis hasil pengamatan (observasi) jenis-jenis jamur. Kalian juga akan membandingkan jamur dengan tumbuhan tingkat tinggi dan melakukan uji coba fermentasi bahan makanan dengan jamur.

Setelah mempelajari bab ini, diharapkan kalian dapat mendeskripsikan ciri-ciri anggota Kingdom Fungi dan menjelaskan cara reproduksinya. Selain itu, kalian juga diharapkan dapat menjelaskan peranan jamur dalam kehidupan, melakukan pengamatan atau percobaan tentang jamur, dan membuat laporannya secara tertulis.

A. Ciri-Ciri Jamur

Kata jamur atau fungi mungkin akan selalu kita maknai sebagai cendawan, yaitu organisme yang pendek, seperti serbuk atau spons, tubuhnya berwarna-warni, dan tumbuh di atas tanah seperti tumbuhan. Meskipun cendawan adalah organisme yang umum kita sebut sebagai jamur (jamur yang sebenarnya), dan sebagian besar jamur tersebut terlihat hidup di atas tanah, tetapi kata fungi memiliki makna yang lebih luas. **Fungi** atau **jamur** didefinisikan sebagai kelompok organisme eukariotik, tidak berpindah tempat (*nonmotile*), bersifat uniselular atau multiselular, memiliki dinding sel dari glukukan, mannan, dan kitin, tidak berklorofil, memperoleh nutrisi dengan menyerap senyawa organik, serta berkembang biak secara seksual dan aseksual.

Di alam ada sekitar 100.000 jenis jamur yang sudah dikenal dan lebih dari 1.000 jenis baru yang berhasil dideskripsikan oleh para ahli setiap tahunnya. Bahkan mungkin masih ada sekitar 200.000 jenis lain yang sampai saat ini belum ditemukan atau dideskripsikan. Sementara itu, kegiatan manusia dalam mengeksploitasi alam berpeluang mengancam keberlangsungan hidup organisme tersebut. Perusakan hutan hujan tropis yang hampir terjadi setiap hari atau perusakan habitat jamur yang lain tidak diragukan lagi berpotensi membawa jenis-jenis organisme berspora tersebut kepada kepunahan, bahkan sebelum mereka sempat ditemukan dan dipelajari oleh para ahli.

Jamur atau fungi memiliki beberapa sifat umum, yaitu hidup di tempat-tempat yang lembab, sedikit asam, dan tidak begitu memerlukan cahaya matahari. Jamur tidak berfotosintesis, sehingga hidupnya bersifat **heterotrof**. Jamur hidup dari senyawa-senyawa organik yang diabsorpsi dari organisme lain.

Jamur yang prinsip nutrisinya adalah heterotrof menyebabkannya memiliki kemampuan hidup sebagai pemakan sampah (saprofit) maupun sebagai penumpang yang mencuri makanan dari inangnya (parasit). **Jamur saprofit** adalah jamur yang makanannya berupa senyawa organik yang telah diuraikan. Jamur ini memiliki enzim-enzim tertentu yang dapat merombak senyawa-senyawa organik. Biasanya jamur

ini hidup dibagian organisme yang telah mati, misalnya pada serasah atau batang kayu yang telah lapuk. Contohnya dapat kalian lihat pada Gambar 5.1. Sedangkan **jamur parasit** adalah jamur yang menyerap makanan dari organisme yang ditumpanginya. Sifat parasit ini masih dapat dibedakan lagi menjadi parasit obligat dan parasit fakultatif.

Jamur **parasit obligat** adalah jamur yang hanya bisa hidup sebagai parasit. Bila ia berada di luar inangnya, maka ia akan mati. Contohnya adalah *Pneumonia carinii* (parasit pada paru-paru penderita AIDS), *Epidermophyton floocosum* (penyebab penyakit kaki atlet), dan *Ustilago maydis* (jamur parasit pada tanaman jagung). Perhatikan Gambar 5.2. Sedangkan jamur parasit fakultatif adalah jamur yang di samping hidup parasit, ia juga bisa hidup sebagai saprofit. Jamur tersebut akan bersifat parasit ketika mendapatkan hospes.

Jamur memiliki kemampuan hidup yang sangat mengesankan. Jamur juga dapat hidup pada suhu sekitar 22°C – 30°C. Bahkan ada beberapa jenis jamur yang dapat tumbuh dengan subur pada temperatur sekitar -5°C. Jamur juga dapat hidup pada tempat yang mengandung gula atau garam. Dan sifat umum lainnya adalah jamur mampu memanfaatkan berbagai bahan makanan untuk memenuhi keperluan hidupnya, tetapi tidak dapat menggunakan senyawa karbon anorganik, seperti halnya bakteri.

Pada rubrik *Telisik* berikut kalian akan mendapat tugas untuk menambah pengetahuan kalian tentang jamur.



www.abdn.ac.uk

Gambar 5.1 Jamur saprofit yang tumbuh pada serasah di lantai hutan



www.sweetcorn.tiic.edu

Gambar 5.2 *Ustilago maydis*, parasit pada tanaman jagung.

TELISIK

Carilah informasi mengenai pengertian dan beberapa contoh jamur. Lengkapilah contoh-contoh tersebut dengan foto atau gambar serta deskripsinya. Kalian bisa mengambilnya dari majalah, artikel, maupun internet. Setelah itu, susunlah informasi tersebut dalam bentuk tabel. Kemudian kumpulkan tugas tersebut dan diskusikan bersama guru di dalam kelas.

Nah, setelah kalian memahami sifat-sifat umum jamur, sekarang kita akan mulai membahas sifat-sifat yang lebih khusus, yang disebut **ciri-ciri jamur**. Ciri-ciri jamur yang akan kita bahas meliputi struktur tubuh jamur, cara hidup dan habitatnya, cara mendapatkan makanan, dan cara reproduksinya. Untuk itu marilah kita pelajari uraian berikut.

1. Struktur Tubuh Jamur

Dilihat dari struktur tubuhnya, jamur memiliki ciri-ciri yang berguna untuk mengenal apakah suatu organisme merupakan jamur atau bukan. Organisme yang termasuk jamur bisa terdiri atas satu sel maupun terdiri atas banyak sel. Jamur yang **bersel tunggal (uniseluler)**, misalnya adalah ragi (*Saccharomyces cerevisiae*). Sedangkan jamur yang tubuhnya **bersel banyak (multiseluler)** bisa berupa jamur mikroskopis maupun jamur makroskopis. Jamur mikroskopis adalah jamur yang hanya bisa dilihat dengan mikroskop, karena memiliki ukuran

Amanita virosa
'the destroying angel'



Jamur ini memiliki penampilan yang sangat elegan. Warna tubuhnya putih, bersih, dan sangat cantik, apalagi hidupnya di tengah hutan yang lebat. Penampilannya yang menarik, mampu menipu siapa yang melihatnya. Semua akan mengira bila jamur ini dimakan, pasti lezat rasanya. Tetapi di balik kecantikan tersebut, ternyata jamur ini sangat beracun dan mematikan. Karenanya jamur ini sering juga disebut sebagai 'sang bidadari penghancur'.

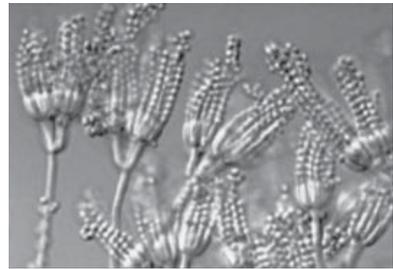
www.bostonmycologicalclub.org

tubuh yang sangat kecil. Contoh jamur mikroskopis multiseluler adalah *Aspergillus sp.* dan *Penicillium sp.* Jamur multiseluler juga ada yang bersifat makroskopis, mudah diamati dengan mata telanjang, yang berukuran besar. Contoh jamur makroskopis adalah jamur merang (*Volvariella volvacea*) dan jamur kuping (*Auricularia polytricha*).

Jamur merupakan organisme eukariotik (*eu*: sejati dan *cariyon*: inti), yaitu organisme yang inti selnya memiliki selaput inti atau **karioteka** yang lengkap. Di dalam sel jamur terdapat sitoplasma dan nukleus yang kecil. Perhatikan Gambar 5.3, 5.4, 5.5, dan 5.6.



Gambar 5.3 *Saccharomyces cerevisiae*, jamur mikroskopis uniseluler



Gambar 5.4 *Penicillium sp.*, jamur mikroskopis uniseluler



Gambar 5.5 Jamur kuping (*Auricularia polytricha*)



Gambar 5.6 Jamur merang (*Volvariella volvacea*)

Jamur memiliki bentuk tubuh bervariasi, ada yang bulat, bulat telur, maupun memanjang. Pada jamur bersel banyak (multiseluler) banyak terdapat deretan sel yang membentuk benang, disebut **hifa**. Pada jamur yang sifat hidupnya parasit, hifa mengalami modifikasi, disebut haustoria. **Haustoria** merupakan organ untuk menyerap makanan dari substrat tempat hidup jamur, dan organ ini memiliki kemampuan untuk menembus jaringan substrat. Beberapa jaringan hifa akan membentuk miselium. **Miselium** merupakan tempat pembentukan spora dan juga sebagai alat reproduksi serta alat untuk mendapatkan makanan. Hifa juga bisa membentuk struktur yang disebut badan buah. **Badan buah** merupakan kumpulan hifa yang muncul dari dalam tanah atau kayu yang lapuk. Badan buah dijumpai pada kelompok jamur tertentu.

Berdasarkan ada tidaknya sekat atau septa dikenal adanya hifa aseptat, hifa septat uninukleus, dan hifa septat multinukleus. Beberapa jenis jamur memiliki hifa yang tidak bersekat. Didalam hifa tersebut terdapat banyak intisel (multinukleus) yang menyebar didalam sito-

plasmanya. Bentuk hifa yang demikian disebut **soenositik**. Perhatikan Gambar 5.7. Hifa jamur bercabang-cabang membentuk miselium. Kita mengenal ada 2 macam miselium, yaitu miselium vegetatif (berfungsi sebagai alat penyerap makanan) dan miselium generatif (berfungsi sebagai alat reproduksi).

- a) **Hifa aseptat atau hifa tidak bersepta**
 yaitu hifa yang tidak mempunyai sekat atau **septum**. Istilah lain dari hifa tipe ini adalah soenositik. Hifa tersebut dapat dijumpai misalnya pada *Rhizopus oryzae* dan *Mucor mucedo*.
- b) **Hifa septat uninukleus atau hifa bersepta berinti tunggal**
 yaitu hifa yang disusun oleh sel-sel berinti tunggal dan memiliki sekat yang membagi hifa menjadi ruang-ruang, dan setiap ruang memiliki satu inti sel. Meskipun demikian, inti sel dan sitoplasma dari ruang yang satu dapat berpindah ke ruang lainnya. Hal ini dimungkinkan oleh adanya pori pada sekat-sekat tersebut. Hifa tipe ini dapat dijumpai misalnya pada *Puccinia graminis*.
- c) **Hifa septat multinukleus atau hifa bersepta berinti banyak**
 yaitu hifa yang disusun oleh sel-sel berinti banyak dan memiliki sekat yang membagi hifa menjadi ruang-ruang, dan setiap ruang memiliki inti sel lebih dari satu. *Nectria cinnabarina* merupakan contoh jamur yang memiliki tipe hifa seperti ini.

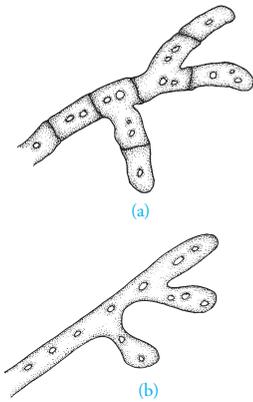
2. Cara Hidup dan Habitat jamur

Cara hidup jamur bervariasi, ada yang hidup secara soliter dan ada yang hidup berkelompok (membentuk koloni). Pada umumnya jamur hidup secara berkelompok atau berkoloni, karena hifa dari jamur tersebut saling bersambungan atau berhubungan. Cara hidup ini dijumpai misalnya pada jamur tempe (*Rhizopus oryzae*), jamur roti (*Mucor mucedo*), dan *Aspergillus flavus*. Jadi, kalau kalian melihat jamur-jamur tersebut yang nampak adalah koloninya, sedangkan individu yang menyusunnya berukuran sangat kecil. Perhatikan Gambar 5.8.

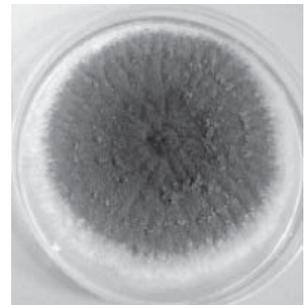
Habitat jamur juga bermacam-macam. Berbagai jamur hidup di tempat-tempat yang basah, lembab, di sampah, pada sisa-sisa organisme, atau di dalam tubuh organisme lain. Bahkan banyak pula jenis-jenis jamur yang hidup pada organisme atau sisa-sisa organisme di laut atau air tawar. Jamur juga dapat hidup di lingkungan asam, misalnya pada buah yang asam, atau pada lingkungan dengan konsentrasi gula yang tinggi, misalnya pada selai. Bahkan, jamur yang hidup bersimbiosis dengan ganggang (lumut kerak), dapat hidup di habitat ekstrim dimana organisme lain sulit untuk bertahan hidup, seperti di daerah gurun, gunung salju, dan di kutub. Jenis jamur lainnya juga dijumpai hidup pada tubuh organisme lain, baik secara parasit maupun simbiosis.

3. Cara Memperoleh Makanan

Jamur bersifat heterotrof, artinya tidak dapat menyusun atau mensintesis makanan sendiri. Jamur tidak memiliki klorofil, sehingga



Gambar 5.7 (a) Hifa bersekat dan (b) hifa tidak bersekat



Gambar 5.8 Koloni *Aspergillus flavus* dalam cawan petri



Kwan, Lam, 2000, hlm. 259

Gambar 5.9 Jamur payung, merupakan jamur yang bersifat saprofit

tidak bisa berfotosintesis. Jamur hidup dengan memperoleh makanan dari organisme lain atau dari materi organik yang sudah mati. Untuk memenuhi kebutuhan makanannya, jamur dapat hidup secara saprofit, parasit, dan simbiotik.

Kebanyakan jamur adalah bersifat **saprofit**. Jamur tersebut memperoleh makanannya dari materi organik yang sudah mati atau sampah. Untuk memperoleh makannya, hifa jamur mengeluarkan enzim pencernaan, yang dapat merombak materi organik, menjadi materi yang sederhana (anorganik) sehingga mudah diserap oleh jamur. Jamur payung (Gambar 5.9), jamur ragi (*Saccharomyces cerevisiae*), dan jamur tempe (*Rhizopus oryzae*) termasuk dalam kelompok jamur ini.

Beberapa jenis jamur, ada yang mendapatkan makanannya langsung dari tubuh inangnya. Jamur tersebut hidup sebagai parasit yang menyerang tumbuhan, biasanya mempunyai hifa khusus, yang disebut haustoria. Bentuk hifa tersebut dapat menembus sel inang dan menyerap zat makanan yang dihasilkan inang. Jamur parasit tersebut sering menimbulkan penyakit pada tanaman, sehingga di bidang pertanian menyebabkan penurunan hasil panen. Pada manusia, jamur juga menyebabkan penyakit, misalnya penyakit kaki atlet (*athlete's foot*) dan penyakit panu. Lihat Gambar 5.10.

Beberapa jenis jamur ada yang membentuk hubungan simbiosis mutualisme dengan akar tumbuhan. Dalam hal ini, jamur menyediakan materi organik bagi tumbuhan dan sebaliknya, jamur memperoleh materi organik dari tumbuhan. Selain itu beberapa jenis jamur ada juga yang bersimbiosis dengan ganggang hijau (*Chlorophyta*) atau ganggang hijau-biru (*Cyanobacteria*) membentuk **lumut kerak** atau **Lichens**. Perhatikan Gambar 5.11.



Dok. PIM

Gambar 5.10 Jamur panu, parasit pada manusia



www.uco-bio.jp

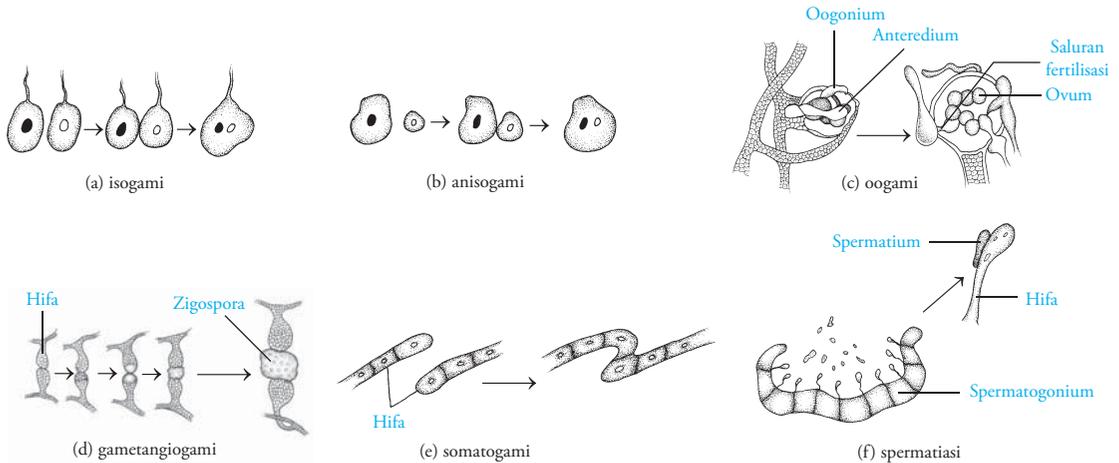
Gambar 5.11 *Usnea* sp., salah satu jenis lumut kerak

4. Cara Reproduksi Jamur

Cara reproduksi jamur sangat bervariasi. Meskipun demikian, reproduksi jamur umumnya terjadi dalam 2 cara, yaitu secara seksual (perkembangbiakan generatif) dan secara aseksual (perkembangbiakan vegetatif).

Perkembangbiakan jamur **secara generatif** adalah perkembangbiakan yang diawali dengan peleburan gamet (sel-sel kelamin), yang didahului dengan penyatuan 2 hifa yang berbeda, yang disebut

konjugasi. Berdasarkan gametnya, proses ini dapat dikelompokkan sebagai isogami, anisogami, oogami, gametangiogami, somatogami, dan spermatisasi. Perhatikanlah Gambar 5.12.

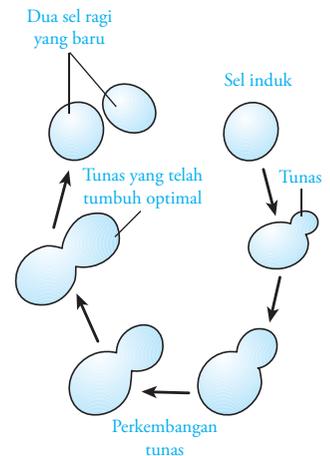


Gambar 5.12 Bentuk-bentuk perkembangbiakan generatif jamur

Isogami yaitu peleburan 2 gamet yang sama bentuk dan ukurannya, bila gamet-gamet tersebut tidak sama ukurannya disebut **anisogami**. Apabila peleburan 2 gamet tersebut yang berbeda adalah bentuk dan ukurannya, maka disebut **oogami**. Pada oogami, ovum yang dihasilkan dalam oogonium dibuahi oleh spermatozoid yang dibentuk dalam anteridium. Sedangkan yang disebut dengan **gametangiogami** adalah bila peleburan isi 2 gametangium yang berbeda jenisnya tersebut menghasilkan zigospora.

Pada **somatogami**, yang terjadi yaitu peleburan 2 sel hifa. Dua sel hifa yang tidak berdeferensiasi inti selnya berpasangan, kemudian terbentuk hifa diploid yang selanjutnya akan dibentuk askospora. Sedangkan spermatisasi yaitu peleburan antara **spermatium** (gamet jantan) dengan gametangium betina (hifa) yang kemudian berkembang membentuk hifa baru (diploid) dan menghasilkan askospora.

Seperti halnya reproduksi seksual, reproduksi aseksual juga dapat terjadi melalui beberapa cara. Cara reproduksi yang paling sederhana adalah dengan **pembentukan tunas** (*budding*) yang biasa terjadi pada jamur uniseluler, misalnya ragi (*Saccharomyces cerevisiae*). Perhatikan Gambar 5.13. Pada reproduksi dengan cara ini, jamur membentuk semacam sel berukuran kecil yang kemudian tumbuh menjadi sel ragi dengan ukuran sempurna yang akhirnya terlepas dari sel induknya menjadi individu baru.



Gambar 5.13 Proses pembentukan tunas pada ragi

Selain dengan tunas, reproduksi aseksual juga dapat terjadi dengan fragmentasi dan spora aseksual. **Fragmentasi** adalah pemotongan bagian-bagian hifa dan setiap potongan tersebut dapat tumbuh menjadi hifa baru. Reproduksi jamur secara fragmentasi diawali dengan terjadinya pemisahan hifa dari sebuah miselium. Selanjutnya hifa tersebut akan tumbuh dengan sendirinya menjadi miselium baru.

Pada kondisi tertentu, hifa akan terdegeneralisasi menjadi **sporangia** (penghasil spora aseksual).

Cara reproduksi aseksual yang lain adalah dengan spora yang disebut spora aseksual. **Spora aseksual** adalah spora yang dihasilkan dari pembelahan secara mitosis. Pembentukan spora aseksual pada jamur terjadi melalui spora yang dihasilkan oleh hifa tertentu. Spora tersebut merupakan sebuah sel reproduksi yang dapat tumbuh langsung menjadi jamur. Hal ini mirip dengan perkecambahan biji pada tumbuhan tingkat tinggi.

Pada rubrik *Percobaan* berikut kalian akan melakukan pengamatan terhadap jamur.

PERCOBAAN

Mengamati Perbedaan Jamur dengan Tumbuhan Tingkat Tinggi

A. Dasar teori

Jamur merupakan makhluk hidup yang menyerupai tumbuhan tingkat tinggi. Tetapi dalam hal makanan, jamur bersifat heterotrof sedangkan tumbuhan tingkat tinggi adalah autotrof. Heterotrof artinya jamur tidak bisa mensintesis makanannya sendiri, sehingga jamur mendapatkannya dari organisme autotrof (tumbuhan tingkat tinggi) atau organisme heterotrof lainnya. Tumbuhan merupakan organisme autotrof karena mampu mensintesis sendiri makannya melalui fotosintesis.

Perbedaan sifat hidup heterotrof dan autotrof menyebabkan struktur tubuh jamur memiliki banyak perbedaan dengan tumbuhan tingkat tinggi. Perbedaan-perbedaan tersebut merupakan sifat yang dapat diamati dengan mudah untuk membedakan kedua golongan organisme tersebut.

B. Tujuan

Mengetahui perbedaan jamur dengan tumbuhan tingkat tinggi.

C. Alat dan bahan

1. Jamur merang yang lengkap bagiannya
2. Tanaman padi atau kacang tanah
3. Alat tulis (pensil, kertas, penggaris)

D. Langkah percobaan

1. Buatlah kelompok kerja untuk melakukan percobaan ini.
2. Ambil jamur merang dan tanaman padi atau kacang.
3. Amati dengan seksama mulai dari akar, batang, daun, bunga, benih, cara memperoleh makanan, pigmen, alat reproduksi, dan klorofil.
4. Tulislah perbedaan jamur dengan padi atau kacang tanah dalam bentuk tabel. Contoh tabelnya adalah sebagai berikut.

Perbedaan Jamur dan Tumbuhan Tingkat Tinggi

No	Bagian yang diamati	Jamur	Tumbuhan tingkat tinggi	
			Padi	Kacang tanah
1				
2				
3				
4				

E. Pembahasan

1. Berdasarkan pengamatan kalian, jelaskan apa perbedaan antara jamur dan tumbuhan tingkat tinggi.
2. Bandingkan hasil pengamatan kelompok kalian dengan kelompok lain.
3. Presentasikan hasil pengamatan kelompok kalian di depan kelas untuk mendapat tanggapan dan masukan dari kelompok lain serta guru kalian.
4. Buatlah laporan dan kumpulkan pada guru kalian.

Berbagai jenis jamur memiliki tempat hidup yang khas. Jamur juga diklasifikasikan ke dalam berbagai kelompok. Kalian akan mempelajari pada subbab berikutnya. Saat ini kalian dapat mengerjakan soal-soal berikut.

UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Apakah sifat-sifat umum dari jamur? Berikan contoh organisme yang termasuk jamur.
2. Bagaimana struktur tubuh jamur? Jelaskan.
3. Bagaimana cara hidup jamur? Sebutkan berbagai macam habitat jamur dan bagaimana cara jamur memperoleh makanan.
4. Jelaskan cara jamur berreproduksi.
5. Apa yang dimaksud dengan isogami, anisogami, oogami, gamiogami, somatogami, dan spermatisasi? Apa bedanya dengan konjugasi?

Berdasarkan informasi mengenai sifat umum, ciri-ciri, cara hidup, dan habitatnya, jamur dapat dikelompokkan atau diklasifikasikan ke dalam berbagai takson. Semua jamur dimasukkan ke dalam Kingdom Fungi, kecuali jamur air dan jamur lendir. Simak uraian berikut ini.

B. Klasifikasi Jamur

Jamur atau fungi dipelajari secara spesifik di dalam cabang biologi yang disebut **mikologi**. Para ahli mikologi (*mycologist*) mengelompokkan kingdom ini ke dalam 4 divisi. Dasar yang digunakan dalam klasifikasi ini adalah persamaan ciri-ciri. Salah satu ciri jamur adalah bereproduksi dengan spora, baik spora berflagela maupun spora tidak berflagela. Jenis-jenis jamur yang sporanya berflagela dikelompokkan dalam Dunia Protista. Sedangkan yang memiliki spora tidak berflagela dimasukkan ke dalam Dunia Fungi dan dibagi menjadi 3 divisi, yaitu **Divisi Zygomycotina**, **Divisi Ascomycotina**, dan **Divisi Basidiomycotina**. Dasar klasifikasi ketiga divisi tersebut adalah cara reproduksi seksual. Sedangkan jamur-jamur yang reproduksi seksualnya belum diketahui, diklasifikasikan ke dalam satu divisi, yang diberi nama **Divisi Deuteromycotina**.

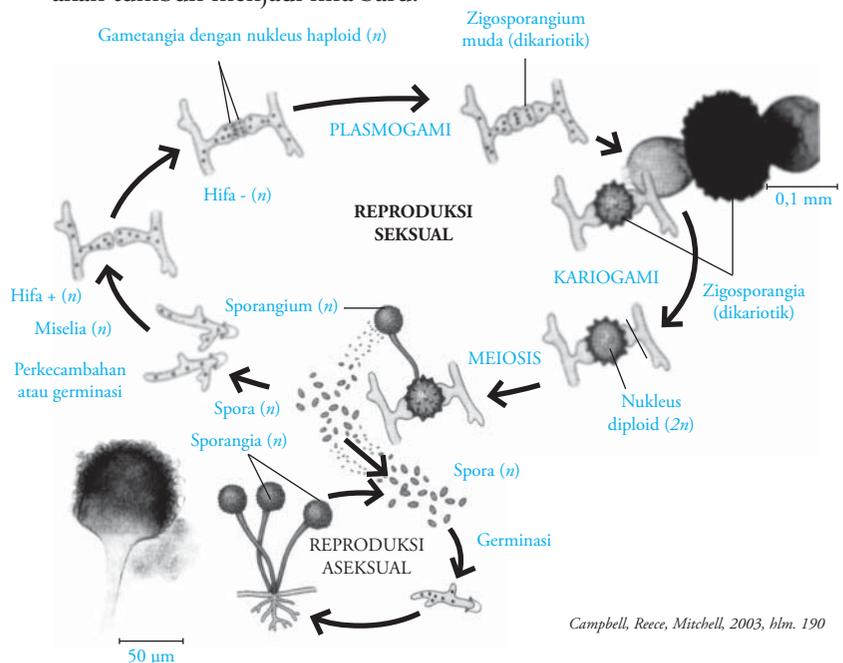
Dalam uraian berikut, kalian akan mempelajari 4 divisi dalam Kingdom Fungi. Secara umum masing-masing divisi tersebut memi-

iliki ciri tertentu. Zygomycotina membentuk zigospora hasil pembuahan secara kawin, Ascomycotina membentuk spora generatif di dalam askus, Basidiomycotina membentuk spora generatif pada basidium dan umumnya memiliki tubuh buah berukuran besar, serta Deuteromycotina membentuk spora secara vegetatif dan belum diketahui fase kawinnya. Bentuk pengelompokan lain pada jamur adalah **khamir** (jamur uniselular, memperbanyak diri dengan *budding*), **kapang** (jamur bermiselium), dan **cendawan** (jamur yang memiliki tubuh buah makroskopis). Pengelompokan yang terakhir tersebut adalah pengelompokan yang bersifat umum, bukan klasifikasi ilmiah. Nah, sekarang simaklah pembahasan berikut.

a. Zygomycotina

Zygomycotina disebut juga sebagai *the coenocytic true fungi*. Jenis jamur yang terkenal dari kelompok ini adalah **jamur hitam pada roti** (*black bread mold*) atau *Rhizopus* sp. Divisi Zygomycotina memiliki anggota yang hampir semuanya hidup pada habitat darat, kebanyakan hidup sebagai saprofit. Tubuhnya bersel banyak, berbentuk benang (hifa) yang tidak bersekat, dan tidak menghasilkan spora yang berflagella.

Reproduksi Zygomycotina terjadi secara aseksual dan seksual. Perhatikan Gambar 5.14 yang menggambarkan siklus hidup *Rhizopus* sp. Pada reproduksi seksual, jamur ini menghasilkan zigospora. Sedangkan reproduksi aseksualnya dengan perkecambahan (germinasi) spora. Spora tersebut tersimpan di dalam sporangium (kotak spora). Jika spora matang, sporangium akan pecah, sehingga spora menyebar terbawa angin. Apabila spora tersebut jatuh di tempat yang sesuai, maka spora akan tumbuh menjadi hifa baru.



Gambar 5.14 Siklus hidup *Rhizopus* sp.

Reproduksi seksual atau generatif dilakukan dengan cara **konjugasi**. Proses ini diawali ketika dua hifa yang berlainan jenis, yakni hifa (+) dan hifa (-), saling berdekatan. Masing-masing hifa pada sisi-sisi tertentu mengalami pembengkakan dan perpanjangan pada bagian-bagian tertentu, disebut **gametangium**. Kemudian, kedua gametangium tersebut bertemu dan kedua intinya melebur membentuk zigot. Zigot kemudian berkembang menjadi zigospora (diploid). Pada tahapan berikutnya, zigospora tumbuh, dindingnya menebal dan berwarna hitam. Inti diploid (2n) mengalami meiosis, menghasilkan inti haploid (n). Pada lingkungan yang sesuai, zigospora akan tumbuh dan membentuk sporangium. Sporangium ini memiliki struktur penopang yang disebut sporangiofora. Selanjutnya, reproduksi secara aseksual dimulai lagi yaitu ditandai dengan pematangan sporangium hingga sporangium tersebut pecah dan spora tersebar keluar.

Zygomycotina memiliki beberapa jenis yang mudah dijumpai dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa diantaranya merupakan jamur pada makanan. Jenis-jenis jamur tersebut antara lain:

1) *Rhizopus stolonifera*

Jamur ini tampak sebagai benang-benang berwarna putih, memiliki rizoid dan stolon. Merupakan saprofit yang hidup pada bungkil kedelai dan bermanfaat dalam pembuatan tempe.

2) *Rhizopus nigricans*

Jamur ini dapat menghasilkan asam fumarat.

3) *Mucor mucedo*

Jamur ini hidup secara saprofit. Sering dijumpai pada roti, sisa-sisa makanan dan kotoran ternak. Miselium jamur ini berkembang di dalam substrat. Memiliki sporangium yang dilengkapi oleh sporangiofor.

4) *Pilobolus* sp.

Jamur ini sering disebut ‘pelempar topi’ atau *cap thrower*, karena bila sporangiumnya telah masak, jamur ini bisa melontarkannya sampai sejauh 8 meter. Spora tersebut kemudian melekat pada rumput atau tumbuhan lain. Ketika tumbuhan tersebut dimakan hewan, spora jamur yang melekat tersebut akan berkecambah di dalam saluran pencernaan dan akan tumbuh pada kotoran yang dikeluarkan hewan tersebut. Perhatikan Gambar 5.15.



(a)



(b)

Gambar 5.15 *Pilobolus* sp. dan habitatnya (a) Kotoran hewan yang ditumbuhi *Pilobolus* sp. (b) Morfologi *Pilobolus* sp.

GALERI

Neurospora merupakan salah satu marga (genus) jamur Ascomycotina yang banyak memiliki mutan (mudah mengalami mutasi). Sifat ini menjadi obyek penelitian yang menarik di bidang genetika. Jamur mikroskopis ini memiliki sifat yang berlainan antara mutan yang satu dengan yang lain. Mutasi tersebut bersifat stabil dan diturunkan pada generasi selanjutnya. Hal ini karena jamur ini bersifat haploid.

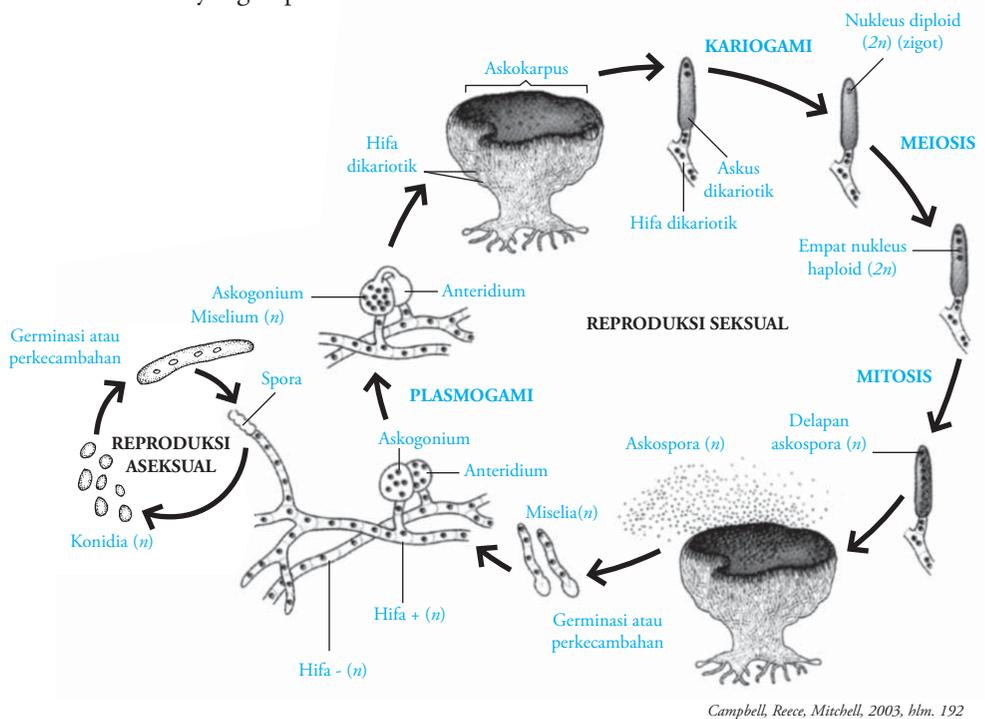
www.staff.jccc.net

b. Ascomycotina

Ascomycotina disebut juga sebagai *the sac fungi*. Merupakan fungi yang reproduksi seksualnya dengan membuat askospora di dalam **askus** (*ascus = sac* atau kantung/pundi-pundi). **Askus** adalah semacam sporangium yang menghasilkan askospora. Beberapa askus biasanya mengelompok dan berkumpul membentuk tubuh buah yang disebut **askorkarp** atau **askoma** (kalau banyak disebut askomata). Askomata bisa berbentuk mangkok, botol, atau seperti balon). Hifa dari Ascomycotina umumnya monokariotik (uninukleat atau memiliki inti tunggal) dan sel-sel yang dipisahkan oleh septa sederhana.

Jadi, askus merupakan struktur umum yang dimiliki oleh anggota Divisi Ascomycotina. Tubuhnya ada yang berupa uniseluler dan ada pula yang multiseluler. Hidup sebagai saprofit dan parasit. Beberapa jenis diantaranya dapat juga bersimbiosis dengan makhluk hidup ganggang hijau-biru dan ganggang hijau bersel satu membentuk **lumut kerak**.

Siklus hidup Ascomycotina dimulai dari askospora yang tumbuh menjadi benang (hifa) yang bercabang-cabang (gambar 5.16). Kemudian, salah satu dari beberapa sel pada ujung hifa berdiferensiasi menjadi askogonium, yang ukurannya lebih lebar dari hifa biasa. Sedangkan ujung hifa yang lainnya membentuk Anteridium. Anteridium dan Askogonium tersebut letaknya berdekatan dan memiliki sejumlah inti yang haploid.



Campbell, Reece, Mitchell, 2003, hlm. 192

Gambar 5.16 Siklus hidup Ascomycotina

Pada askogonium tumbuh **trikogin** yang menghubungkan askogonium dengan anteridium. Melalui trikogin ini inti dari anteridium pindah ke askogonium dan kemudian berpasangan dengan inti pada askogonium. Selanjutnya pada askogonium tumbuh sejumlah hifa yang disebut **hifa askogonium**. Inti-inti membelah secara mitosis dan tetap berpasangan. Hifa askogonium tumbuh membentuk septa bercabang. Bagian askogonium berinti banyak, sedangkan pada bagian ujungnya berinti 2. Bagian ujung inilah yang akan tumbuh menjadi bakal askus.

Hifa askogonium ini kemudian berkembang disertai pertumbuhan miselium vegetatif yang kompak, membentuk tubuh buah. Dua inti pada bakal askus membentuk inti diploid yang kemudian membelah secara meiosis untuk menghasilkan 8 spora askus (askospora). Apabila askospora tersebut jatuh pada lingkungan yang sesuai maka ia akan tumbuh membentuk hifa atau miselium baru.

Reproduksi aseksual pada Ascomycotina adalah dengan cara membentuk tunas dan spora aseksual. Pembentukan **tunas** terjadi pada jamur uniseluler dan **spora aseksual** pada jamur terjadi pada jamur multiseluler. Spora aseksual tersebut terbentuk pada ujung hifa khusus yang disebut **konidiofor** dan sporanya disebut **konidia**. Konidia merupakan spora yang dihasilkan secara eksternal, yaitu di luar kotak spora atau sporangium.

Berikut adalah beberapa contoh jamur anggota Divisi Ascomycotina.

1) *Saccharomyces cerevisiae*

Saccharomyces cerevisiae merupakan jamur mikroskopis, bersel tunggal dan tidak memiliki badan buah, sering disebut sebagai ragi, khamir, atau *yeast*. Reproduksi vegetatifnya adalah dengan membentuk kuncup atau tunas (*budding*). Pada kondisi optimal, khamir dapat membentuk lebih dari 20 tunas. Tunas-tunas tersebut semakin membesar dan akhirnya terlepas dari sel induknya. Tunas yang terlepas ini kemudian tumbuh menjadi individu baru.

Reproduksi generatif terjadi dengan membentuk askus dan askospora. Askospora dari 2 tipe aksus yang berlainan bertemu dan menyatu menghasilkan sel diploid. Selanjutnya terjadi pembelahan secara meiosis, sehingga beberapa askospora (haploid) dihasilkan lagi. Askospora haploid tersebut berfungsi secara langsung sebagai sel ragi baru. Cara reproduksi seksual ini terjadi saat reproduksi aseksual tidak bisa dilakukan, misalnya bila suplai makanan terganggu atau lingkungan hidupnya tidak mendukung.

Dalam kehidupan manusia, *S. cerevisiae* dimanfaatkan dalam pembuatan roti, tape, peuyeum, minuman anggur, bir, dan sake. Proses yang terjadi dalam pembuatan makanan tersebut adalah fermentasi. Perhatikan Gambar 5.17.



Gambar 5.17 Peuyeum, makanan hasil fermentasi singkong dengan *S. cerevisiae*



www.istimadimuseum.ca

Gambar 5.18 Noda-noda berwarna biru pada keju merupakan koloni *Penicillium roquefortii*.

2) *Penicillium* spp.

Penicillium hidup sebagai saprofit pada substrat yang banyak mengandung gula, seperti nasi, roti, dan buah yang telah ranum. Pada substrat gula tersebut, jamur ini tampak seperti noda biru atau kehijauan. Perhatikan Gambar 5.18. Reproduksi jamur *Penicillium* berlangsung secara vegetatif (konidia) dan secara generatif (askus).

Beberapa contoh jamur anggota genus *Penicillium* antara lain:

- a) *Penicillium notatum* dan *Penicillium chrysogenum*

Kedua jenis *Penicillium* ini menghasilkan zat antibiotik (**penisilin**)

- b) *Penicillium roquefortii* dan *Penicillium camemberti*

Kedua jenis jamur ini biasa dimanfaatkan dalam membentri cita rasa atau mengharumkan keju.

3) *Aspergillus* spp.

Jamur ini biasanya tumbuh berkoloni pada makanan, pakaian, dan alat-alat rumah tangga. Koloni *Aspergillus* berwarna abu-abu, hitam, coklat, dan kehijauan. Distribusinya luas, dapat tumbuh di daerah beriklim dingin maupun daerah tropis. Reproduksi secara vegetatif dengan konidia yang disebarkan oleh angin. Beberapa jenis jamur anggota marga *Aspergillus* adalah:

- a) *Aspergillus oryzae*

Jamur ini biasa digunakan untuk mengempukkan adonan roti, dan jamur tersebut dapat menghasilkan enzim protease.

- b) *Aspergillus wentii*

Aspergillus jenis ini berperan dalam dalam pembuatan sake, kecap, tauco, asam sitrat, asam oksalat, dan asam format, serta penghasil enzim protease. Perhatikan Gambar 5.19.

- c) *Aspergillus niger*

Jenis ini dimanfaatkan untuk menghilangkan gas O₂ dari sari buah, dan dapat menjernihkannya. Jamur tersebut juga dapat menghasilkan enzim glukosa oksidase dan pektinase.

- d) *Aspergillus flavus*

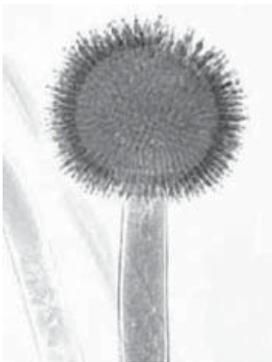
Jenis *Aspergillus* ini menghasilkan aflatoksin, penyebab kanker pada manusia.

- e) *Aspergillus nidulans*

Jamur ini hidup sebagai parasit pada telinga, menyebabkan otomikosis.

- f) *Aspergillus fumigatus*

A. fumigatus merupakan jamur yang dapat menyebabkan penyakit kanker pada paru-paru burung.



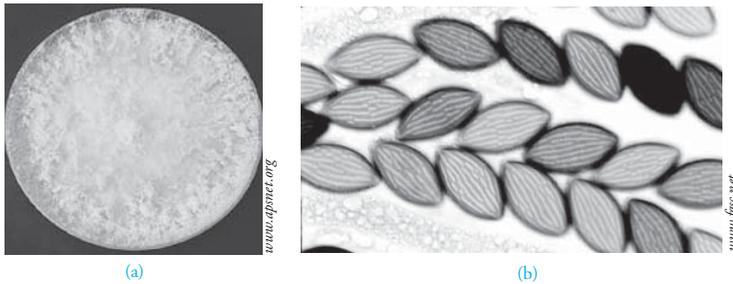
www.uoguelph.ca

Gambar 5.19 *Aspergillus wentii*

4) *Neurospora crassa*

N. crassa dikenal sebagai jamur oncom karena sering digunakan untuk membuat oncom. Warna merah muda atau jingga yang muncul pada oncom merupakan warna konidia jamur tersebut. Awalnya jenis ini dikelompokkan ke dalam **Divisi Deuteromycota**,

dengan nama *Monilia sitophila*. Tetapi setelah ditemukan alat reproduksi generatifnya, berupa askus, sekarang jamur ini dimasukkan ke dalam kelompok Ascomycotina. Perhatikan Gambar 5.20.



Gambar 5.20 *Neurospora crassa*, anggota Ascomycotina yang dahulunya merupakan anggota Deuteromycotina (a) Koloni *N. crassa* (b) Askospora

5) *Morchella deliciosa* dan *Morchella esculenta*

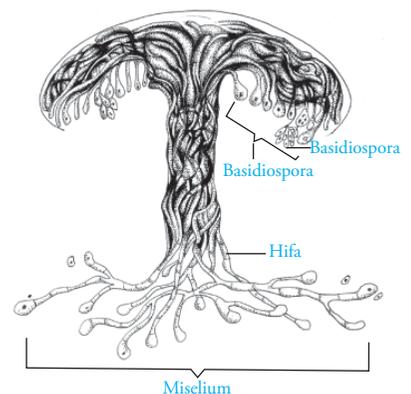
Kedua jenis jamur ini merupakan jamur makroskopis, hidup di tanah. Karena rasanya yang lezat, jamur ini menjadi konsumsi manusia. Dalam dunia perdagangan jamur ini dikenal dengan nama *morel*, ukuran tubuhnya sedang, berwarna coklat kemerah-merahan, tubuhnya seperti spons dan sering dijual dalam bentuk awetan. Perhatikan Gambar 5.21.



Gambar 5.21 *Morchella deliciosa* dan *Morchella esculenta*

c. Basidiomycotina

Divisi Basidiomycotina sering disebut juga sebagai *the club fungi* atau yang sering disebut jamur pada umumnya (cendawan atau *mushrooms*). Jamur ini bereproduksi secara seksual dengan membentuk basidia yang kemudian menghasilkan basidiospora di dalam tubuh buah yang disebut basidioma atau basidiokarp (Gambar 5.22). Basidia tersebut bisa berkembang dalam bentuk seperti insang, pori-pori, seperti gigi, atau struktur lain. Hifa dari Basidiomycotina umumnya dikaryotik (binukleat, dengan 2 inti) dan terkadang memiliki hubungan yang saling mengapit. Sel-sel tersebut dipisahkan oleh septa yang kompleks. Anggotanya kebanyakan berupa jamur makroskopis. Kelompok ini memiliki miselium yang bersekat dan memiliki tubuh buah (basidiokarp) yang panjang, berupa lembaran-lembaran, yang berliku-liku atau bulat. Jamur ini umumnya hidup saprofit dan parasit, umumnya berkembang biak secara aseksual dengan **konidium**.



Gambar 5.22 Struktur tubuh Basidiomycotina

A Spore print

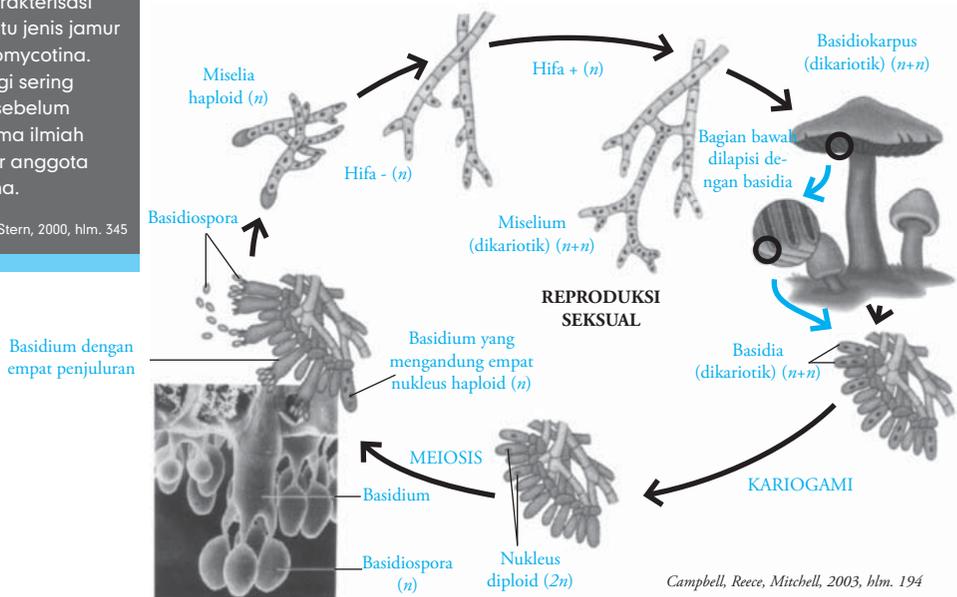


Spore print atau cetakan spora adalah gambaran spora di dalam basidium (tubuh buah) yang diletakkan pada selembar kertas. Teknik ini merupakan salah satu tahap dalam karakterisasi sifat dan ciri suatu jenis jamur anggota Basidiomycotina. Para ahli mikologi sering melakukannya sebelum menentukan nama ilmiah suatu jenis jamur anggota Basidiomycotina.

Stern, 2000, hlm. 345

Siklus hidup Basidiomycota dimulai dari spora basidium atau konidium yang tumbuh menjadi hifa yang bersekat dengan 1 inti (monokariotik). Hifa tersebut kemudian tumbuh membentuk miselium. Hifa-hifa yang berbeda, hifa (+) dan hifa (-), bersinggungan pada masing-masing ujungnya dan melebur diikuti dengan larutnya masing-masing dinding sel. Kemudian inti sel dari salah satu sel pindah ke sel yang lainnya, sehingga sel tersebut memiliki 2 inti sel (dikariotik). Sel dikariotik tersebut akhirnya tumbuh menjadi miselium dikariotik dan selanjutnya menjadi tubuh buah (basidiokarp).

Basidiokarp memiliki bentuk seperti payung. Pada bagian bawahnya terdapat basidium yang terletak pada bilah-bilah (lamela). Masing-masing basidium memiliki 2 inti (2n). Kemudian 2 inti tersebut mengalami meiosis dan akhirnya terbentuk 4 inti haploid. Dan apabila mendapatkan lingkungan yang sesuai, inti haploid tersebut akan tumbuh menjadi spora basidium, atau disebut juga spora seksual. Begitu seterusnya membentuk siklus hidup Basidiomycotina. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 5.23.



Campbell, Reece, Mitchell, 2003, hlm. 194

Gambar 5.23 Siklus hidup Basidiomycota

Berbagai jenis jamur yang dikonsumsi kita dikonsumsi dalam kehidupan sehari-hari adalah anggota Basidiomycotina. Jenis-jenis tersebut antara lain:

1) *Volvariella volvacea* (jamur merang)

Jamur ini mempunyai tubuh buah berbentuk seperti payung, terdiri atas lembaran-lembaran (bilah), yang berisi basidium. Tubuh buahnya berwarna putih kemerah-merahan. Jamur ini merupakan sumber protein, kadar kalorinya tinggi, tetapi kadar kolesterolnya rendah. Karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi, jamur ini banyak dibudidayakan.

2) *Auricularia polythrica* (jamur kuping)

Jamur kuping merupakan jamur saprofit pada kayu yang mati. Tubuh buahnya berbentuk seperti daun telinga (kuping), berwarna merah kecoklat-coklatan. Rasanya enak dan bisa dimakan seperti sayuran. Jamur ini pun sekarang sudah banyak dibudidayakan.

3) *Amanita phalloides*

Amanita phalloides merupakan salah satu anggota suku Amanitaceae. *Amanita*, merupakan cendawan yang indah, tetapi juga merupakan anggota daftar cendawan yang mematikan di bumi, mengandung cukup racun untuk membunuh seorang dewasa hanya dengan sepotong tubuhnya. Jamur ini hidup sebagai saprofit pada kotoran hewan ternak, memiliki tubuh buah berbentuk seperti payung. Perhatikan Gambar 5.24.

4) *Puccinia graminis* (jamur karat)

Jamur ini hidup parasit pada daun rumput-rumputan (*Graminae*), tubuhnya makroskopik, tidak memiliki tubuh buah, dan sporanya berwarna merah kecoklatan seperti warna karat. Lihat Gambar 5.25.

d. Deuteromycotina

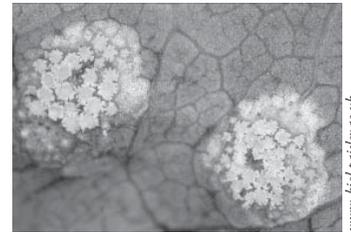
Beberapa jamur yang belum diketahui alat reproduksi generatifnya dimasukkan ke dalam Deuteromycotina. Kelompok jamur ini juga sering disebut sebagai **jamur tidak sempurna** atau *the imperfect fungi*. Jamur ini tidak mengalami reproduksi seksual atau mereka menunjukkan tahap aseksual (*anamorph*) dari jamur yang memiliki tahap seksual (*teleomorph*). Jamur ini menyerupai Ascomycotina (septanya sederhana). Jadi, kelompok ini bisa dikatakan sebagai “keranjang sampah”, tempat sementara untuk menampung jenis-jenis jamur yang belum jelas statusnya. Apabila pada penelitian berikutnya ditemukan cara reproduksi seksualnya, maka suatu jenis jamur anggota Deuteromycotina akan bisa dikelompokkan ke dalam Divisi Ascomycotina atau Divisi Basidiomycotina. Contohnya adalah *Neurospora crassa* yang saat ini dimasukkan ke dalam kelompok Ascomycotina.

Semua jamur anggota divisi artifisial ini bereproduksi secara aseksual dengan konidia. Konidia dibentuk diujung konidiospora, secara langsung pada hifa yang bebas. Beberapa jenis hidup pada dedaunan dan sisa-sisa tumbuhan yang tenggelam di dasar sungai yang berarus deras. Beberapa kelompok yang lain merupakan parasit pada protozoa dan hewan-hewan kecil lainnya dengan berbagai cara. Beberapa jenis juga ditemui pada semut dan sarang rayap.

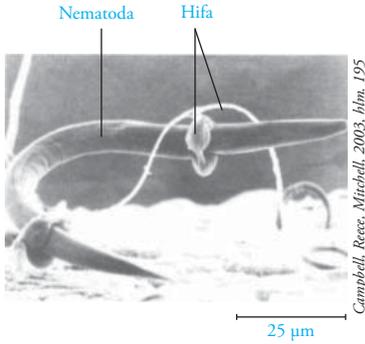
Beberapa jamur parasit pada hewan-hewan kecil mengembangkan *unbranched body* di dalam tubuh korbannya, kemudian secara perlahan-lahan menyerap nutrisi sampai korbannya mati. Setelah itu jamur tersebut memproduksi **rantai spora** yang mungkin menempel atau termakan oleh hewan-hewan lain yang akan menjadi korbannya. Cara lain adalah dengan menangkap mangsanya dengan hifa yang dapat menusuk, dengan menumpang dan melekat pada amuba. Salah



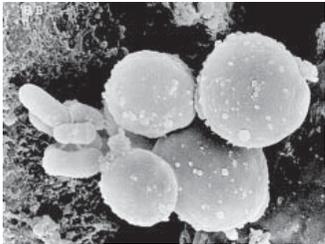
Gambar 5.24 *Amanita phalloides*



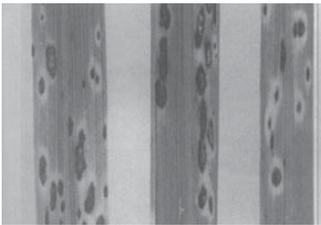
Gambar 5.25 Koloni jamur karat (*Puccinia graminis*) pada permukaan daun



Gambar 5.26 Jamur penjebak cacing nematoda dan korbannya



Gambar 5.27 *Candida albicans*



Gambar 5.28 *Helminthosporium oryzae*, parasit pada tanaman padi

satu kelompok jamur penghuni tanah ada yang mampu menangkap cacing nematoda dengan membentuk **cincin hifa** atau *hyphal loop*. Ukuran cincin hifa tersebut lebih kecil dari ukuran tubuh nematoda dan runcing pada kedua ujungnya. Ketika nematoda memasukkan kepalanya ke dalam cincin hifa, cacing tersebut cenderung berusaha keluar dengan bergerak maju, bukan mundur, sehingga cacing tersebut justru terjebak pada kumparan hifa jamur tersebut. Perhatikan Gambar 5.26. Setelah berhasil menjerat korbannya, jamur tersebut kemudian membentuk haustoria yang tumbuh menembus ke dalam tubuh cacing dan mencernanya.

Pada manusia, jamur anggota Divisi Deuteromycotina umumnya menyebabkan penyakit. *Epidermophyton floccosum* menyebabkan penyakit kaki atlet, sedangkan *Microsporium* sp. dan *Trichophyton* sp. menyebabkan penyakit kurap atau panu. Karena hidup dikulit, kedua jamur tersebut sering disebut juga sebagai *dermatophytes*. Jenis lain yang merupakan penyebab penyakit pada manusia adalah *Candida albicans*. Perhatikan Gambar 5.27. Jamur mikroskopis ini memiliki bentuk tubuh mirip ragi, tetapi sifat hidupnya adalah parasit. Penyakit yang ditimbulkannya adalah penyakit keputihan yang terjadi karena adanya infeksi pada vagina.

Deuteromycotina juga memiliki beberapa anggota yang merupakan penyebab penyakit pada tanaman. *Sclerotium rolfsie* adalah jamur yang menyebabkan penyakit busuk pada tanaman budidaya. Sedangkan *Helminthosporium oryzae* adalah contoh jamur parasit yang dapat merusak kecambah dan buah serta dapat menimbulkan noda-noda berwarna hitam pada daun inangnya. Perhatikan Gambar 5.28.

Sampai di sini kalian tentu sudah semakin paham tentang klasifikasi jamur. Untuk memantapkannya kerjakan *Telisisik* berikut.

TELISIK

Pada uraian sebelumnya, kalian sudah mendapat penjelasan tentang klasifikasi dan ciri-ciri serta contoh spesies (jenis-jenis) yang menjadi anggota setiap divisi di dalam dunia jamur. Tentu saja masih banyak jenis-jenis jamur yang lain yang belum disebutkan di dalam buku ini, karena pada dasarnya di dunia ini terdapat beribu-ribu jenis jamur. Lakukan tugas berikut:

1. Tugas ini merupakan tugas individu. Masing-masing dari kalian, harus mencari contoh jenis-jenis jamur minimal 3 jenis untuk setiap divisinya.
2. Deskripsikan ciri-ciri, cara hidup, dan habitat dari jenis-jenis jamur yang kalian temukan. Tuliskan pula apakah jenis tersebut bermanfaat atau merugikan bagi manusia.
3. Kumpulkan kepada guru kalian dan diskusikan di dalam kelas.

Nah, sekarang selain mengenal beberapa jenis jamur kalian juga sudah mengenal beberapa sifat jamur yang bisa bermanfaat maupun yang merugikan. Pada subbab selanjutnya, kita akan membicarakan lebih khusus tentang peranan jamur dalam kehidupan. Sebelum itu, kalian dapat mengerjakan *Uji Kompetensi* berikut.

UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Apa yang dijadikan dasar oleh para ahli mikologi dalam klasifikasi jamur? Jelaskan bagaimana klasifikasi tersebut.
2. Mengapa pengelompokan jamur ke dalam khamir, kapang, dan cendawan bukan merupakan klasifikasi yang ilmiah? Jelaskan.
3. Kingdom Fungi dibagi menjadi 4 divisi. Bagaimana ciri-ciri setiap divisi tersebut? Jelaskan.
4. Berikan contoh jenis jamur anggota divisi-divisi di dalam Kingdom Fungi. Setiap divisi masing-masing 3 jenis.
5. Mengapa Deuteromycotina disebut juga sebagai fungi imperfecti?

Kita sadari atau tidak, jamur memiliki peran yang besar dalam kehidupan. Peran tersebut bisa berupa peran ekologis, sebagai sumber makanan, agen penyakit, maupun obat-obatan. Kalian dapat menyismaknnya dalam uraian berikut.

C. Peranan Jamur dalam Kehidupan

Peranan jamur atau fungi dalam kehidupan sangat luas. Jamur berperan dalam keseimbangan lingkungan yaitu sebagai dekomposer. Sebagai **dekomposer**, jamur menguraikan sisa-sisa organisme yang telah mati sehingga bisa dimanfaatkan oleh organisme lain. Hal ini sangat penting dalam keberlanjutan ekosistem di bumi, karena yang menjadi kunci keberlangsungan ekosistem adalah adanya keseimbangan antara produksi biomasa oleh organisme fotosintetik dan perombakan-perombakan atau daur ulang nutrien yang dikandungnya. Dalam proses daur ulang senyawa organik ini, fungi memiliki peran yang menonjol di semua ekosistem utama.

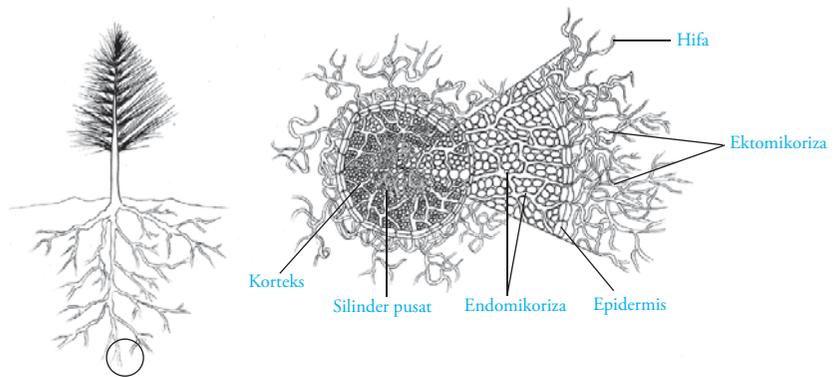
Jamur juga bisa bersimbiosis dengan organisme lain. Dengan akar tumbuhan tertentu jamur bersimbiosis membentuk mikoriza. **Mikroriza** merupakan struktur yang berperan penting dalam suplai unsur hara. Kalian bisa membaca kembali bagian awal dari bab ini yang membicarakan cara jamur memperoleh makanan. Berdasarkan posisi jamur terhadap akar tumbuhan, dikenal adanya endomikoriza (bila hifa menembus korteks akar) dan ektomikoriza (bila hifa hanya menembus epidermis akar). Perhatikan gambar 5.29. Kelompok jamur yang sering bersimbiosis dengan akar tumbuhan umumnya termasuk anggota Divisi Zygomycotina, Ascomycotina, dan Basidiomycotina.

Bentuk simbiosis lain dari jamur adalah lumut kerak. Lumut kerak merupakan organisme yang mampu hidup pada kondisi lingkungan yang ekstrim dan sangat sensitif terhadap pencemaran udara. Sehingga lumut kerak ini biasa digunakan sebagai **bioindikator kualitas udara**. Bersama dengan kelompok tumbuhan lain, seperti tumbuhan lumut (*Bryophyta*) dan anggrek, lumut kerak banyak menghiasi pepohonan mulai dari daerah dataran rendah sampai pegunungan yang tinggi seba-

GALERI

Selain Mikologi, terdapat pula cabang lain dari biologi, yaitu yang digeluti oleh para ahli yang mengkhususkan fokus perhatiannya pada lumut kerak atau *Lichens*. Cabang ilmu ini disebut Lichenologi. Di dalam penelitian, lumut kerak umumnya dipelajari sebagai obyek penelitian bersama dengan tumbuhan lumut (*Bryophyta*) yang merupakan asosiasinya karena kedua kelompok tumbuhan ini sering ditemukan pada satu habitat, hidup berdampingan sebagai epifit.

gai epifit. Tetapi bila terjadi pencemaran udara, jenis-jenis organisme epifit tersebut, terutama lumut kerak dan tumbuhan lumut akan mati.



Gambar 5.29 Mikoriza, simbiosis jamur yang berperan penting dalam suplai unsur hara

Jamur juga berperan sangat penting dalam fermentasi makanan dan obat-obatan. Sebagai contoh, pada Divisi Zygomycotina, sedikitnya ada 2 jenis *Rhizopus* yang digunakan secara komersial dalam industri pil kontrasepsi dan anestesi, yaitu *R. arrhizus* dan *R. nigricans*. Beberapa jenis lain juga dimanfaatkan dalam industri alkohol dan untuk mengempukkan daging. Ada pula jenis lain yang mampu memproduksi pigmen kuning yang digunakan untuk memberi warna pada margarin. Beberapa jenis jamur dan peranannya yang menguntungkan bagi manusia dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Table 5.1 Jenis-jenis Jamur dan Manfaatnya

Jenis jamur	Manfaat
<i>Rhizopus stolonifera</i>	untuk membuat tempe
<i>Rhizopus nigricans</i>	menghasilkan asam fumarat
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	untuk membuat tape, roti, minuman sake, dan bir
<i>Aspergillus oryzae</i>	mengempukkan adonan roti
<i>Aspergillus wentii</i>	untuk membuat sake, kecap, tauco, asam sitrat, asam oksalat, dan asam formiat
<i>Aspergillus niger</i>	untuk menghilangkan O ₂ dari sari buah, dan menjernihkan sari buah
<i>Penicillium notatum</i> dan <i>P. chrysogenum</i>	menghasilkan penicillin (antibiotik)
<i>Ganoderma lucidum</i>	bahan obat
<i>Penicillium roquefortii</i> dan <i>P. camemberti</i>	meningkatkan kualitas (aroma) keju
<i>Trichoderma</i> sp.	menghasilkan enzim selulose
<i>Neurospora crassa</i> (jamur oncom)	untuk membuat oncom
<i>Volvariella volvacea</i> (jamur merang), <i>Auricularia polytricha</i> (jamur kuping), dan <i>Pleurotus</i> sp. (jamur tiram)	jamur konsumsi

Beberapa jenis jamur ada yang dapat dikonsumsi seperti sayuran dan bahan obat. Perhatikan Gambar 5.30 dan 5.31. Penelitian ahli gizi menunjukkan bahwa secara umum jamur memiliki kandungan protein yang lebih tinggi dibandingkan dengan tumbuh-tumbuhan yang lain. Sehingga, jamur merupakan jawaban yang tepat bagi masyarakat yang kekurangan gizi, seperti di negara-negara berkembang (Afrika dan Asia). Jamur juga mengandung bermacam-macam vitamin serta kandungan kalsium dan fosfor yang tinggi. Sementara itu kandungan kalori dan kolesterolnya rendah, sehingga jamur sangat baik untuk dikonsumsi.

Jenis-jenis jamur yang berperan penting telah banyak dibudidayakan. Diantara sekian banyak jenis jamur yang ada di daerah tropis dan subtropis, jamur merang (*Volvariella volvacea*) merupakan jamur yang paling terkenal, terutama oleh masyarakat Asia Tenggara. Jamur ini telah lama dibudidayakan sebagai bahan pangan karena memiliki rasa yang enak dan tekstur yang baik, sehingga banyak disukai orang. Jamur merang umumnya tumbuh pada medium yang merupakan sumber selulosa, misalnya pada tumpukan merang. Sehingga merang yang dahulu hanya dianggap sebagai limbah pada penggilingan padi, sekarang telah banyak dimanfaatkan untuk budidaya jenis jamur ini.

Selain beberapa peran penting tersebut, fungi juga bisa dianggap merugikan. Mereka bisa menyebabkan kerugian ekonomi yang sangat besar karena mampu membusukkan bahan makanan dan juga menimbulkan berbagai penyakit. Beberapa jenis cendawan ada yang beracun, misalnya jenis-jenis anggota suku *Amanitaceae*. Beberapa jamur mikroskopis juga ada yang menghasilkan racun, misalnya aflatoksin yang dihasilkan oleh sejenis kapang. Selain itu, jamur juga dapat bersifat parasit pada tumbuhan, hewan, dan manusia. Beberapa jenis jamur tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Table 5.2 Jenis-jenis Jamur dan Penyakit yang Ditimbulkannya

Jenis jamur	Penyakit yang ditimbulkan
<i>Aspergillus flavus</i>	menghasilkan aflatoksin, menyebabkan kanker pada manusia
<i>Aspergillus fumigatus</i>	kanker pada paru-paru burung.
<i>Amanita phalloides</i>	mengandung racun balin yang menyebabkan kematian bagi yang memakannya
<i>Ustilago maydis</i>	parasit pada tanaman jagung dan tembakau
<i>Epidermophyton floocosum</i>	penyakit kaki atlet
<i>Microsporium</i> sp. dan <i>Trichophyton</i> sp.	menyebabkan kurap atau panu
<i>Helminthosporium oryzae</i>	parasit dan merusak kecambah dan tubuh buah serta menimbulkan noda-noda berwarna hitam pada hospes (inangnya)
<i>Candida albicans</i>	infeksi pada vagina



Gambar 5.30 Contoh jamur budidaya



Gambar 5.31 *Ganoderma lucidum*, bahan obat

Nah, pada akhir bab ini kalian akan melakukan percobaan yang berkaitan dengan manfaat jamur di bidang fermentasi, yaitu fermentasi tempe. Jamur *Rhizopus stolonifera* merupakan salah satu jenis jamur yang berperan dalam fermentasi kedelai menjadi tempe.

PERCOBAAN

Melakukan Uji Coba Fermentasi Bahan Makanan dengan Jamur

A. Dasar teori

Tempe merupakan bahan makanan tradisional yang dibuat dengan menggunakan jamur. Prosesnya disebut fermentasi. Jamur yang berperan dalam pembuatan tempe ini adalah *Rhizopus stolonifera*. Selama fermentasi terjadi perubahan-perubahan protein, karbohidrat, dan lipida. Perubahan-perubahan tersebut disebabkan oleh aktivitas jamur yang tumbuh pada kedelai. Hal ini dapat dilihat dengan kenaikan temperatur selama inkubasi, selanjutnya menurun perlahan-lahan sesuai dengan aktivitas pertumbuhan jamur tersebut.

Selama fermentasi, protein dirombak menjadi asam-asam amino misalnya serin, lisin, alanin. Selain itu, juga terjadi kenaikan bahan padat yang dapat larut. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan selama fermentasi ialah aerasi, kelembaban, dan temperatur selama fermentasi.

B. Tujuan

Mempraktekkan uji coba fermentasi bahan makanan dengan jamur pada pembuatan tempe.

C. Alat dan bahan

1. usar atau ragi tempe
2. kedelai
3. daun pisang
4. tampah atau nampan dari plastik.

D. Langkah percobaan

1. Bagilah kelasmu menjadi beberapa kelompok kerja. Masing-masing kelompok melakukan langkah-langkah berikut.
2. Rebuslah kacang kedelai sampai mendidih
3. Kemudian buanglah kulitnya dan dicuci.
4. Kukus kembali kedelai tersebut. Kemudian tiriskan dengan tampah.
5. Setelah dingin dan kering, campurkan usar pada kedelai tersebut.
6. Bungkuslah dengan daun pisang atau plastik, diamkan beberapa hari.
7. Amati setiap hari dan tuliskan hasilnya dalam tabel.
8. Bandingkan hasil percobaan kalian dengan kelompok lain.

Fermentasi Tempe

Hari ke-	Hasil pengamatan
1	
2	
3	
4	

E. Pembahasan

1. Berdasarkan pengamatan kalian, kapan hifa-hifa jamur mulai tumbuh? Apa warnanya?
2. Apa yang terjadi bila tempe itu dibiarkan beberapa hari lebih lama? Mengapa demikian?
3. Bandingkan hasil pengamatan kelompok kalian dengan kelompok lain.
4. Adakah di antara kelompok kalian yang tidak menemukan hifa? Apa yang terjadi?
5. Buatlah laporan dan kumpulkan pada guru kalian sebagai tugas.

Nah, di bawah ini ada beberapa soal latihan yang dapat kalian selesaikan.

UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Jamur memiliki peranan yang sangat luas dalam kehidupan. Jelaskan.
2. Mengapa beberapa jenis jamur banyak dikonsumsi manusia? Sebutkan jenis-jenis jamur tersebut.
3. Mengapa jenis-jenis jamur tertentu bisa dimanfaatkan untuk mengolah bahan makanan, misalnya mengolah kedelai menjadi tempe atau untuk meningkatkan aroma keju? Jelaskan.
4. Sebutkan 2 jenis jamur yang menimbulkan penyakit pada manusia beserta nama penyakitnya.
5. Sebutkan 2 jenis jamur yang merupakan parasit pada tumbuhan.

I K H T I S A R

1. Fungi atau jamur dapat didefinisikan sebagai kelompok organisme eukariotik, tidak berpindah tempat (*nonmotile*), bersifat uniseluler atau multiseluler, memiliki dinding sel dari glukana, mannan, dan kitin, tidak berklorofil, memperoleh nutrisi dengan menyerap senyawa organik, serta berkembang biak secara seksual dan aseksual.
2. Jamur memiliki sifat-sifat umum, yaitu hidup di tempat-tempat lembab, bersifat heterotrof, dan memiliki kemampuan hidup cukup tinggi.
3. Tubuh jamur bisa uniseluler maupun multiseluler, bersifat eukariotik, bentuknya tubuhnya bervariasi, dan tersusun atas hifa berkumpul membentuk miselium atau pada beberapa jenis mengalami modifikasi, membentuk haustoria, maupun badan buah.
4. Cara hidup jamur bervariasi, ada yang soliter dan ada yang berkelompok.
5. Jamur memperoleh makanan dengan cara hidup sebagai saprofit, parasit, dan simbiosis.
6. Jamur bereproduksi secara seksual dengan menyatukan 2 hifa yang berbeda, dan secara aseksual jamur bereproduksi dengan membentuk spora aseksual, fragmentasi, dan pembentukan tunas.
7. Kingdom Fungi dikelompokkan menjadi 4 divisi yaitu Divisi Zygomycotina, Divisi Ascomycotina, Divisi Basidiomycotina, dan Divisi Deuteromycotina.
8. Zygomycotina mempunyai ciri antara lain: habitatnya mayoritas di darat, hidup sebagai saprofit, bersel banyak (multiseluler), menghasilkan spora berflagela, reproduksi secara seksual dan aseksual.
9. Ascomycotina mempunyai ciri antara lain: memiliki askus, tubuh uniseluler atau multiseluler, hidup sebagai saprofit atau parasit, bereproduksi secara seksual dengan askus dan secara aseksual dengan membentuk tunas.
10. Basidiomycotina mempunyai ciri antara lain: tubuh makroskopik, miselium bersekat, memiliki tubuh bulat (basidiokarp), hidup bersifat saprofit dan parasit, reproduksi seksual lebih dominan, sedangkan aseksual jarang terjadi.
11. Deuteromycotina mempunyai ciri antara lain: hifa bersekat-sekat, tubuh makroskopik, hidup sebagai saprofit dan parasit, bereproduksi secara aseksual.
12. Jamur berperan dalam keseimbangan lingkungan, sebagai dekomposer, bersimbiosis dengan organisme lain, sumber makanan, berperan sangat penting dalam fermentasi makanan dan obat-obatan, serta menjadi penyebab penyakit pada manusia, hewan, dan tumbuhan.

Antibiotik Senyawa yang memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan organisme lain penyebab penyakit

Bioindikator Organisme yang memiliki sensitifitas terhadap perubahan lingkungan sehingga bisa digunakan sebagai tanda terjadinya perubahan tersebut

Enzim Zat yang dibentuk oleh kelenjar berguna untuk melanjutkan proses-proses dalam tubuh

Ekosistem Sistem yang mencakup interaksi-interaksi antar organisme dan antara organisme dengan faktor lingkungan

Flagella Struktur mirip benang-benang halus yang keluar dari organisme uniseluler yang motil atau sel-sel motil yang dihasilkan oleh organisme multiseluler, fungsi utamanya pada lokomosi

Fermentasi Respirasi yang disertai pindahnya hidrogen dari glukosa selama glikolisis diubah kembali ke asam piruvat, menghasilkan substansi seperti etil alcohol atau asam laktat

Kanker Penyakit mematikan yang disebabkan oleh proliferasi sel (pembelahan sel-sel yang begitu cepat dan tidak terkendali)

Meiosis Pembelahan sel diploid yang menghasilkan 4 sel anakan yang haploid

Mitosis Pembelahan sel yang menghasilkan sel anakan dengan jumlah kromosom sama dengan sel induknya

Mutasi Perubahan pada gen atau kromosom dan bersifat menurun

Nutrisi Proses distribusi nutrien (zat makanan) di dalam tubuh

Selulosa Polisakarida yang dihasilkan oleh sitoplasma sel tanaman dan yang membentuk dinding sel

Senyawa organik Senyawa yang berasal dari sisa-sisa makhluk hidup

Simbiosis Hubungan antara jamur dengan organisme lain

Simbiosis mutualisme Hubungan yang saling menguntungkan

Stolon Hifa yang menghubungkan dua kumpulan sporangiofora

Substrat Dasar makanan

ULANGAN HARIAN

A Pilihlah jawapan yang paling tepat.

1. Ciri-ciri berikut yang bukan merupakan ciri-ciri jamur adalah
 - a. eukariotik
 - b. memiliki klorofil
 - c. memiliki dinding sel
 - d. bersifat heterotrof
 - e. ada yang memiliki zat warna
2. Jamur memperoleh nutrisi dengan cara sebagai berikut, kecuali
 - a. membusukkan materi organik
 - b. bersifat parasit pada tumbuhan
 - c. mensekresikan enzim hingga makanan rusak
 - d. menyebarkan toksin sehingga makanan beracun
 - e. bersimbiosis dengan organisme lain

3. Hubungan mutualisme antara jamur dengan tanaman membentuk
 - a. *lichens*
 - b. mikoriza
 - c. konidiospora
 - d. miselium
 - e. spora
4. *Saccharomyces cerevisiae* melakukan reproduksi aseksual dengan cara....
 - a. membentuk tunas
 - b. fragmentasi miselium
 - c. membentuk askospora
 - d. membentuk basidiospora
 - e. membentuk zigospora
5. Spora aseksual pada jamur Basidiomycotina adalah
 - a. sporangiospora
 - b. basidiospora
 - c. konidiospora
 - d. blastospora
 - e. zoospora
6. Di antara jamur-jamur berikut yang merugikan adalah
 - a. *Auricularia politrica*
 - b. *Amanita muscaria*
 - c. *Rhizophus oryzae*
 - d. *Saccharomyces tuae*
 - e. *Penicillium notatum*
7. Roti yang mengandung jamur sebaiknya dibuang saja, karena roti tersebut mengandung toksin yang dihasilkan oleh jamur dari marga
 - a. *Penicillium*
 - b. *Aspergillus*
 - c. *Fusarium*
 - d. *Rosellina*
 - e. *Rhizophus*
8. Yang bukan merupakan peranan jamur dalam bidang industri adalah
 - a. dimanfaatkan untuk pembuatan roti
 - b. dimanfaatkan untuk pembuatan tempe
 - c. sebagai penghasil antibiotik
 - d. untuk bioremediasi
 - e. sebagai pengurai
9. Jamur yang berperan menghasilkan kecap adalah
 - a. *Aspergillus flavus*
 - b. *Aspergillus oryzae*
 - c. *Aspergillus soyae*
 - d. *Aspergillus wentii*
 - e. *Volvariella volvaceae*
10. Jenis jamur anggota Divisi Ascomycotina yang dapat menghasilkan zat antibiotik yang disebut penicillin adalah
 - a. *Penicillium notatum* dan *Penicillium camemberti*
 - b. *Penicillium chrysogenum* dan *Penicillium camemberti*
 - c. *Penicillium notatum* dan *Penicillium roquefortii*
 - d. *Penicillium chrysogenum* dan *Penicillium roquefortii*
 - e. *Penicillium notatum* dan *Penicillium chrysogenum*
11. Jenis jamur anggota Divisi Basidiomycotina yang banyak dimakan oleh manusia antara lain adalah
 - a. *Saccaromyces cereviceae* dan *Vovariella volvaceae*
 - b. *Rhizophus oryzae* dan *Auricula politrica*
 - c. *Pinicillium camemberti* dan *Volvariela volvaceae*
 - d. *Audicularia* dan *Saccaromyces cereviseae*
 - e. *Auricularia polytrica* dan *Volvariella valvaceae*
12. Bagian tubuh jamur yang berperan untuk menyerap makanan di lingkungan yang lembab adalah
 - a. miselium
 - b. gametangium
 - c. sporangium
 - d. basidium
 - e. konidium
13. Lumut kerak atau *Lichenes* dapat bereproduksi secara aseksual dengan cara
 - a. pembentukan basidium
 - b. pembentukan spora
 - c. pembentukan tunas
 - d. fragmentasi sporangium
 - e. fragmentasi soredium

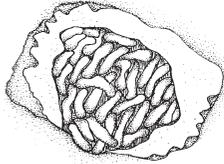
14. Pernyataan berikut yang benar dalam kehidupan lumut kerak adalah
- jamur tidak dapat hidup tanpa ganggang
 - ganggang tidak dapat hidup tanpa jamur
 - jamur mendapat glukosa (zat organik) dari ganggang
 - jamur mendapat air dan mineral dari ganggang
 - ganggang mendapat glukosa (zat organik) dari jamur
15. Warna jingga yang sering dijumpai pada oncom atau pada tongkol jagung setelah direbus adalah warna dari
- sporangium Zygomycotina
 - sporangiofora Ascomycotina
 - konidia Deuteromycotina
 - askokarp Basidiomycotina
 - askokarp Zygomycotina
16. Berikut ini ciri-ciri suatu organisme ...
- dinding sel dari selulosa
 - tipe sel eukariotik
 - berbentuk hifa
 - tipe sel prokariotik
 - tidak berklorofil
- Ciri-ciri yang dimiliki jamur adalah nomor...
- 1, 2, dan 3
 - 1, 3, dan 4
 - 2, 3, dan 5
 - 2, 4, dan 5
 - 3, 4, dan 5
17. Dalam pembuatan tempe kedelai, orang biasanya menggunakan jamur yang termasuk marga
- Saccharomyces*
 - Neurospora*
 - Amanita*
 - Rhizopus*
 - Aspergillus*
18. Hubungan mutualisme antara jamur dengan tanaman membentuk
- lumut kerak
 - mikrozia
 - konidiospora
 - Miselium
 - spora
19. *Saccaromyces cereviceae* melakukan reproduksi aseksual dengan cara
- Pertunasan
 - Fragmentasi mycelium
 - Pembentukan ascuspora
 - Pembentukan basidiospora
 - Pembentukan zigospora
20. Spora aseksual pada jamur *Basidiomycotina* adalah
- Sporangiospora
 - Basidiospora
 - Konidiospora
 - Blastospora
 - Zoospora

B Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.

- Terangkan struktur jamur.
- Jelaskan reproduksi aseksual dan reproduksi seksual pada jamur.
- Berilah 4 contoh jenis jamur anggota Divisi Ascomycotina yang berperan dalam kehidupan manusia.
- Berilah 4 contoh jenis jamur anggota Basidiomycotina yang merugikan.
- Jelaskan peranan jamur dalam bidang industri.

LATIHAN ULANGAN AKHIR SEMESTER I

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

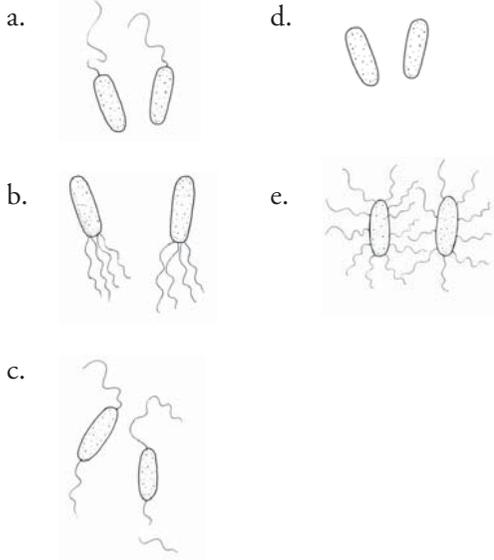
- Karena memiliki objek kajian dan metode ilmiah, maka biologi disebut
 - sains
 - ilmu
 - pengetahuan
 - ilmu pengetahuan
 - ilmu pengetahuan alam
- Untuk mensosialisasikan hasil penelitiannya, biolog menyusun
 - hasil penelitian
 - jurnal
 - publikasi
 - kesimpulan
 - laporan ilmiah
- Penemuan teknik pemetaan dan transplantasi gen merupakan contoh perkembangan biologi di bidang
 - bioteknologi
 - biologi sel
 - biologi molekuler
 - biologi reproduksi
 - biologi perkembangan
- Terancamnya badak bercula satu di Ujung Kulon yang saat ini hampir punah adalah contoh permasalahan biologi di tingkat
 - individu
 - populasi
 - komunitas
 - ekosistem
 - spesies
- Salah satu ciri-ciri virus adalah
 - ukurannya antara 25-300 nm
 - ukurannya antara 25-300 μm
 - bentuk tubuhnya selalu bulat
 - bentuknya tidak beraturan
 - bereproduksi secara seksual
- Berdasarkan asam nukleatnya, virus dikelompokkan menjadi
 - virus berasam nukleat dan tidak berasam nukleat
 - virus ADN dan virus ARN
 - Adenovirus dan Myxovirus
 - Virus ADN dan Retrovirus
 - virus litik dan virus lisogenik
- Perhatikan gambar berikut.


Gambar tersebut menunjukkan virus penyebab penyakit

 - tumor rahim
 - gondong
 - anjing gila
 - cacar
 - polio
- Reproduksi virus disebut
 - adsorpsi
 - penetrasi
 - eklifasi
 - lisogenik
 - replikasi
- Yang bukan merupakan kelompok Archaeobacteria adalah
 - metanogen
 - halofil ekstrim
 - termofil ekstrim
 - bakteriorhodopsin
 - termoasidofil
- Perhatikan sifat-sifat berikut.
 - selnya terdiri dari peptidoglikan
 - ribosomnya hanya mengandung satu jenis RNA-polimerase
 - dan membran plasmanya mengandung lipid dengan ikatan esterSifat-sifat tersebut dimiliki oleh jenis organisme prokariotik, yaitu
 - Acetobacter xylinum*
 - Succinomonas amylolytica*

- c. *Sulfolobus* sp.
- d. Archaeobacteria
- e. Eubacteria

11. Bakteri lofotrik ditunjukkan oleh gambar



12. Yang bukan merupakan peran organisme prokariotik adalah

- a. sebagai produsen primer
- b. sebagai dekomposer
- c. menyuburkan tanah
- d. sebagai agen fermentasi
- e. sebagai senjata biologis

13. Protista meliputi tiga kelompok besar makhluk hidup yaitu

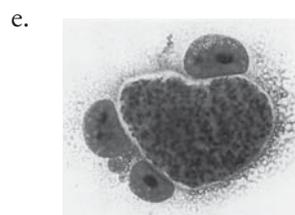
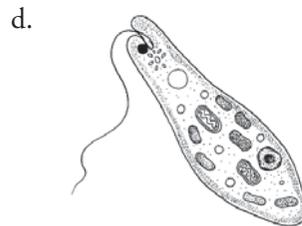
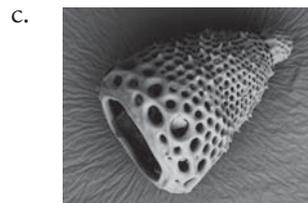
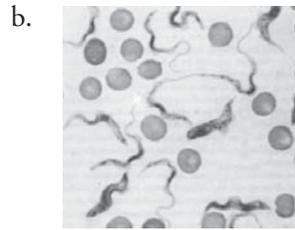
- a. Protozoa, Fungi, Algae
- b. Protozoa, Algae, Oomycotina, dan Myxomicotina
- c. Fungi, Algae, Oomycotina, dan Myxomicotina
- d. Fungi, Protozoa, Virus
- e. Protozoa, Fungi, Virus

14. Berikut ini ciri-ciri protista

- 1) heterotrof
 - 2) memiliki alat gerak
 - 3) menelan makanan
- Ciri tersebut dimiliki oleh
- a. Chlorophyta
 - b. Oomycotina
 - c. Myxomicotina

- d. Phaeophyta
- e. Rhizopoda

15. Berikut ini kelompok yang termasuk dalam Protozoa, **kecuali**



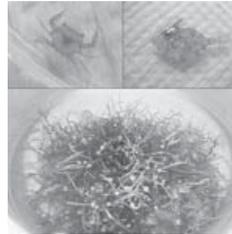
16. Pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, protista dapat berkembang biak dengan membentuk

- a. spora
- b. sista
- c. gamet

- d. cilia
e. flagella
17. Anggota Rhizopoda yang dapat menjadi indikator adanya minyak bumi adalah
- Radiolaria*
 - Euglena*
 - Paramecium*
 - Amoeba*
 - Foraminifera*
18. Berikut ini pernyataan yang benar mengenai Ciliata, **kecuali**
- memiliki alat gerak berupa silia
 - reproduksi secara seksual dengan konjugasi
 - memiliki makronukleus dan mikronukleus
 - merupakan organisme bersel tunggal
 - memiliki bentuk tubuh yang berubah-ubah
19. Berikut ini yang termasuk anggota Ciliata adalah
- Vorticella*, *Stentor*, *Euglena*, *Didinium*
 - Vorticella*, *Euglena*, *Paramecium*, *Didinium*
 - Stentor*, *Paramecium*, *Stylonichia*, *Didinium*
 - Stentor*, *Vorticella*, *Didinium*, *Stylonichia*
 - Paramecium*, *Didinium*, *Stentor*, *Stylonichia*
20. Dalam siklus hidup Plasmodium, sporozoit akan membelah-belah membentuk merozoit. Peristiwa ini terjadi pada sel
- otak
 - darah
 - hati
 - jantung
 - kelamin
21. Protista yang menyerupai tumbuhan (Algae), termasuk dalam filum Thallophyta karena
- struktur tubuhnya belum dapat dibedakan antara batang, daun, dan akar
 - struktur tubuhnya belum mempunyai jaringan pengangkut

- struktur tubuhnya tidak memiliki alat gerak
 - struktur tubuhnya ada yang uniseluler dan multiseluler
 - struktur tubuhnya memiliki pigmen fotosintetik
22. Salah satu filum yang memperlihatkan ciri-ciri hewan dan tumbuhan adalah

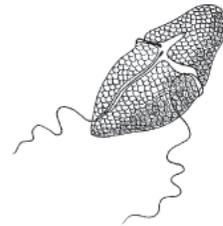
a.



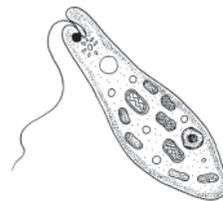
b.



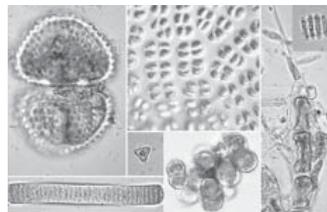
c.



d.



e.



23. Filum Chlorophyta memiliki pigmen utama berupa

- a. klorofil a dan c
 - b. klorofil a dan b
 - c. klorofil b dan c
 - d. fikoeritrin dan fikosianin
 - e. karoten dan santofil
24. Berikut, yaitu ciri-ciri protista yang mirip jamur
- a. heterotrof, dinding sel tersusun dari kitin, tidak berklorofil
 - b. heterotrof, dinding sel tersusun dari selulosa, berklorofil
 - c. autotrof, dinding sel tersusun dari kitin, berklorofil
 - d. autotrof, dinding sel tersusun dari selulosa, tidak berklorofil
 - e. autotrof, dinding sel tersusun dari kitin, tidak berklorofil
25. Berikut beberapa filum protista yang menyerupai jamur dan jamur sejati:
- 1) Ascomycotina
 - 2) Basidiomycotina
 - 3) Deuteromycotina
 - 4) Oomycotina
 - 5) Myxomicotina
- Yang termasuk protista yang menyerupai jamur adalah
- a. 1, 3
 - b. 3, 4
 - c. 2, 3
 - d. 1, 5
 - e. 4, 5
26. Jamur air yang bersifat parasit pada insang ikan adalah
- a. *Phytophthora infestans*
 - b. *Saprolegnia* sp.
 - c. *Dyctystelum discridium*
 - d. *Pythium* sp.
 - e. *Rhizopus oryzae*
27. Yang bukan merupakan ciri-ciri jamur adalah
- a. eukariotik
 - b. prokariotik
 - c. nonmotile
 - d. uniselular atau multiseluler
 - e. tidak berklorofil

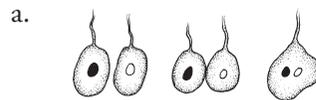
28. Kebanyakan jamur bersifat
- a. saprofit
 - b. epifit
 - c. parasit
 - d. parasit obligat
 - e. parasit fakultatif

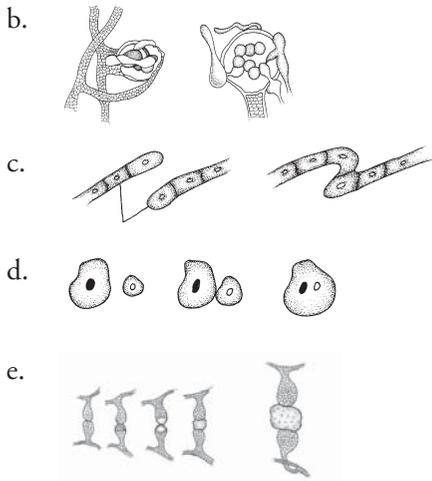
29. Perhatikan gambar berikut.



Gambar tersebut menunjukkan jamur parasit yang disebut

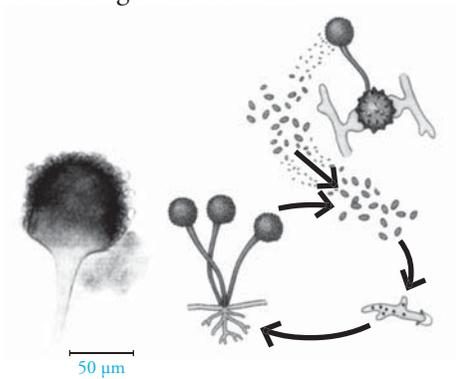
- a. *Epidermophyton floocosum*
 - b. *Ustilago maydis*
 - c. *Pneumonia carinii*
 - d. *Gymnophilus* sp.
 - e. *Saccharomyces cerevisiae*
30. Pada jamur bersel banyak (multiseluler) banyak terdapat deretan sel yang membentuk benang, disebut
- a. senositik
 - b. miselium
 - c. haustoria
 - d. badan buah
 - e. hifa
31. Yang bukan merupakan habitat jamur adalah
- a. sisa-sisa organisme
 - b. di dalam tubuh organisme
 - c. tempat-tempat yang basah, lembab, di sampah
 - d. tempat yang panas, misalnya kawah gunung berapi
 - e. lingkungan asam atau dengan konsentrasi gula yang tinggi
32. Gametangiogami ditunjukkan oleh gambar





33. Dunia Fungi dibagi menjadi 4 divisi, yaitu
- Zygomycotina, Ascomycotina, Basidiomycotina, dan Oomycotina
 - Deuteromycotina, Zygomycotina, Ascomycotina, dan Basidiomycotina
 - Oomycotina, Zygomycotina, Basidiomycotina, dan Deuteromycotina
 - Zoomycotina, Basidiomycotina, Oomycotina, dan Ascomycotina
 - Zoomycotina, Ascomycotina, Basidiomycotina, dan Deuteromycotina

34. Perhatikan gambar berikut.

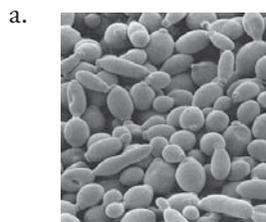


Gambar tersebut menunjukkan reproduksi seksual anggota Divisi

- Zoomycotina
- Zygomycotina
- Ascomycotina
- Basidiomycotina
- Deuteromycotina

35. Yang merupakan anggota Ascomycotina adalah
- Rhizopus* sp.
 - Pilobolus* sp.
 - Penicillium* sp.
 - Amanita* sp.
 - Candida* sp.
36. Anggota Basidiomycotina berkembang biak secara aseksual dengan
- basidiospora
 - konidia
 - zigospora
 - askospora
 - basidiokarp

37. Yang merupakan anggota fungi imperfecti adalah



38. Anggota Divisi Deuteromycotina yang menyebabkan penyakit kaki atlet adalah
- Microsporium* sp.
 - Trichophyton* sp.
 - Candida albicans*
 - Epidermophyton floocosum*
 - Sclerotium rolfsie*
39. Jenis jamur yang dapat dikonsumsi secara langsung adalah
- Auricularia polytricha*, *Trichoderma* sp., dan *Pleurotus* sp.
 - Volvariella volvacea*, *Neurospora crassa*, dan *Pleurotus* sp.
 - Amanita virosa*, *Pleurotus* sp., dan *Volvariella volvacea*
 - Volvariella volvacea*, *Ustilago maydis*, dan *Auricularia polytricha*
 - Pleurotus* sp., *Auricularia polytricha*, dan *Volvariella volvacea*
40. Peran penting jamur sebagai bioindikator pencemaran udara adalah
- bersimbiosis dengan akar membentuk mikoriza
 - bersimbiosis dengan akar membentuk lumut kerak
 - bersimbiosis dengan alga membentuk lumut kerak
 - bersimbiosis dengan alga membentuk endomikoriza
 - bersimbiosis dengan alga membentuk ektomikoriza
- B Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.**
- Biologi merupakan bagian sains. Apa yang dipelajari dalam biologi? Jelaskan.
 - Jelaskan berbagai peran penting biologi dalam kehidupan.
 - Bagaimanakah ciri-ciri virus? Jelaskan.
 - Jelaskan pencegahan penyakit akibat virus.
 - Jelaskan struktur tubuh organisme prokariotik.
 - Bagaimana cara bakteri melakukan rekombinasi materi genetik? Jelaskan.
 - Sebutkan ciri-ciri umum protista.
 - Berdasarkan alat geraknya, Protozoa dibedakan menjadi 4 filum. Sebutkan masing-masing filum tersebut beserta alat geraknya.
 - Sebutkan sistem organela yang menyusun *Paramecium*.
 - Sebutkan 3 jenis anggota Protozoa yang menguntungkan dan merugikan.
 - Sebutkan empat macam *Plasmodium* yang menyebabkan malaria beserta jenis malaria yang ditimbulkannya.
 - Mengapa *Chlorella* dapat dijadikan sebagai sumber makanan alternatif bergizi tinggi?
 - Sebutkan perbedaan Oomycotina dan Myxomicotina.
 - Jelaskan pengertian Kingdom Fungi.
 - Sebutkan macam-macam hifa. Jelaskan dengan gambar.
 - Bandingkan reproduksi jamur secara seksual dan secara aseksual.
 - Jelaskan klasifikasi dunia jamur.
 - Di dalam ekosistem, jamur berperan sebagai dekomposer. Jelaskan.
 - Bedakan simbiosis jamur yang disebut mikoriza dan yang disebut lumut kerak.
 - Jelaskan peranan jamur dalam bidang fermentasi bahan makanan.

B a b VI

Keanekaragaman Hayati



Ada beraneka ragam makhluk hidup di sekitar kita. Kalian mengenal berbagai kelompok makhluk hidup (mikroorganisme, protista, jamur, tumbuhan, dan hewan) yang masing-masing memiliki jenis dengan sifat yang beraneka ragam. Tapi apakah kalian tahu, bahwa dalam satu jenis makhluk hidup kalian masih menemukan adanya keanekaragaman? Pohon mangga misalnya, ada beragam jenis pohon mangga yang kita kenal, misalnya mangga arum manis, manalagi, dan sebagainya. Bagaimana keanekaragaman tersebut terjadi? Bagaimana cara mengenal organisme yang beraneka ragam tersebut? Kalian akan mengetahui jawabannya dalam uraian bab ini.

KATAKUNCI

- Keanekaragaman hayati
- Biodiversitas
- Flora
- Fauna
- Klasifikasi
- Identifikasi

KILAS

Pada bab-bab terdahulu telah dibahas beberapa kelompok makhluk hidup, (virus, organisme prokariotik, protista, dan fungi). Pengelompokan tersebut dilakukan berdasarkan kesamaan atau keseragaman sifat-sifatnya. Selain keseragaman, antar kelompok tersebut juga memiliki sifat yang tidak sama, dan di dalam satu kelompok juga terdapat berbagai spesies dengan sifat yang beraneka ragam

GALERI

Prinsip keanekaragaman gen banyak diterapkan dalam usaha pemuliaan tanaman, contohnya pada budidaya tanaman hias. Dengan teknik persilangan, para pecinta tanaman hias mengawinkan berbagai varietas dari jenis tanaman tertentu sehingga diperoleh tanaman hias varietas baru (hasil silangan) dengan sifat-sifat yang unik. Misalnya, tanaman bunga sepatu yang berwarna merah dikawinkan dengan bunga sepatu yang berwarna kuning, sehingga diperoleh tanaman bunga sepatu yang mahkota bunganya berwarna kuning dengan garis-garis merah.

Dalam uraian berikut kalian akan mempelajari konsep dan manfaat keanekaragaman hayati. Kalian akan mempelajari keunikan, persebaran, dan keanekaragaman hayati di Indonesia. Kalian juga akan mempelajari kegiatan manusia yang mempengaruhi keanekaragaman hayati dan upaya pelestariannya. Selain itu, kalian akan mempelajari prinsip-prinsip pengelompokan dan identifikasi makhluk hidup.

Setelah mempelajari bab ini, kalian diharapkan dapat mendeskripsikan konsep keanekaragaman hayati dan memberikan contoh keanekaragaman hayati di Indonesia dan berbagai permasalahannya. Selain itu, kalian juga diharapkan dapat memahami konsep taksonomi dan identifikasi makhluk hidup.

A. Konsep Keanekaragaman Hayati

Semua makhluk hidup memiliki beberapa sifat yang sama sehingga mereka dikatakan hidup. **Kesamaan** sifat makhluk hidup tersebut adalah bernapas, memerlukan makanan, mengeluarkan zat sisa, bergerak, tumbuh, berkembang biak, beradaptasi, dan memiliki bahan genetik. Selain kesamaan (keberagaman) tersebut, berbagai makhluk hidup juga memiliki **perbedaan (beraneka ragam)**.

Ketika kalian mengamati berbagai jenis makhluk hidup (manusia, hewan, tumbuhan, protista, fungi, virus, maupun organisme prokariotik), kalian akan menemukan adanya sifat-sifat yang beraneka ragam. Keanekaragaman tersebut tidak hanya terdapat **antarkelompok** atau **antarjenis**, tetapi juga **antarindividu** dalam satu spesies. Pada ayam, misalnya, kita mengenal berbagai jenis ayam, yaitu ayam kampung, ayam kate, dan ayam hutan. Ketiga jenis ayam tersebut memiliki perbedaan tertentu. Selain itu, di antara individu dari jenis ayam yang sama, ayam kampung misalnya, juga memiliki beberapa sifat yang tidak sama, mungkin bulunya ada yang berwarna polos dan ada pula yang berbintik-bintik (blorok). Ini menunjukkan bahwa tidak ada makhluk hidup yang sama persis, bahkan anak kembar pun antara satu dengan yang lain memiliki ciri tertentu yang membedakannya. Sifat-sifat tersebut menunjukkan adanya keanekaragaman hayati.

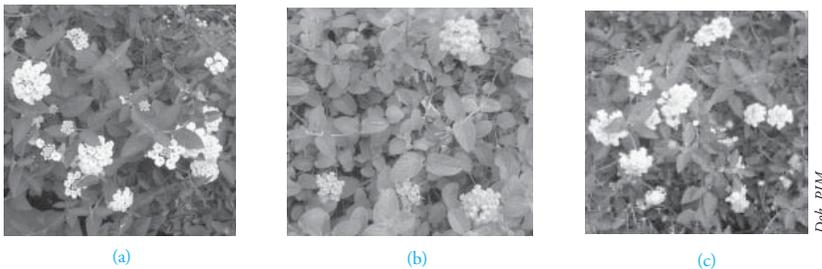
Keanekaragaman hayati adalah keanekaragaman pada makhluk hidup yang menunjukkan adanya variasi bentuk, penampilan, ukuran, serta ciri-ciri lainnya. Keanekaragaman hayati disebut juga **biodiversitas (biodiversity)**, meliputi keseluruhan berbagai variasi yang terdapat pada tingkat gen, jenis, dan ekosistem di suatu daerah. Keanekaragaman ini terjadi karena adanya pengaruh **faktor genetik** dan **faktor lingkungan** yang memengaruhi fenotip (ekspresi gen).

1. Keanekaragaman Gen

Setiap makhluk hidup tersusun atas sel, dan di dalam sel tersebut terdapat gen. **Gen** merupakan substansi yang berfungsi membawa **sifat**. Sifat yang dimiliki oleh induk jantan dan betina dibawa oleh gen untuk diwariskan kepada keturunannya. Gen terdapat dalam **kromosom**

yang berada dalam inti sel. Wujud gen berupa potongan atau segmen dari rantai terpinil (ADN). Setiap individu memiliki susunan gen yang khas, meskipun jumlah gennya sama.

Keanekaragaman gen menunjukkan adanya variasi susunan gen pada individu-individu sejenis. Gen-gen tersebut mengekspresikan berbagai variasi dari satu jenis makhluk hidup, seperti tampilan pada warna mahkota bunga, ukuran daun, tinggi pohon, dan sebagainya. Contohnya kita amati pada tanaman padi dan rambutan. Tanaman rambutan memiliki empat **varietas** yang berbeda, yaitu varietas aceh, varietas rafia, varietas jakarta, dan varietas lampung. Demikian juga pada tanaman padi yang terdiri dari varietas IR, PB, rojolele, sedani, delunggu, dan bumiayu. Contoh lain adalah **variasi warna** pada bunga tembelean (Gambar 6.1). Meskipun jenisnya sama-sama bunga tembelean, tetapi warna bunganya bermacam-macam. Ada yang putih, ungu, maupun kuning. Munculnya variasi warna tersebut dikendalikan oleh gen.



Gambar 6.1 Variasi warna pada bunga tembelean (a) putih (b) ungu (c) kuning (Warna aslinya dapat kalian lihat pada cover 3)

Untuk menambah pemahaman kalian tentang keanekaragaman gen, lakukan *Diskusi* berikut.

DISKUSI

Pergilah ke perpustakaan sekolah atau akseslah internet, lalu carilah informasi mengenai keanekaragaman gen pada manusia. Pada sifat-sifat manakah variasi itu terjadi dan apakah sifat-sifat tersebut bisa berubah? Diskusikan dengan teman sebangku kalian dan tuliskan hasilnya pada 2 lembar kertas HVS. Kumpulkan hasil diskusi kalian kepada guru.

2. Keanekaragaman Jenis

Keanekaragaman hayati tingkat jenis menunjukkan keanekaragaman atau variasi yang terdapat pada berbagai **jenis** atau **spesies** makhluk hidup dalam **genus** yang sama. Pada berbagai spesies tersebut terdapat perbedaan-perbedaan sifat. Contohnya adalah tumbuhan ketela rambat (*Ipomoea batatas*) dan tumbuhan krangkungan (*Ipomoea crassicaulis*). Meskipun berada dalam genus yang sama, yaitu *Ipomoea*, kedua tumbuhan tersebut memiliki sifat-sifat yang berbeda. Ketela rambat tumbuh merambat atau menjalar sedangkan krangkungan tumbuh tegak. Contoh lain adalah pada genus *Ficus*, misalnya antara

pohon beringin (*Ficus benjamina*) dan pohon preh (*Ficus ribes*). Perhatikan Gambar 6.2. Keanekaragaman sifat-sifat tersebut digunakan untuk menentukan kedudukan tumbuhan-tumbuhan tersebut dalam **takson** atau kategori taksonomi.



Gambar 6.2 Keanekaragaman jenis pada genus *Ficus* (a) *Ficus benjamina* (b) *Ficus ribes*

Nah, dari uraian di atas kalian telah mengerti contoh keanekaragaman jenis pada tumbuh-tumbuhan. Agar pengetahuan kalian semakin bertambah, kerjakan kegiatan dalam rubrik *Telisisik* berikut.

TELISIK

Lakukan pengamatan pada beberapa jenis hewan di lingkungan sekitar sekolah kalian. Coba temukan keanekaragaman hayati tingkat jenis pada hewan-hewan tersebut. Untuk mendukung analisis kalian, carilah data pendukung buku-buku di perpustakaan atau dari internet. Diskusikan hasilnya di dalam kelas.

3. Keanekaragaman Ekosistem

Dalam aktivitas kehidupannya makhluk hidup selalu berinteraksi dan bergantung pada lingkungan sekitarnya. Ketergantungan ini berkaitan dengan kebutuhan akan oksigen, cahaya matahari, air, tanah, cuaca, dan **faktor abiotik** lainnya. Komponen abiotik yang berbeda menyebabkan adanya perbedaan cara adaptasi berbagai jenis makhluk hidup (**komponen biotik**). Hal ini menunjukkan adanya keanekaragaman ekosistem.

Keanekaragaman ekosistem merupakan keanekaragaman suatu komunitas yang terdiri dari hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme di suatu habitat. Misalnya, hutan hujan, hutan gugur, hutan tropis, padang rumput, padang lumut, ladang, danau, dan sebagainya. Perhatikan Gambar 6.3.



Gambar 6.3 Contoh keanekaragaman ekosistem (a) hutan (b) padang rumput (c) danau

Pada lingkungan lain, kita dapat mengamati bahwa ikan yang hidup di sungai yang mengalir deras berbeda dengan ikan yang hidup di air yang tenang. Demikian juga ganggang yang berada di perairan deras berbeda dengan ganggang yang hidup di perairan tenang. Hal ini menggambarkan bahwa sungai aliran deras membentuk ekosistem yang berbeda dengan sungai tergenang.

Nah, untuk mengenal lebih jauh tentang keanekaragaman hayati, kerjakanlah *Percobaan* berikut.

PERCOBAAN

Mengamati Keanekaragaman Hayati di Lingkungan Sekitar

A. Dasar teori

Keanekaragaman hayati adalah keanekaragaman pada makhluk hidup yang menunjukkan adanya variasi bentuk, penampilan, ukuran, serta ciri-ciri lainnya. Keanekaragaman hayati meliputi berbagai variasi yang terdapat pada tingkat gen, jenis, dan ekosistem.

Ekosistem merupakan penyusun lingkungan hidup di sekitar tempat tinggal kita. Di dalam setiap ekosistem tersebut terdapat komponen biotik dan abiotik. Komponen biotik merupakan berbagai jenis makhluk hidup. Di dalam suatu ekosistem ditemukan berbagai jenis makhluk hidup dari berbagai takson. Di dalamnya bisa ditemukan adanya keanekaragaman jenis dan keanekaragaman gen.

B. Tujuan

Mengamati keanekaragaman ekosistem, keanekaragaman jenis, dan keanekaragaman gen di berbagai ekosistem

C. Alat dan bahan

1. alat tulis
2. buku referensi

D. Langkah percobaan

1. Buatlah kelompok kerja untuk melakukan percobaan ini.
2. Lakukanlah survei lingkungan sekitar tempat tinggal atau sekolah kalian. Tentukan berbagai jenis ekosistem yang ada, misalnya ekosistem sawah, ekosistem sungai, ekosistem kolam, dan lain-lain (minimal 2 ekosistem).
3. Amati keadaan setiap ekosistem tersebut. Hal yang harus kalian amati meliputi berbagai jenis makhluk hidup yang ada dan interaksi yang terjadi antarmakhluk hidup tersebut dan antara makhluk hidup dengan lingkungannya.
4. Amati pula keanekaragaman gen dari setiap spesies yang kalian temui.
5. Susunlah hasil pengamatan kalian dalam sebuah tabel. Berikut contoh tabel dan cara mengisinya.

Keanekaragaman Hayati di

Komponen teramati	Ekosistem sawah	Ekosistem sungai	Ekosistem kolam
Kondisi komponen abiotik			
	...	Airnya dangkal dan jernih, arusnya tenang, sinar matahari mencapai dasar sungai, dst...	...

Komponen teramati	Ekosistem sawah	Ekosistem sungai	Ekosistem kolam
Komponen biotik			
a. Spesies tumbuhan	a. ...	a. Enceng gondok	a. ...
	b. ...	b. Kangkung: ada yang berbunga putih, ungu, dan biru	b. ...
	c. ...	c. ...	c. ...
	dst.	dst.	dst.
b. Spesies hewan	a. ...	a. Ikan lele: ada yang berwarna hitam dan ada yang berwarna kuning	a. ...
	b. ...	b. Ikan tawes	b. ...
	c. ...	c. Burung drembombok	c. ...
	dst.	dst.	dst.

E. Pembahasan

1. Bandingkan data dari 2 atau lebih ekosistem yang kalian amati.
2. Bagaimanakah kondisi komponen biotik dan abiotik pada ekosistem-ekosistem tersebut?
3. Ekosistem manakah yang keanekaragaman hayatinya paling tinggi? Mengapa demikian?
4. Spesies manakah yang memiliki keanekaragaman gen yang paling tinggi? Mengapa demikian?
5. Buatlah laporan dan kumpulkan kepada guru kalian.

Nah teman-teman, tentunya pengetahuan kalian tentang keanekaragaman hayati semakin bertambah, bukan? Untuk menguji pemahaman kalian terhadap materi tersebut, kerjakan soal-soal berikut.

UJI KOMPETENSI

Jawablah soal-soal berikut ini dengan tepat.

1. Apa yang dimaksud dengan keseragaman dan apa yang dimaksud dengan keanekaragaman? Jelaskan dengan beberapa contoh.
2. Jelaskan pengertian keanekaragaman hayati.
3. Jelaskan pengertian keanekaragaman gen. Berikan contohnya.
4. Jelaskan pengertian keanekaragaman jenis. Berikan contohnya.
5. Jelaskan pengertian keanekaragaman ekosistem. Berikan contohnya.

Setelah kalian mempelajari konsep keanekaragaman hayati, sekarang kalian akan mempelajari keanekaragaman hayati di Indonesia. Bagaimana penjelasannya? Simaklah uraian berikut.

B. Keanekaragaman Hayati di Indonesia

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak di daerah tropis. Berada di antara dua benua, Asia dan Australia, merupakan

Indonesia memiliki kurang lebih 47 ekosistem alami yang berbeda, mulai dari ekosistem salju abadi di Puncak Pegunungan Jaya Wijaya sampai berbagai macam ekosistem hutan dataran rendah di Kalimantan dan padang rumput di Sumbawa. Ada juga ekosistem danau yang dalam hingga rawa-rawa yang dangkal. Di daerah pesisir juga dijumpai ekosistem terumbu karang dan hutan bakau (mangrove). Keanekaragaman ekosistem ini melahirkan keanekaragaman jenis.

Sumber: Moeljopawiro, 2001, hlm. 4

negara kepulauan yang terdiri dari tujuh belas ribu pulau. Indonesia juga dikenal sebagai salah satu negara **megabiodiversitas** di dunia, karena memiliki keanekaragaman jenis hayati yang tinggi. Indonesia merupakan pusat keanekaragaman hayati yang kedua terbesar di dunia, yakni setelah Brazil. **Hutan hujan tropis** kita kaya akan flora dan fauna serta memiliki tingkat **endemisme** yang tinggi. Begitu pula dengan kekayaan **terumbu karang** di laut Indonesia yang merupakan pusat keanekaragaman yang tertinggi di dunia. Perkiraan jumlah spesies utama yang ada di Indonesia dapat kalian lihat pada Tabel 6.1, mencakup mulai dari berbagai jenis mikroorganisme sampai mammalia.

Tabel 6.1 Perkiraan Jumlah Spesies Utama di Indonesia

Kelompok	Indonesia	Dunia
Bakteri, ganggang hijau-biru	300	4.700
Jamur	12.000	47.000
Rumput laut	1.800	21.000
Lumut	1.500	16.000
Paku-pakuan	1.250	13.000
Tanaman berbunga	25.000	250.000
Serangga	250.000	750.000
Moluska	20.000	50.000
Ikan	8.500	19.000
Amfibia	1.000	4.200
Reptilia	2.000	6.300
Burung	1.500	9.200
Mammalia	500	4.170

Sumber: KLH, 1989 dalam Moeljopawiro, 2001, hlm.4

Tingginya keanekaragaman hayati di Indonesia didukung oleh beberapa hal. Wilayah Indonesia terletak pada **dua kawasan biogeografi**, yaitu Oriental dan Australia, sehingga Indonesia memiliki sebagian kekayaan jenis hayati Asia dan sebagian jenis hayati Australia sebagai **modal** keanekaragaman jenis yang dimiliki. Indonesia merupakan **negara kepulauan** yang memiliki berbagai tipe topografi yang dapat berfungsi sebagai penghalang perpindahan anggota berbagai jenis hayati atau memiliki faktor alam yang khas sehingga memungkinkan terbentuknya anak jenis serta jenis baru dari modal jenis yang telah ada. Indonesia terletak di daerah tropik yang merupakan salah satu sasaran **migrasi** satwa dari belahan bumi utara serta belahan bumi selatan sehingga Indonesia mendapat tambahan kekayaan jenis hayati dari perilaku migrasi.

Wilayah Indonesia yang terdiri dari beribu-ribu pulau dibagi menjadi 3 wilayah utama, yaitu Indonesia bagian barat, tengah, dan timur. Masing-masing wilayah tersebut memiliki berbagai jenis makhluk hidup dengan **persebaran yang khas**. Misalnya, hutan di Kalimantan

memiliki jenis tumbuhan yang paling banyak dibandingkan hutan-hutan di daerah lainnya. Dengan demikian, kalian bisa menemukan jenis tumbuhan tertentu yang tidak kalian temukan di luar Kalimantan. Sedangkan hutan-hutan di Jawa, Sunda, Sulawesi, dan Maluku merupakan daerah yang memiliki tumbuhan lebih sedikit dibandingkan dengan hutan di Kalimantan. Bagaimana persebaran hewan dan tumbuhan selengkapnya? Perhatikan uraian berikut.

1. Persebaran Tumbuhan

Hutan hujan tropis di Indonesia kaya akan berbagai jenis tumbuhan. Tumbuhan di Indonesia tergolong **tumbuhan Malesiana**. Tumbuhan Malesiana merupakan jenis-jenis tumbuhan yang terdapat di beberapa daerah, yaitu di Sumatra, Kalimantan, dan Filipina bagian utara. Contoh tumbuhan tersebut adalah meranti, palem, dan salak.

Terdapat pula tumbuhan khas Malesiana yang menarik, yaitu *Rafflesia arnoldii*. Tumbuhan yang juga dikenal dengan sebutan **bunga bangkai** ini hanya bisa ditemukan di Aceh dan Bengkulu, jadi sifatnya **endemis**. Perhatikan gambar 6.4.



Glenn, Susan Toole, *Understanding Biology*, 1999, hlm. 225

Gambar 6.4 Bunga bangkai (*Rafflesia arnoldii*)

Selain *Rafflesia arnoldii* di Sumatra, tanaman endemik juga ditemukan di Papua, yaitu ratu sulur (*Strong Ylodon*). Papua juga memiliki pohon yang khas yang disebut matoa (*Pometia pinnata*). Perhatikan Gambar 6.5. Bentuk buah matoa seperti kelengkeng, tetapi lebih besar dan buahnya membentuk rangkaian seperti anggur, berkulit tipis, dan kuat.



www.sobek.go.id

Gambar 6.5 Matoa (*Pometia pinnata*)

Berbagai daerah lain di Indonesia juga memiliki jenis tumbuhan yang khas. Kelompok meranti (*Shorea* spp.) dan rotan (*Calamus caesius*) merupakan jenis yang khas dari hutan di Kalimantan. Sedangkan pohon jati (*Tectona grandis*), mahoni (*Swietenia mahagoni*), dan Kenari (*Canarium commune*) banyak ditemukan di Pulau Jawa. Contoh lain adalah salak (*Salacca edulis*) yang banyak tumbuh di Yogyakarta, Bali, dan Banjarnegara, serta durian (*Durio zibethinus*) yang banyak tumbuh di Pulau Jawa dan Sumatra. Perhatikan Gambar 6.6.



(a)

www.tpek.net.id



www.gotoreteus.com

(b)



www.personals.mundinia.es

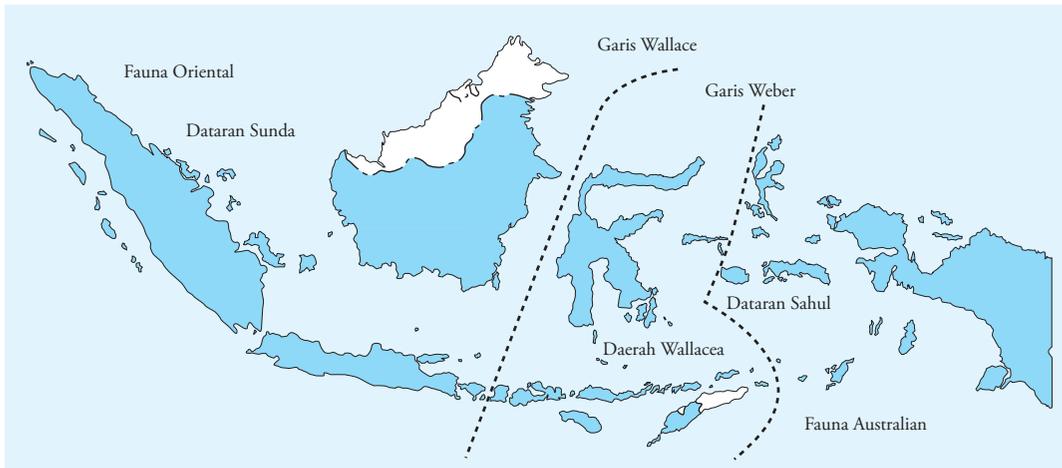
(c)

Gambar 6.6 Beberapa jenis tanaman khas Indonesia (a) mahoni (b) meranti (c) salak

2. Persebaran Hewan

Secara geografis, wilayah Indonesia dilewati **Garis Wallace** dan **Garis Weber**. Garis-garis khayal tersebut menunjukkan adanya per-

bedaan persebaran hewan (fauna) di Indonesia. Untuk lebih memahaminya, perhatikan gambar 6.7.



Gambar 6.7 Pembagian daerah biogeografi Indonesia oleh Garis Wallace dan Weber

Garis Wallace dan Weber membagi wilayah Indonesia menjadi 3 bagian, yaitu daerah di sebelah barat Garis Wallace, daerah di sebelah timur Garis Weber, dan daerah di antara keduanya. Masing-masing daerah tersebut memiliki berbagai jenis hewan yang khas.

Daerah di **sebelah barat** garis Wallace meliputi Pulau Sumatera, Jawa, dan Kalimantan memiliki berbagai jenis **fauna Oriental (Asia-tis)**. Jenis-jenis fauna tersebut adalah gajah, tapir, badak bercula satu, harimau Sumatera, orang utan, kera bekantan, dan beruang madu. Perhatikan Gambar 6.8. Tipe fauna Oriental dicirikan dengan hewan menyusui yang berukuran besar, berbagai macam kera, dan ikan air tawar.



(a)



(b)



(c)

50,000 Photo Art

Gambar 6.8 Berbagai jenis fauna Oriental (a) orang utan (b) harimau (c) badak

Di wilayah **sebelah timur** Garis Weber hidup **fauna Australian** yaitu berbagai jenis burung dengan warna bulu yang menyolok, misalnya kasuari, cendrawasih, nuri, dan parkit. Ada pula merpati berjambul dan beberapa jenis hewan berkantung, misalnya kanguru pohon. Jenis fauna yang lain adalah komodo, babirusa, dan kuskus. Gambar 6.9 menunjukkan berbagai jenis hewan tersebut.

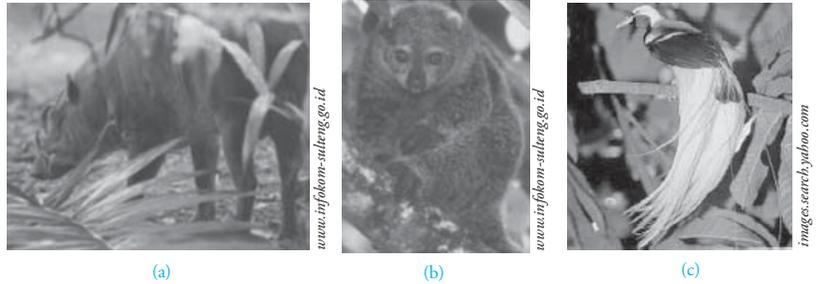
GALERI

Surga Burung Misterius

Kawasan Wallacea seluas sekitar 350.000 km² yang meliputi Kepulauan Sulawesi, Maluku, dan Nusa Tenggara merupakan habitat bagi sedikitnya 697 jenis burung penetap dan migran, 249 jenis di antaranya adalah endemik dan umumnya merupakan burung-burung cantik yang dijuluki burung-burung surgawi (*birds of paradise*).

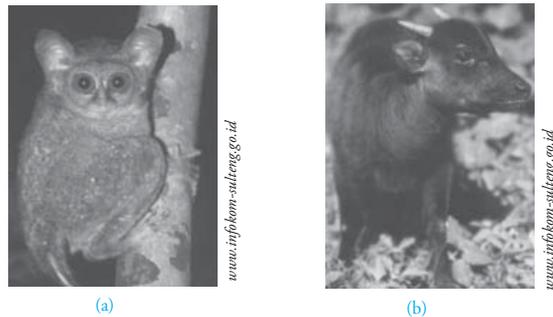
A. R. Wallace, yang namanya diabadikan untuk nama kawasan itu, menemukan beberapa spesies burung, yaitu gosong maluku (*Eulipa wallacei*), mandar gendang (*Habroptila wallacii*), walik wallacea (*Ptilinopus wallacii*), bidadari halmahera (*Semioptera wallacei*), dan burung kacamata (*Zosterops wallacei*). Nama ilmiah tersebut memakai kata *wallacei* atau *wallacii* di belakang marganya.

Sumber: www.kompas.com



Gambar 6.9 Berbagai jenis fauna Australian (a) babirusa (b) kuskus (c) cenderawasih

Daerah di antara dua Garis Wallace dan Weber merupakan **zona peralihan** atau **wilayah Wallacea**. Semakin ke timur dari Garis Wallace, jumlah fauna oriental semakin berkurang. Sebaliknya, semakin ke barat dari Garis Weber, fauna Australian semakin berkurang. Dengan demikian, marsupialia dapat ditemukan di daerah Wallacea dan burung pelatuk oriental juga dapat dijumpai di sebelah timur Wallacea. Sementara itu, hewan-hewan oriental misalnya burung hantu, bajing, dan babi melintasi Garis Wallace sampai ke Sulawesi. Hewan Australian yang lain misalnya anoa, maleo, dan tarsius. Perhatikan Gambar 6.10.



Gambar 6.10 Berbagai jenis fauna peralihan (a) tarsius (b) anoa

Kalau dicermati, fauna yang ada di Bali berbeda jauh dengan fauna yang ada di Lombok, walaupun kedua pulau tersebut hanya dipisahkan oleh selat yang hanya berjarak sekitar 30 km. Di Bali ditemukan hewan oriental bajing dan harimau, tetapi hewan ini tidak menyebar ke Lombok. Sedangkan di Lombok ditemukan burung pemakan madu yang tidak ditemukan di Bali (fauna Australian). Contoh lainnya yaitu di Sulawesi ditemukan hewan *Australian Oposom* dan burung kakak tua (fauna Australian), namun kedua hewan tersebut tidak ditemukan di Kalimantan.

Terlepas dari tipe asiatis, tipe australian, maupun peralihan, beberapa hewan tersebut adalah hewan-hewan khas Indonesia. Beberapa jenis asli Indonesia yang saat ini terancam punah adalah orang utan (endemik di Sumatra dan Kalimantan), komodo (endemik di Pulau Komodo), badak bercula satu (endemik di Ujung Kulon, Jawa Barat), dan anoa (endemik di Sulawesi).

Untuk memperkaya wawasan pengetahuan kalian tentang persebaran tumbuhan dan hewan di Indonesia, kerjakan tugas berikut.

DISKUSI

Dengan menggunakan referensi buku biologi, buku geografi, dan laporan penelitian, buatlah klipng yang menerangkan tentang beberapa hal sebagai berikut.

1. Gambar fauna Oriental dan fauna Australian beserta keterangan secukupnya.
2. Garis Wallace dan Garis Weber.
3. Kawasan peralihan beserta fauna dan floranya.

Setelah kalian mendapatkan referensi tentang beberapa hal di atas, diskusikan dengan teman-teman kalian. Kemudian, kumpulkan hasil diskusi kepada guru kalian.

Nah sekarang, untuk menajaki kemampuan kalian dalam menguasai materi keanekaragaman hayati Indonesia, kerjakan soal-soal berikut.

UJI KOMPETENSI

Jawablah soal-soal berikut dengan tepat.

1. Indonesia dikenal sebagai salah satu negara megabiodiversitas di dunia. Jelaskan.
2. Jelaskan beberapa faktor yang mendukung tingginya keanekaragaman hayati di Indonesia.
3. Bagaimanakah persebaran tumbuhan di Indonesia?
4. Jelaskan pembagian daerah biogeografi Indonesia oleh garis Wallace dan Weber.
5. Bandingkan ciri-ciri hewan Asiatik, Australian, dan peralihan. Berikan contohnya.

Setelah mempelajari konsep keanekaragaman hayati dan kekayaan hayati Indonesia, kalian tentu bertanya apa manfaat semua itu. Kalian bisa mengetahuinya pada uraian berikut.

C. Pemanfaatan Keanekaragaman Hayati dan Permasalahannya

Tingginya keanekaragaman hayati yang ada di Indonesia sangat menguntungkan karena memberikan banyak manfaat bagi kehidupan masyarakat. Dalam usaha mengambil manfaat tersebut, aktivitas manusia seringkali menimbulkan permasalahan yang mengancam kelestarian hayati. Sebagai konsekuensinya, berbagai upaya pelestarian perlu dilakukan.

1. Manfaat Keanekaragaman Hayati

Pemanfaatan keanekaragaman hayati telah dilakukan oleh masyarakat selama berabad-abad berdasarkan berbagai sistem pengetahuan yang berkembang. Misalnya masyarakat Indonesia telah menggunakan lebih dari 6.000 spesies tanaman berbunga (liar maupun yang

GALERI

Etnobiologi

Etnobiologi adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari pemanfaatan sumber daya hayati oleh kelompok masyarakat (etnik) tertentu. Pemanfaatan tersebut meliputi pemanfaatan tumbuhan maupun hewan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan pangan, papan, pakaian, dan obat-obatan, dan keperluan upacara-upacara adat.

dibudidayakan) untuk memenuhi kebutuhan akan sandang, pangan, papan, dan obat-obatan. Mereka mengetahui pola tanam tumpangsari untuk mengendalikan hama. Pengetahuan tradisional tentang keanekaragaman hayati tercermin dari pola pemanfaatan sumber daya hayati, pola pertanian tradisional, serta pelestarian alam yang masih hidup pada banyak kelompok masyarakat di Indonesia. Pada Tabel 6.2 dapat dilihat banyaknya spesies tanaman yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Indonesia.

Tabel 6.2 Jumlah Spesies Tanaman yang Dimanfaatkan Masyarakat Indonesia

Jumlah spesies	Pemanfaatan
100 spesies tanaman biji-bijian, ubi-ubian, sagu, penghasil tepung dan gula	Sumber karbohidrat
100 spesies tanaman kacang-kacangan	Sumber protein dan lemak
450 spesies tanaman buah-buahan	Sumber vitamin dan mineral
250 spesies tanaman sayur-sayuran	Sumber vitamin dan mineral
70 spesies tanaman	Bumbu dan rempah-rempah
40 spesies tanaman	Bahan minuman
56 spesies bambu dan 100 spesies tanaman berkayu	Bahan bangunan
150 spesies rotan	Perabot rumah tangga
1.000 spesies tanaman	Tanaman hias
940 spesies tanaman	Bahan obat tradisional

Sumber: KLH, 1989 dalam Moeljopawiro, 2001, hlm.5



Gambar 6.11 Contoh bahan makanan yang dibutuhkan manusia

Selain tumbuhan, pengetahuan masyarakat juga mencakup sumber daya hayati laut dan hewan daratan. Masyarakat nelayan memanfaatkan hampir semua produk laut untuk keperluan pangan, peralatan, dan obat-obatan tradisional. Masyarakat juga telah memanfaatkan jasad renik (mikroorganisme) untuk penghasil antibiotik dan untuk fermentasi dalam pembuatan tempe, oncom, peuyeum, minuman, kecap, dan terasi.

Berdasarkan tingkatan prioritasnya, kebutuhan manusia terhadap keanekaragaman hayati dibedakan menjadi dua, yaitu kebutuhan primer dan kebutuhan sekunder. Kebutuhan primer adalah kebutuhan yang sifatnya mutlak untuk dipenuhi, meliputi sumber bahan pangan, rumah (tempat tinggal), pakaian, dan oksigen. Sedangkan kebutuhan sekunder merupakan kebutuhan yang sifatnya tambahan.

Kebutuhan primer yang utama adalah **makanan**. Kebutuhan manusia terhadap makanan bergantung dari tumbuhan dan hewan yang ada di lingkungan sekitar. Sumber bahan pangan tersebut berasal dari tanaman sereal (biji-bijian seperti padi, jagung, gandum), daging, telur, dan susu yang diambil dari peternakan. Perhatikan kembali Tabel 6.2 dan Gambar 6.11.

Selain pangan, manusia membutuhkan **rumah** sebagai tempat berlindung dari panas dan hujan (Gambar 6.12). Rumah tersebut



Gambar 6.12 Kayu merupakan salah satu bahan dasar bangunan (rumah).

dibuat dari kayu yang diambil dari tumbuhan besar, misalnya pohon jati dan meranti.

Manusia juga membutuhkan **pakaian** yang digunakan untuk melindungi tubuhnya dari pengaruh cuaca buruk. Bahan pakaian bisa berasal dari tumbuhan seperti kapas dan serat rosela. Selain itu, pakaian juga dihasilkan dari ulat sutera.

Oksigen juga merupakan kebutuhan pokok, karena salah satu ciri makhluk hidup adalah bernapas. Pada waktu bernapas, manusia membutuhkan oksigen dan mengeluarkan karbondioksida. Oksigen yang dibutuhkan manusia bersal dari hasil fotosintesis yang dilakukan tumbuhan. Karena sebagian besar tumbuhan hidup di hutan, maka keberadaan hutan yang lestari akan menjamin ketersediaan oksigen bagi manusia dan makhluk lain.

Setelah kebutuhan primernya terpenuhi, manusia memiliki tambahan berbagai kebutuhan, yang disebut **kebutuhan sekunder**. Kebutuhan sekunder antara lain berupa sarana rekreasi (taman wisata dan hutan wisata), sarana konservasi/pelestarian (taman nasional, hutan lindung, dan cagar alam), sarana pendidikan (taman nasional, cagar alam, hutan lindung, kebun raya, dan kebun binatang). Perhatikan Gambar 6.13.

Nah, untuk menambah pengetahuan kalian tentang pemanfaatan berbagai jenis sumber daya hayati, lakukanlah kegiatan *Telisik* berikut.



Mitrosaf/Encarna Premium 2006

Gambar 6.13 Kebun binatang, sarana rekreasi dan pendidikan

TELISIK

Amatilah lingkungan sekitar kalian. Lakukan survei tentang pemanfaatan tanaman dan hewan tertentu di lingkungan kalian, kemudian masukkan datanya dalam tabel berikut.

No	Nama hewan/tumbuhan	Manfaat
1	Kunyit	Antiseptik, bumbu dapur, obat sakit perut
2	...	...
dst	...	...

Presentasikan hasil survei kalian di depan kelas.

Adakah di antara kalian yang menemukan contoh pemanfaatan mikroorganisme di masyarakat? Diskusikan kelebihan dan kekurangannya.

2. Ancaman terhadap Keanekaragaman Hayati

Tingginya keanekaragaman hayati yang dimiliki Indonesia memang dinilai sangat menguntungkan karena banyak di antara jenis hayati yang ada memiliki manfaat sebagai bahan obat, bahan bangunan, bahan dasar industri, maupun bahan-bahan lain yang sangat diperlukan baik oleh Indonesia sendiri maupun oleh negara lain. Jenis-jenis lain yang secara langsung tidak atau kurang bermanfaat bagi kehidupan manusia pun ternyata sangat penting untuk mendukung kehidupan jenis hayati yang diperlukan oleh manusia.

Kura-kura yang Terancam Punah



Painted Terrapin (Callagur borneoensis) merupakan jenis kura-kura yang sangat terancam punah. Jenis Ampibia yang bias ditemukan di Thailand selatan, Semenanjung Malaysia dan Kalimantan ini banyak diambil telurnya untuk dijual di banyak pasar Asia. Kerusakan habitat karena pembukaan hutan juga merupakan ancaman bagi mereka.

Sumber: www.kompas.com

Keanekaragaman hayati yang tinggi juga menyebabkan banyak di antara jenis hayati Indonesia memiliki **populasi** yang kecil atau daerah sebarannya sangat **terbatas** (endemis) sehingga menjadi rawan punah. Selain itu terdapat pula jenis **pemangsa puncak**, jenis **megaherbivora**, jenis-jenis yang berbiak dalam kelompok, dan jenis-jenis yang melakukan migrasi.

Berbagai kegiatan manusia juga menyebabkan beberapa kelompok hayati menjadi rawan mengalami kepunahan. Kegiatan tersebut berupa pemanfaatan secara besar-besaran sampai melampaui daya reproduksinya. Kegiatan lain adalah penebangan kayu yang menyebabkan terjadinya fragmentasi hutan. Sehingga jenis-jenis hayati yang hanya dapat hidup di tengah rimba tidak dapat bertahan hidup karena kehilangan habitat. Contohnya adalah orang utan (*Pongo pygmaeus*). Orang utan merupakan **primata arboreal**, yaitu jenis kera besar yang habitatnya adalah pepohonan dengan kanopi yang lebat. Akibat fragmentasi habitat, orang utan terpaksa tidak lagi hidup di kanopi hutan, tetapi tergusur dari habitat aslinya dan hidup di permukaan tanah yang sangat kurang akan bahan makanan. Kakinya yang tidak dirancang untuk berjalan pun terpaksa digunakannya untuk menapak di lantai hutan. Perhatikan Gambar 6.14.

Upaya manusia dalam memanfaatkan keanekaragaman hayati seringkali menimbulkan ancaman karena manusia dalam upaya meningkatkan kesejahteraan hidupnya, terkadang melakukan hal-hal yang tidak terkendali. Tindakan eksploitasi alam dengan tidak memikirkan akibat negatifnya menjadi ancaman bagi berbagai jenis hayati yang ada. Di bidang pertanian, manusia seringkali menggunakan insektisida dan pestisida secara berlebihan. Penggunaan insektisida memang dapat meningkatkan produksi pertanian, asalkan dalam dosis dapat. Tetapi, jika dosisnya berlebihan akan menyebabkan rusaknya keanekaragaman hayati karena ikut meracuni organisme nontarget.

Selain pertanian, penebangan liar juga menyebabkan ekosistem hutan terganggu. Perhatikan Gambar 6.15. Akibatnya berpotensi menimbulkan berbagai bencana, seperti banjir dan tanag longsor. Begitu pula dengan usaha mengubah fungsi hutan untuk **industrialisasi**. Selain itu, sistem **ladang berpindah** yang dilakukan oleh penduduk lokal juga dapat merusak tanaman, hewan, dan struktur tanah.



Microsoft/Encarta Premium 2006

Gambar 6.14 Orang utan, primata arboreal yang kehilangan habitatnya akibat fragmentasi hutan



Microsoft/Encarta Premium 2006

Gambar 6.15 Penebangan hutan secara liar menyebabkan terjadinya bencana alam

Perburuan liar juga merupakan ancaman serius bagi keanekaragaman hayati. Sebagaimana kita ketahui bersama, bahwa hutan merupakan habitat yang nyaman bagi beberapa hewan dan tumbuhan tertentu. Tetapi jika manusia melakukan perburuan liar, maka berbagai jenis hewan akan mati. Apabila kegiatan berburu tersebut berlangsung terus menerus maka hewan-hewan yang diburu tersebut akan semakin berkurang populasinya sehingga terancam punah. Sayangnya kegiatan berburu ini justru seringkali dilakukan hanya sebagai hobi atau sarana olah raga, daripada untuk memenuhi kebutuhan akan pangan. Tidak heran bila kita sering melihat orang-orang yang memiliki tingkat penghasilan yang tinggi memiliki hobi yang membunuh ini. Mereka dengan bangga memamerkan hasil buruannya tanpa merasa bersalah telah membunuh berbagai hewan yang tidak berdosa. Perhatikan Gambar 6.16.



www.indosiar.com

Gambar 6.16 Perburuan liar, kegiatan manusia yang mengganggu keanekaragaman hayati

Di ekosistem perairan, penangkapan ikan dengan alat-alat modern juga merupakan ancaman bagi keanekaragaman hayati. Para nelayan yang tidak sabar menggunakan kail atau jaring memilih menangkap ikan dengan menyetrum atau menggunakan bahan kimia dan bahan peledak. Memang ikan yang tertangkap lebih banyak, tetapi cara ini mengganggu ekosistem karena ikan-ikan yang masih kecil juga akan ikut mati.

3. Upaya Pelestarian Keanekaragaman Hayati —

Untuk mengatasi berbagai kerusakan yang mengancam ekosistem dan keanekaragaman hayati yang ada di dalamnya, manusia melakukan berbagai tindakan. Tindakan tersebut meliputi penebangan hutan dengan terencana, reboisasi, pengendalian hama dengan hewan predator, dan berbagai usaha pelestarian lainnya.

Penebangan hutan yang dilakukan dengan **terencana** (sistem tebang pilih) akan dapat mengurangi resiko bencana alam akibat penebangan liar. Penebangan tersebut kemudian diikuti dengan reboisasi atau penanaman kembali. Reboisasi merupakan suatu cara untuk melestarikan keanekaragaman hayati dengan menanam kembali berbagai jenis pohon. Perhatikan Gambar 6.17. Dengan demikian, beberapa jenis tumbuhan tidak akan punah, meskipun pertumbuhannya memerlukan waktu yang lama.



www.starmartidika.com

Gambar 6.17 Reboisasi

Selain reboisasi, **pengendalian hama** dengan hewan predator juga merupakan solusi menjaga kelestarian hayati. Pengendalian hama dengan hewan predator lebih aman jika dibandingkan dengan penggunaan pestisida dan insektisida, karena tidak mengganggu keseimbangan ekosistem.

Untuk mendukung kelestarian berbagai jenis hayati, dilakukan berbagai usaha pelestarian hewan dan tanaman. Kegiatan ini dapat dilaksanakan dengan dua cara, yaitu secara *in situ* dan secara *ex situ*. Pelestarian secara *in situ* adalah pelestarian jenis-jenis hayati di dalam habitat aslinya. Contohnya adalah dengan mendirikan cagar alam.



Gambar 6.18 Penangkaran, salah satu usaha konservasi *ex situ*

Sedangkan secara *ex situ* pelestarian tersebut dilakukan di luar habitatnya, misalnya dengan penangkaran. Dengan penangkaran ini, berbagai jenis hewan yang sulit berkembang biak di habitat aslinya akan dibantu untuk berkembangbiak. Contohnya adalah penangkaran harimau di kebun binatang Ragunan. Perhatikan Gambar 6.18.

Nah teman-teman, untuk menambah wawasan kalian tentang kegiatan manusia yang berpengaruh terhadap keanekaragaman hayati, lakukan kegiatan berikut.

TELISIK

Bekerjalah dengan teman sebangku kalian, kemudian kerjakan hal-hal berikut.

1. Carilah informasi dari berbagai media (buku, surat kabar, majalah, internet) tentang keanekaragaman hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme khas biogeografi Indonesia dan pemanfaatannya.
2. Tampilkan dalam bentuk tabel. Cobalah kalian rancang sendiri bagaimana bentuk tabelnya.
3. Berdasarkan data yang sudah kalian peroleh, kelompokkan organisme tersebut menjadi kelompok organisme bermasalah dan kelompok organisme tidak bermasalah. Organisme bermasalah bisa disebabkan karena langka, mendekati punah, atau sudah punah.
4. Presentasikan hasil kerja kalian di dalam kelas. Diskusikan bagaimana cara mengembangkan berbagai kekayaan hayati tersebut dan bagaimana mencegahnya dari kepunahan.

GALERI

Kepunahan Massal Keenam

Lebih dari 700 jenis binatang yang terancam punah saat ini tinggal di habitat yang tidak mendapat perlindungan resmi. Kondisi ini membuat banyak ahli biologi meramalkan bahwa bumi akan segera menghadapi "kepunahan massal keenam". Penyebabnya adalah gangguan keseimbangan ekosistem akibat punahnya spesies tertentu yang dapat menyeret spesies lain, termasuk manusia, menuju kepunahan massal. Sebelumnya kepunahan massal terjadi pada jaman dinosaurus sekitar 65 juta tahun lalu. Untuk mengatasinya, pemerintah di berbagai negara perlu menyisihkan wilayahnya untuk dijadikan daerah konservasi.

Sumber: www.kompas.com

Setelah menyelesaikan rubrik *Telisik* tentu kalian telah mengetahui pentingnya menjaga kelestarian keanekaragaman hayati. Lantas, apakah usaha-usaha tersebut harus kita lakukan seorang diri? Tentu tidak, karena semua manusia ikut bertanggung jawab. Bahkan negara pun ikut bertanggung jawab. Mari kita bahas bagaimana peranan pemerintah dalam menjaga kelestarian hayati di Indonesia.

a. Perlindungan Alam Umum

Perlindungan alam umum merupakan perlindungan terhadap flora, fauna, dan tanahnya. Perlindungan alam umum dibagi menjadi tiga, yaitu perlindungan alam ketat, perlindungan alam terbimbing, dan taman nasional.

Perlindungan alam ketat adalah perlindungan alam tanpa campur tangan manusia, kecuali apabila dipandang perlu. Jadi, dalam perlindungan ini, alam dibiarkan berkembang dengan sendirinya. Tujuan perlindungan ini untuk **penelitian ilmiah**. Contohnya adalah cagar alam Ujung Kulon (Gambar 6.19) sedangkan **perlindungan alam terbimbing** adalah perlindungan alam oleh para ahli. Contohnya adalah Kebun Raya Bogor (Gambar 6.20). Kedua perlindungan alam tersebut biasanya berupa areal atau wilayah yang relatif sempit.

Berbeda dengan perlindungan alam, taman nasional (*national park*) merupakan perlindungan terhadap keadaan alam yang meliputi daerah yang sangat luas, di mana tidak diperbolehkan dibangun rumah tinggal atau untuk kepentingan industri. Namun demikian, taman nasional dapat difungsikan sebagai tempat rekreasi dan wisata, asalkan

tidak mengubah keseimbangan ekosistem. Contohnya adalah Taman Safari Bogor (Gambar 6.21).



Gambar 6.21 Taman Safari Bogor



Gambar 6.19 Cagar alam Ujung Kulon

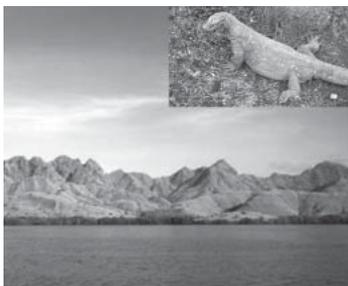


Gambar 6.20 Kebun Raya Bogor

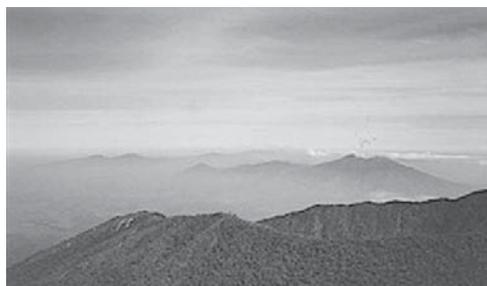
Berdasarkan hasil kongres internasional pada tahun 1982, ditetapkan enam belas Taman Nasional (T.N.) di Indonesia. Keenam-belas taman nasional tersebut adalah:

1. T. N. Kerinci (Sumatera Barat, Jambi, Bengkulu) ± 1.485.000 hektar.
2. T. N. Gunung Leuser (Sumatera Utara, Aceh) ± 793 hektar.
3. T. N. Barisan Selatan (Lampung, Bengkulu) ± 365.000 hektar.
4. T. N. Tanjung Puting (Kalimantan Tengah) ± 355.000 hektar.
5. T. N. Drumoga Bone (Sulawesi Utara) ± 300.000 hektar.
6. T. N. Lorelindu (Sulawesi Tengah) ± 231.000 hektar.
7. T. N. Kutai (Kalimantan Timur) ± 200.000 hektar.
8. T. N. Manusela Wainua (Maluku) ± 189.000 hektar.
9. T. N. Kepulauan Seribu (DKI Jakarta) ± 108.000 hektar.
10. T. N. Ujung Kulon (Jawa Barat) ± 79.000 hektar.
11. T. N. Besakih (Bali) ± 78.000 hektar.
12. T. N. Pulau Komodo (Nusa Tenggara Barat) ± 75.000 hektar.
13. T. N. Bromo, Tengger, Semeru (Jawa Timur) ± 58.000 hektar.
14. T. N. Meru Betiri (Jawa Timur) ± 50.000 hektar.
15. T. N. Baluran (Jawa Timur) ± 25.000 hektar.
16. T. N. Gunung Gede, Pangrango (Jawa Barat) ± 15 hektar.

Berbagai taman nasional tersebut memiliki jenis-jenis hayati yang khas. Contohnya adalah T. N. Pulau Komodo yang melindungi biawak komodo (*Varanus komodoensis*). Sedangkan T. N. Gunung Gede Pangangro adalah taman nasional yang di bawahnya ada Kebun Raya Cibodas. Perhatikan Gambar 6.22 dan Gambar 6.23.



Gambar 6.22 Taman Nasional Pulau Komodo



Gambar 6.23 Taman Nasional Gunung Gede Pangangro

GALERI

Pusat Penyelamatan Satwa Jogjakarta

Pusat Penyelamatan Satwa Jogjakarta (PPSJ) merupakan unit pengelolaan hewan-hewan yang dilindungi sebelum dilepasliarkan kembali ke habitat aslinya. Hewan-hewan tersebut berasal dari warga masyarakat yang memilikinya secara ilegal, sehingga disita oleh Badan Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA). Setelah disita, hewan-hewan tersebut dikondisikan agar dapat mandiri dan mengenal makanan alaminya sehingga nantinya bisa bertahan hidup ketika dikembalikan ke habitat aslinya.

Untuk menjaga keanekaragaman hayati di Indonesia, maka pemerintah melakukan beberapa hal, yaitu menetapkan konservasi lingkungan, meliputi cagar alam, suaka margasatwa, taman nasional, taman wisata alam, taman raya, dan taman perburuan. Tiap-tiap jenis konservasi tersebut memiliki prinsip pengelolaan yang berbeda.

Setiap jenis konservasi memiliki nilai manfaat tertentu. **Cagar alam** berfungsi sebagai kantung plasma nutfah (penyimpanan gen-gen tiap jenis makhluk hidup). Hal ini bertujuan untuk mencegah punahnya makhluk hidup. Selain itu, cagar alam juga menjadi habitat (tempat hidup) satwa liar dan tumbuhan, pusat pengaturan sistem air, tempat pengungsian satwa, tempat penelitian dan pendidikan, dan referensi (pusat rujukan). Sedangkan fungsi utama taman buru, yaitu sebagai tempat pengembangan ekonomi kepariwisataan, pusat pendidikan, tempat perburuan, tempat koleksi tumbuhan dan satwa, dan penunjang devisa daerah dalam hal pemanfaatan jasa lingkungan.

b. Perlindungan Alam dengan Tujuan Tertentu

Perlindungan alam dengan tujuan tertentu merupakan perlindungan dengan **tujuan khusus**. Kekhususan tersebut berlatar belakang dari **potensi** yang ada di kawasan yang bersangkutan. Perhatikan Gambar 6.24 dan 6.25. Macam-macam perlindungan tersebut adalah sebagai berikut.

1) Perlindungan alam geologi

Perlindungan alam geologi yaitu perlindungan alam dengan tujuan melindungi formasi geologi tertentu, misalnya batuan.

2) Perlindungan alam botani

Perlindungan alam botani yaitu perlindungan alam dengan tujuan melindungi komunitas tumbuhan tertentu, misalnya Kebun Raya Bogor.

3) Perlindungan alam zoologi

Perlindungan alam zoologi yaitu perlindungan alam dengan tujuan melindungi hewan langka dan mengembangkannya dengan cara memasukkan hewan sejenis ke daerah lain, misalnya cagar alam Ujung Kulon.

4) Perlindungan alam antropologi

Perlindungan alam antropologi yaitu perlindungan alam dengan tujuan melindungi suku bangsa terisolir, misal suku Indian di Amerika, suku Asmat di Irian, dan suku Badui di Banten Selatan.

5) Perlindungan pemandangan alam

Perlindungan pemandangan alam yaitu perlindungan alam dengan tujuan melindungi keindahan alam, misalnya lembah sianok di Sumatra barat.

6) Perlindungan monumen alam

Perlindungan monumen alam yaitu perlindungan alam dengan tujuan melindungi benda-benda alam, misalnya stalagtit dan stalagmit dalam gua serta air terjun.



Microsof Encarta Premium 2006

Gambar 6.24 Salah satu contoh perlindungan monumen alam



Microsof Encarta Premium 2006

Gambar 6.25 Salah satu contoh hutan lindung

7) Perlindungan suaka margasatwa

Perlindungan suaka margasatwa yaitu perlindungan dengan tujuan melindungi hewan-hewan yang terancam punah, misalnya badak, gajah, dan harimau Jawa.

8) Perlindungan hutan

Perlindungan hutan yaitu perlindungan dengan tujuan melindungi tanah, air, dan perubahan iklim.

9) Perlindungan ikan

Perlindungan ikan yaitu perlindungan dengan tujuan melindungi ikan yang terancam punah.

Sudah pahamkah kalian mengenai pemanfaatan keanekaragaman hayati dan permasalahannya? Sebelum mengerjakan *Uji Kompetensi*, kerjakan tugas individual berikut.

TELISIK

Buatlah karya tulis ilmiah dengan tema *Peran Remaja dalam Pelestarian Sumber Daya Hayati Tumbuhan*. Untuk mendukung karya tulis kalian, gunakan referensi dari buku-buku perpustakaan dan artikel dari internet.

Setelah itu, susunlah karya tulis kalian disertai fakta yang berhubungan dengan tema tersebut. Jangan lupa, berilah pendapat dari para ahli mengenai tema yang kalian bahas. Tuliskan karya tulis kalian dalam 3 lembar kertas HVS, lalu presentasikan di depan kelas.

Nah, kini saatnya kalian menguji pemahaman dengan mengerjakan soal-soal berikut.

UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Berdasarkan tingkatan prioritas, kebutuhan manusia terhadap keanekaragaman hayati dibedakan menjadi berapa? Jelaskan.
2. Sebut dan jelaskan berbagai ancaman terhadap keanekaragaman hayati.
3. Jelaskan berbagai usaha pelestarian hayati.
4. Perlindungan alam umum dibagi menjadi tiga. Jelaskan.
5. Apa yang dapat kalian lakukan dalam menjaga keanekaragaman hayati? Jelaskan.

Keanekaragaman hayati disusun oleh berbagai spesies makhluk hidup. Berbagai jenis tersebut jumlahnya mencapai ribuan. Untuk mempermudah pengenalannya, organisme tersebut dikelompokkan dalam berbagai takson di dalam sistem klasifikasi makhluk hidup. Apa dan bagaimana klasifikasi itu? Simaklah uraian berikut.

Dalam bab-bab terdahulu kita sudah berkali-kali menyebut jenis makhluk hidup dengan nama ilmiahnya. Nama tersebut menunjukkan kedudukan suatu jenis di dalam klasifikasi makhluk hidup



50.000 Photo Art

Gambar 6.26 Kelompok ikan (Pisces)

D. Klasifikasi Makhluk Hidup

Dalam kehidupan sehari-hari, kalian sering melakukan pengelompokan terhadap benda-benda tertentu, bukan? Misalnya, kalian mengelompokkan sendok, piring, dan gelas dalam kelompok alat-alat makan. Selain itu, kalian juga mengelompokkan bus, motor, dan mobil dalam kelompok alat-alat transportasi. Pengelompokan alat-alat makan dan transportasi tersebut adalah berdasarkan fungsinya masing-masing. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa setiap pengelompokan pasti didasarkan pada dasar pengelompokan. Begitu pula halnya dengan klasifikasi makhluk hidup.

Sebagaimana telah kita ketahui bahwa alam semesta dihuni oleh beragam makhluk hidup. Agar lebih mudah mengenali beragam makhluk hidup, kita perlu melakukan klasifikasi makhluk hidup. Bagaimana cara klasifikasi makhluk hidup? Perhatikan uraian berikut.

1. Tujuan dan Manfaat Klasifikasi Makhluk Hidup

Jumlah tumbuhan dan hewan sangat banyak, sehingga tidak mungkin menghafalkannya satu per satu. Oleh karena itu, kita perlu melakukan **klasifikasi**. Dengan klasifikasi, kita dapat mengenal sifat suatu spesies dengan melihat spesies lain yang merupakan anggota kelompok yang sama atau dengan melihat nama kelompoknya. Contohnya kita dapat mengelompokkan seluruh jenis hewan menjadi dua kelompok besar, yaitu hewan bertulang belakang (vertebrata) dan hewan tidak bertulang belakang (invertebrata). Kemudian, kelompok hewan vertebrata dikelompokkan menjadi kelompok yang lebih kecil lagi, yaitu kelompok ikan (Pisces), kelompok hewan dua alam (Amfibi), kelompok hewan melata (Reptil), kelompok hewan menyusui (Mammalia), dan kelompok hewan bersayap (Aves). Kelompok-kelompok tersebut dikumpulkan berdasarkan persamaan sifat. Kelompok ikan, misalnya, merupakan kumpulan dari berbagai jenis hewan yang hidup di air dan memiliki kesamaan sifat-sifat tertentu sehingga disebut sebagai ikan. Misalnya mempunyai sisi, bernapas dengan insang, dan berenang dengan sirip. Perhatikan Gambar 6.26.

Kegiatan mengklasifikasikan makhluk hidup sangat **bermanfaat** bagi manusia. Dengan klasifikasi tersebut akan mempermudah kita dalam mempelajari berbagai jenis makhluk hidup yang ada di dunia ini. Manfaat lainnya adalah memudahkan langkah-langkah pelestarian keanekaragaman hayati. Dengan klasifikasi juga bisa diketahui hubungan kekerabatan spesies satu dengan yang lain. Nah sekarang, cobalah kerjakan kegiatan berikut.

TELISIK

Tanaman bunga sepatu dapat dimasukkan dalam satu kelompok dengan tanaman jambu biji, yaitu kelompok tumbuhan dikotil. Cobalah kalian temukan persamaan kedua jenis tanaman tersebut meliputi bentuk daun, pertulangan daun, dan tepi daunnya. Dapatkah kalian melihat persamaan lainnya? Tuliskan jawaban kalian dalam buku tugas, lalu kumpulkan kepada guru kalian.

2. Proses dan Hasil Klasifikasi Makhluk Hidup

Para ilmuwan melakukan pengelompokan makhluk hidup dengan cara mencari persamaan ciri-ciri yang dimiliki. Makhluk hidup yang memiliki **kesamaan ciri** (sifat) dikelompokkan dalam satu kelompok atau takson. Misalnya, ayam dan burung dimasukkan dalam satu kelompok karena memiliki ciri yang sama, yaitu berbulu, memiliki paru, dan berkembang biak dengan bertelur.

Sementara itu, hewan yang memiliki perbedaan sifat akan dimasukkan dalam kelompok yang berbeda pula. Misalnya, kita akan mengelompokkan beberapa hewan, yaitu sapi, kerbau, kambing, kucing, itik, ayam, angsa, merpati, dan jalak. Hewan-hewan tersebut dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok. Kelompok pertama berdasarkan kesamaan ciri tubuhnya yang berambut. Kelompok ini terdiri dari sapi, kerbau, kambing, dan kucing. Sedangkan kelompok kedua berdasarkan kesamaan ciri tubuhnya yang berbulu. Kelompok ini terdiri dari itik, ayam, angsa, merpati, dan jalak.

Berdasarkan cara pengelompokannya, sistem klasifikasi makhluk hidup dibedakan menjadi 3 macam, yaitu sistem artifisial, sistem alamiah, dan sistem filogeni. Masing-masing sistem klasifikasi tersebut memiliki dasar pengelompokan tertentu.

Pada **sistem artifisial (buatan)**, klasifikasikan dilakukan berdasarkan struktur **morfologis**, **anatomi**, dan **fisiologi** (terutama pada alat perkembangbiakan dan habitat makhluk hidup). Contoh sistem klasifikasi ini adalah yang dilakukan oleh **Theopratus** dalam bukunya *Historia Plantarum*. Ia membagi tumbuhan menjadi empat kelompok berdasarkan penampakkannya, yaitu pepohonan, perdu, semak, dan gulma. Sistem yang lain dikemukakan oleh **Aristoteles** dalam bukunya *Historia Animalum*. Ia mengelompokkan hewan menjadi dua kelompok, yaitu hewan berdarah dan hewan tak berdarah. Tokoh lain yang mengembangkan sistem ini adalah **Carolus linneaus**.

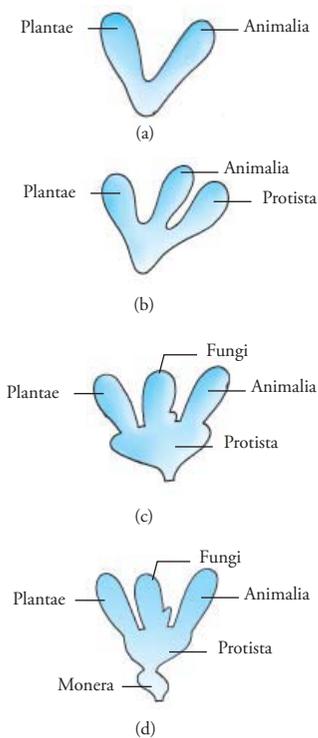
Pada **sistem alamiah**, hasil klasifikasi (takson) terbentuk secara alami, sesuai kehendak alam. Dasar klasifikasi yang digunakan yaitu banyak sedikitnya persamaan, terutama **morfologi**. Pelopornya adalah **Michael Adanson** dan **Jean Baptise de Lamarck**. Mereka mengelompokkan hewan menjadi empat kelompok, yaitu hewan berkaki empat, hewan berkaki dua, hewan bersirip, dan hewan tidak berkaki. Selanjutnya, hewan berkaki empat dibagi lagi menjadi kelompok hewan berkuku genap dan berkuku gasal.

Sedangkan **sistem filogeni** merupakan klasifikasi yang mengacu pada teori **evolusi**. Teori tersebut menyatakan bahwa spesies yang ada di muka bumi akan mengalami perubahan terus menerus sejalan dengan perubahan lingkungan, sehingga menghasilkan spesies yang berbeda. Organisme baru dilahirkan oleh organisme pendahulunya yang mengalami perubahan (meliputi perubahan susunan gen) yang mengakibatkan perubahan pada sifat organisme tersebut. Proses ini berlangsung lambat dan membutuhkan waktu yang sangat lama. Dengan

GALERI

Bapak Klasifikasi

Carolus Linnaeus atau Carl Von Linne adalah seorang doktor ahli botani dari Swedia. Dia memperkenalkan sistem klasifikasi modern. Pada mulanya, sistem klasifikasi yang dikenalkan menggunakan sistem polinomial (banyak kata). Selanjutnya, ia menggunakan sistem binomial (dua kata). Kata pertama menunjukkan genus, sedangkan kata kedua menunjukkan spesies. Karena berhasil memperkenalkan sistem binomial, ia mendapatkan julukan Bapak Klasifikasi.



Gambar 6.27 Perkembangan sistem klasifikasi makhluk hidup
 (a) Sistem dua kingdom
 (b) Sistem tiga kingdom
 (c) Sistem empat kingdom
 (d) Sistem lima kingdom

menggunakan sistem ini, jauh dekatnya hubungan kekerabatan antar takson dapat terlihat dengan jelas. Semakin dekat hubungan kekerabatan, semakin banyak persamaannya.

Dalam sejarah perkembangannya, berbagai sistem klasifikasi pernah dikemukakan oleh para ahli, mulai dari sistem dua kingdom sampai sistem yang sekarang umum dipakai. Perhatikan Gambar 6.27.

Pada tahun 1758, **Carolus Linnaeus** mengusulkan **sistem dua kingdom**. Ia mengelompokkan makhluk hidup menjadi 2 kingdom (dunia), yaitu Dunia Hewan (*Animalia*) dan Dunia Tumbuhan (*Plantae*). Semua organisme yang tidak memiliki dinding sel dan mempunyai kemampuan berpindah tempat dimasukkan dalam kelompok hewan. Sedangkan organisme yang memiliki dinding sel, mampu melakukan fotosintesis, dan tidak dapat berpindah tempat dimasukkan dalam kelompok tumbuhan.

Menyempurnakan sistem dua kingdom, pada tahun 1866, **Ernest Haeckel** mengusulkan **sistem tiga kingdom**. Di dalam sistem ini, makhluk hidup dibagi Dunia Hewan (*Animalia*), Dunia Tumbuhan (*Plantae*), dan Dunia Protista. Dunia Protista mencakup bacteria, Protozoa, dan Porifera. Selain Haeckel, sistem tiga kingdom juga diusulkan oleh **Antoni Van Leuwenhoek**, tetapi kingdom yang ketiga bukan Protista, melainkan **Fungi** (Dunia Jamur). Leuwenhoek menggunakan dasar pengelompokan berupa cara memperoleh nutrisi. Fungi merupakan kelompok organisme yang memperoleh makanannya dengan menguraikan dan menyerap media, *Plantae* merupakan kelompok organisme yang mendapatkan makanan dengan melakukan fotosintesis, dan *Animalia* merupakan kelompok organisme yang memakan organisme lain, baik fungi, tumbuhan, maupun hewan lain.

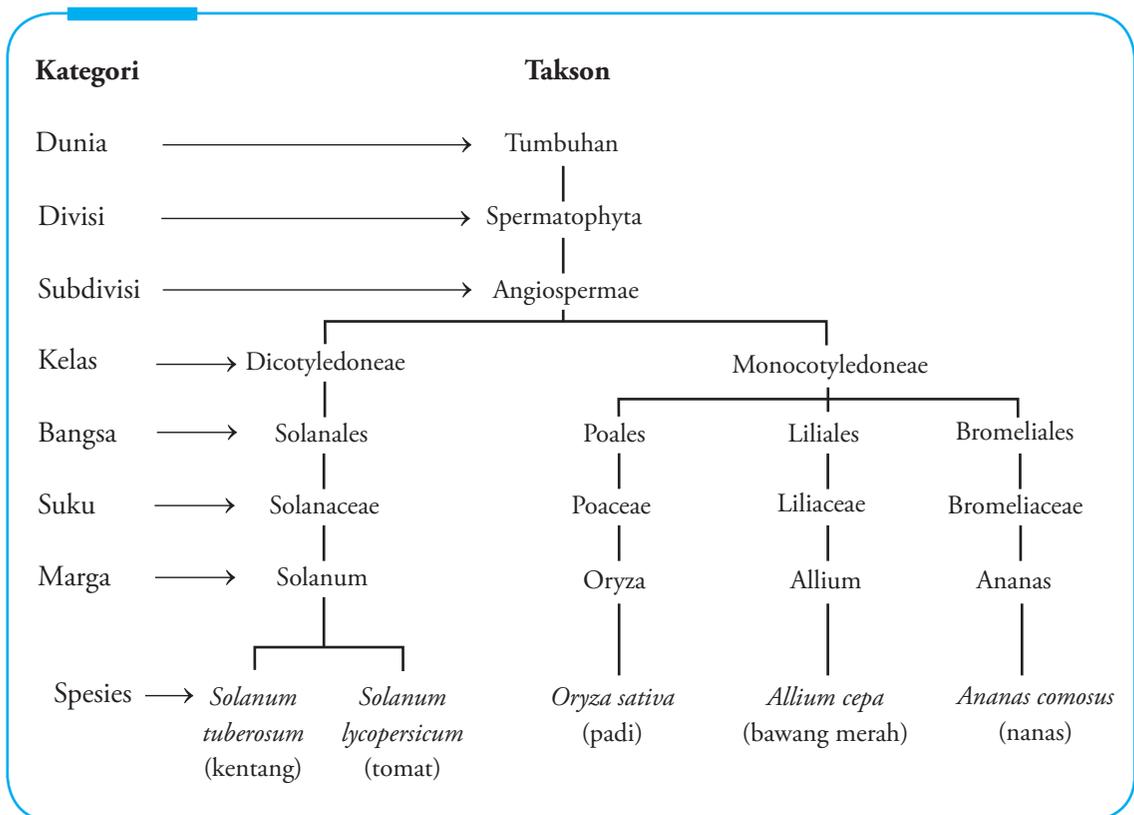
Sistem empat kingdom muncul menyusul sistem tiga kingdom, diusulkan oleh **Copeland** pada tahun 1956. Copeland mengelompokkan makhluk hidup menjadi empat kingdom, yaitu *Monera* (termasuk bacteria), *Protoctista* (pengganti nama Protista), *Plantae* (tumbuhan, termasuk fungi), dan *Animalia*. Sistem serupa juga dikemukakan oleh **Eduard Chatton** (1939) yang menggunakan dasar klasifikasi berupa ada tidaknya membran yang membungkus inti sel (eukariotik dan prokariotik).

Dalam perkembangan selanjutnya, **Sistem lima kingdom** kemudian muncul mengikuti perkembangan sistem-sistem sebelumnya. Pada tahun 1969, **R. H. Whittaker** mengelompokkan makhluk hidup menjadi *Monera* (memiliki tipe sel prokariotik, meliputi Bakteri dan Cyanobacteria), *Protista* (organisme eukariotik bersel tunggal, meliputi Protozoa dan Algae), *Fungi* (eukariotik, multiseluler, mengurai medium dan menyerap makanan), *Plantae* (eukariotik, multiseluler, dan autotrof karena mampu berfotosintesis, meliputi Bryophyta, Pteridophyta, dan Spermatophyta), dan *Animalia* (eukariotik, multiseluler, heterotrof). Ke depan sistem klasifikasi akan semakin berkembang sehubungan dengan adanya kemajuan teknologi di bidang biologi, terutama biologi

molekuler. Bahkan saat ini juga sudah diajukan sistem klasifikasi enam kingdom dan sistem tiga domain.

Di dalam berbagai sistem klasifikasi tersebut, tingkatan tertinggi kelompok atau makhluk hidup adalah kingdom (dunia). Kingdom atau dunia merupakan sebuah golongan (kelompok), disebut **takson**. Sebagai takson yang tertinggi, Kingdom masih dapat dibagi lagi menjadi unit-unit takson di bawahnya. Urutan unit takson pada **hewan** adalah Kingdom (Dunia), Phylum (Filum), Classis (Kelas), Ordo (Bangsa), Familia (Suku), Genus (Marga), dan Species (Spesies, Jenis). Untuk **tumbuhan** urutan tersebut sama tetapi takson di bawah Kingdom bukan **Phylum**, melainkan **Divisio** (Divisi).

Takson atau kelompok makhluk hidup dapat memiliki **peringkat** atau **kategori** dan takson-takson tertentu yang diberi nama secara ilmiah. Jadi setiap takson (kelompok) makhluk hidup di dalam sistem klasifikasi memiliki nama ilmiah tertentu yang sifatnya khas dan tidak dipakai untuk nama takson yang lain. Perhatikan contoh pada bagan pada Gambar 6.28.



Gambar 6.28 Kategori dan Takson pada Dunia Tumbuhan

Kingdom atau dunia merupakan tingkatan takson tertinggi. Kingdom dibagi lagi menjadi filum (pada hewan) dan divisi (pada tumbuhan). Pembagian ini biasanya berdasarkan pada ciri yang umum. Pada

tumbuhan, misalnya, tumbuhan yang memiliki akar, batang, dan daun yang sejati dimasukkan pada **Divisi Spermatophyta**. Sedangkan tumbuhan yang tidak memiliki akar dan batang yang sejati dimasukkan ke dalam divisi lain, seperti Divisi Bryophyta, Psilophyta, Lycophta, dan Filicophyta. Divisi dibagi menjadi beberapa subdivisi dan kelas.

Divisi Spermatophyta (tumbuhan berbiji) dibagi menjadi **Subdivisi Angiospermae** (tumbuhan berbiji tertutup) dan **Subdivisi Gymnospermae** (tumbuhan berbiji terbuka). Angiospermae dibagi lagi menjadi **Kelas Monocotyledoneae** (tumbuhan berbiji tertutup dan berkeping satu) dan **Kelas Dicotyledoneae** (tumbuhan berbiji tertutup dan berkeping dua). Di bawah kategori kelas, terdapat kategori bangsa. Kelas Monocotyledoneae memiliki beberapa bangsa, contohnya adalah bangsa Poales, Liliales, dan Bromeliales. **Bangsa Poales** dibagi lagi menjadi beberapa suku, contohnya Suku Poaceae dan Suku Cyperaceae. **Suku Poaceae** (suku rumput-rumputan) memiliki beberapa marga, misalnya, **Marga Oryza**. Marga merupakan takson yang mencakup sejumlah spesies yang memiliki persamaan struktur alat reproduksi (jenis kelamin). Di bawah marga adalah kategori **spesies** atau **jenis**. Spesies merupakan populasi yang setiap individu yang menjadi anggotanya memiliki kesamaan pada sifat morfologi, anatomi, fisiologi, dan jumlah kromosom serta susunan kromosomnya. Marga *Oryza* memiliki jenis *Oryza sativa* (padi). Apabila antarindividu satu jenis melakukan perkawinan, maka akan dihasilkan keturunan yang **fertil** (subur). Tetapi khusus untuk organisme prokariotik konsep spesies tersebut tidak berlaku.

Ketujuh tingkatan takson tersebut adalah tingkatan yang umum disebut. Selain itu, masih terdapat kategori (peringkat) yang lain yang letaknya berada di antara takson-takson tersebut. Yang berada di bawahnya diawali dengan kata *sub*, yaitu *subkingdom*, *subphylum*, *subordo*, dan *subspesies*. Sedangkan apabila kategorinya lebih tinggi, diawali dengan kata *super*, yaitu *superclassis*, *superordo*, dan *superfamilia*.

Nah, uraian tersebut telah memberikan pelajaran kepada kalian tentang sistem klasifikasi pada tumbuhan. Untuk menambah pengetahuan kalian, kerjakan kegiatan berikut.

TELISIK

Cobalah kalian klasifikasikan beberapa jenis hewan berikut sesuai dengan sistem klasifikasi Dunia Hewan. Perhatikan persamaan dan perbedaan struktur morfologi, anatomi, dan fisiologi pada hewan-hewan berikut.

- | | |
|----------------|-------------------|
| 1. Ikan nila | 6. Buaya |
| 2. Ikan mas | 7. Burung merpati |
| 3. Katak hijau | 8. Ayam |
| 4. Katak pohon | 9. Kucing |
| 5. Kadal | 10. Tikus |

Kelompokkan jenis-jenis hewan tersebut ke dalam kelompoknya masing-masing. Salinlah hasil pengelompokan hewan yang telah kalian lakukan pada buku tugas, lalu kumpulkan kepada guru kalian.

3. Tata Nama Makhluk Hidup

Berbagai jenis makhluk hidup memiliki sebutan atau nama yang bermacam-macam sesuai dengan daerah tempat organisme tersebut ditemukan (nama lokal). Sehingga satu jenis tumbuhan, pisang misalnya, bisa memiliki nama lokal yang berbeda-beda. Oleh orang Jawa tanaman *pisang* disebut *gedang*. Di Madura disebut *kisang* dan di Sunda disebut *cau*. Orang Belanda menyebutnya *banaan* dan dalam bahasa Inggris disebut *banana*. Akibat bermacam-macam nama tersebut bisa membingungkan meskipun pada dasarnya tumbuhan yang dimaksud adalah sama. Ini menunjukkan bahwa nama daerah di manapun di dunia ini tidak dapat dipakai untuk menunjuk dengan tepat suatu spesies. Oleh karena itu disusunlah **tata nama** yang mengatur pemberian nama ilmiah suatu spesies dan tata nama tersebut berlaku secara internasional. Jadi, ketika kita menyebut pisang dengan nama ilmiahnya, yaitu *Musa paradisiaca* L., maka para biolog di seluruh dunia akan memahami bahwa spesies yang kita maksud adalah pisang.

Nama ilmiah adalah nama latin atau nama yang dilatinkan untuk menyebut suatu spesies. Nama ini berlaku secara internasional dan pemakaiannya diatur oleh suatu ketentuan atau **kode internasional**. Tata nama tumbuhan diatur oleh Kode Internasional Tata Nama Tumbuhan (*International Code of Botanical Nomenclature*) dan tata nama hewan diatur oleh Kode Internasional Tata Nama Hewan (*International Code of Zoological Nomenclature*). Sedangkan untuk organisme lain, bakteri dan akhea misalnya, selain mengacu pada kedua kode tersebut juga harus mengacu pada *International Code of Bacterial Nomenclature*.

Pemberian nama ilmiah harus dilakukan sesuai tata nama. Nama ilmiah yang baku adalah yang sesuai dengan sistem *binomial nomenclature*. Ilmuwan yang mengenalkan tata nama ini adalah **Carolus Linnaeus**. Penamaan ini menggunakan dua kata. Kata pertama menunjukkan **genus**, sedangkan kata kedua menunjukkan **penunjuk spesies** (*epitheton specificum*). Nama genus (marga) harus ditulis dengan awalan huruf besar atau huruf kapital, sedangkan kata kedua dimulai dengan huruf kecil. Kata kedua biasanya berasal dari nama penemunya, nama tempat spesimen tersebut ditemukan, atau ciri khas yang dimiliki spesies tersebut dan harus dilatinkan. Kedua kata dalam nama ilmiah tersebut harus dituliskan dengan cetakan yang **berbeda** dengan kalimat di sekitarnya. Biasanya ditulis dengan **huruf miring** (*italic*). Di belakang nama ilmiah tersebut bisa juga dituliskan **singkatan nama orang** (*author*), yaitu orang yang pertama kali memberikan nama ilmiah tersebut dan mempublikasikannya secara sah dan valid. Jadi, nama ilmiah untuk pisang, *Musa paradisiaca* L., harus dipahami sebagai berikut.

Musa : menunjukkan nama genus
paradisiaca : menunjukkan nama penunjuk spesies (*epitheton specificum*)

L. : singkatan dari Linneaus, *author* yang memberikan nama tersebut dan mempublikasikannya secara sah dan valid.

Apabila nama spesies terdiri dari 3 kata, maka kata kedua dan ketiga harus ditulis menyatu dengan tanda hubung. Misalnya, *Hibiscus rosa-sinensis* atau *Hibiscus rosinensis*.

Nama familia (suku) diambil dari nama spesimen acuan ditambah dengan akhiran *aceae* bila itu tumbuhan, dan *idae* bila makhluk itu hewan. Contoh nama familia pada tumbuhan, yaitu familia *Solanaceae* dari kata *Solanum* + *aceae*. Sedangkan contoh nama familia pada hewan, yaitu familia *Canidae* dari *Canis* + *idae*. Nama kelas diakhiri dengan *nae*, misalnya nama kelas tumbuhan Melinjo terdiri dari nama kelas *Gnetinae* dari kata *Gnetum* + *nae*. Sedangkan nama ordo diakhiri dengan kata *ales*, misalnya nama ordo tumbuhan jahe adalah *Zingiberales*, berasal dari kata *Zingiber* + *ales*.

d. Identifikasi Makhluk Hidup

Dengan menyebutkan nama ayam, kucing, dan tikus, atau padi, rumput, dan belalang berarti kalian telah melakukan identifikasi terhadap makhluk hidup. Apabila kalian melakukan identifikasi makhluk hidup, maka kalian dapat mengenal makhluk hidup secara mendetail atau mendalam. Pada prinsipnya **identifikasi** makhluk hidup adalah upaya mencocokkan suatu jenis makhluk hidup dengan kategori tertentu yang telah diklasifikasikan dan diberi nama secara ilmiah oleh para ahli. Identifikasi tumbuhan berarti mencocokkan jenis tumbuhan yang belum diketahui ke dalam takson tertentu. Oleh karena itu, dibutuhkan **sarana identifikasi** berupa kunci identifikasi (kunci dikotomis), pertelaan, atau buku-buku identifikasi.

Identifikasi dimulai dengan pengumpulan spesimen, pengamatan sifat-sifat tertentu (determinasi) dan pencocokan. Sehingga, apabila kalian akan melakukan identifikasi suatu jenis, kalian harus memperhatikan ciri-ciri tubuh hewan, meliputi susunan kulit, susunan alat gerak, susunan bagian tubuh (kepala, badan, dan ekor), susunan gigi, dan lubang hidung. Sedangkan pada identifikasi tumbuhan, ciri-ciri yang harus diperhatikan meliputi bunga (bagian-bagian bunga dan susunan bunga), daun (bentuk daun, tepi daun, pangkal dan ujung daun, pertulangan daun dan sifat-sifat permukaan daun) dan buah.

Sampel atau spesimen tumbuhan dan hewan dapat diambil dalam bentuk awetan berupa awetan basah atau kering. Contoh awetan kering pada tumbuhan adalah herbarium dan pada hewan adalah insektarium. Sampel-sampel tersebut kemudian diamati ciri-cirinya dengan seksama dan diidentifikasi dengan sarana identifikasi yang sesuai. Begitu pula untuk virus, organisme prokariotik, dan fungi juga diperlukan sampel dan sarana identifikasi tertentu.

Untuk menambah pengetahuan kalian tentang identifikasi, lakukan kegiatan berikut.

Lakukan pengamatan pada tumbuhan jati, ketapang, dan kamboja. Lakukan determinasi dengan menggunakan kunci berikut untuk mengidentifikasi ketiga jenis tumbuhan tersebut sampai tingkat familia.

Golongan 6. Daun berkarang

- | | | |
|--------|---|-----------------------------|
| 84. a. | Rumput-rumputan (herba) | 85 |
| b. | Perdu atau pohon | 88 |
| 85. a. | Tanaman air yang hidup tenggelam di dalam air. Daun berbangun garis, bergigi halus, dalam karangan yang banyaknya 3 – 8 | 18. Hydrocharitaceae |
| b. | Tanaman darat, bangun daun tidak garis | 86 |
| 86. a. | Bunga dengan taji | 70. Balsaminaceae |
| b. | Bunga tidak ada tajinya | 87 |
| 87. a. | Bunga dalam bongkol atau bulir pendek serupa bongkol..... | 109. Verbenaceae |
| b. | Bunga berduri sendiri atau dalam berkas, tidak dalam bongkol atau bulir pendek | 12. Scrophulariaceae |
| 88. a. | Kelopak silindris (pada bakal buahnya), berbentuk garis, panjangnya 3 – 8 cm. Daunnya kadang-kadang sebagian tersebar, sebagian lagi dalam karangan (semu), pada cabang yang berbunga kebanyakan berhadapan | 93. Combretaceae |
| b. | Tidak demikian | 89 |
| 89. a. | Pohon | 90 |
| b. | Perdu | 91 |
| 90. a. | Daunnya tunggal, pada ujung ranting rapat berdesakan. Bunga kecil kehijau-hijauan | 93. Combretaceae |
| b. | Daunnya menyirip, dalam karangan tiga-tiga. Bunga besar, merah darah | 113. Bignoniaceae |
| 91. a. | Bunga bulir rapat serupa bongkol..... | 109. Verbenaceae |
| b. | Bunga malai | 105. Apocynaceae |

Sumber: van Steenis, dkk, 2005, hlm. 45-46

Cara mengidentifikasi tumbuhan menggunakan kunci determinasi diawali dengan mencermati setiap kata yang terdapat pada kunci determinasi mulai dari baris paling atas. Ambillah satu persatu tumbuhan yang ada, kemudian cocokkan ciri yang terdapat pada kunci determinasi dengan ciri pada tumbuhan. Bila ciri yang ada pada kunci determinasi sesuai dengan ciri pada tumbuhan, catatlah nomornya dan lanjutkan sesuai dengan perintah yang ada pada kunci (biasanya nomornya berada di penghujung pernyataan). Bila ciri yang ada pada kunci determinasi tidak sesuai dengan ciri pada tumbuhan, beralihlah pada nomor yang sesuai dengan petunjuk yang ada pada kunci determinasi. Lakukan identifikasi dengan memberikan nama familia pada tumbuhan yang kalian identifikasi. Sebagai contoh bila kalian mengidentifikasi dengan benar, maka hasil identifikasi untuk tumbuhan kambija adalah sebagai berikut: 84b-88b-89b-91b-105. Apocynaceae. Jadi, famili tumbuhan tersebut adalah Apocynaceae.

Salinlah hasil identifikasi kalian pada buku tugas, lalu kumpulkan kepada guru kalian.

Untuk membuat kunci identifikasi seperti yang kita gunakan dalam rubrik *Telisisik* tersebut, diperlukan pengetahuan awal tentang ciri-ciri setiap spesies tumbuhan yang akan dibuat kuncinya. Kunci identifikasi

sederhana hanya memuat ciri-ciri yang tampak oleh mata. Namun demikian, seharusnya dalam membuat kunci tidak hanya berdasarkan ciri-ciri yang tampak, tetapi juga ciri-ciri mikroskopis. Sebagai contoh apabila kita ingin membuat kunci untuk tumbuhan monokotil dan dikotil maka kita harus mengenal ciri-ciri anggota kedua kelas tersebut dengan baik.

Tumbuhan dengan biji berkeping satu atau anggota kelas monocotyledonae memiliki akar serabut, batang yang beruas-ruas, daun berbentuk pita dengan urat-urat yang tersusun sejajar atau melengkung. Bagian bunganya seperti mahkota dan kelopak berjumlah 3 atau kelipatan 3. Bila biji berkecambah, kotiledonnya atau kepingnya tetap utuh. Batang dan akarnya tidak dapat tumbuh membesar, kecuali beberapa jenis monocotyledonae. Contoh tumbuhan dikotil adalah nanas seberang dan palem raja.

Sedangkan Kelas Dicotyledoneae (tumbuhan berkeping dua atau berbiji belah) akarnya berupa akar tunggang. Batangnya mempunyai ruas-ruas yang tidak jelas. Umumnya mempunyai banyak cabang. Bentuk daunnya bervariasi, ada yang berbentuk jantung, ginjal, dan bulat telur (pada umumnya urat daun menyirip atau menjari). Bagian bunga seperti kelopak bunga dan mahkota bunga berjumlah dua, empat, lima, atau kelipatannya. Bila biji berkecambah, kepingnya membelah menjadi dua. Akar maupun batang dapat tumbuh membesar karena memiliki kambium.

Setelah memahami ciri tumbuhan monokotil dan dikotil, kalian dapat berlatih membuat kunci identifikasinya secara sederhana. Cobalah kerjakan tugas berikut.

DISKUSI

Sebelum kalian mencoba membuat kunci identifikasi (kunci determinasi sederhana), sediakan beberapa tanaman berikut.

- | | |
|--|--|
| a. Kemangi (<i>Ocimum basillicum</i>) | g. Kamboja (<i>Plumeria acuminata</i>) |
| b. Bakung (<i>Crinum asiaticum</i>) | h. Petai cina (<i>Leucaena glauca</i>) |
| c. Lidah buaya (<i>Aloe vera</i>) | i. Kangkung (<i>Ipomoea aquatica</i>) |
| d. Bawang merah (<i>Allium cepa</i>) | j. Ketela pohon (<i>Manihot utlissima</i>) |
| e. Tebu (<i>Saccharum officinarum</i>) | k. Orok-orok (<i>Crotalaria striata</i>) |
| f. Nanas (<i>Ananas comosus</i>) | |

Sebagai langkah awal, buatlah kunci dikotomi dengan langkah kerja sebagai berikut. Bagilah tanaman-tanaman tersebut menjadi 2 kelompok berdasarkan pembeda yang jelas, misalnya berdasarkan susunan akar serabut dan tunggang. Tiap kelompok yang dihasilkan kemudian dipilih lagi menjadi sub-kelompok atas dasar pembeda yang jelas pula, misalnya untuk kelompok tanaman yang berakar serabut dipilih menjadi dua atas dasar bentuk daun, "yang seperti kipas" dan bukan seperti kipas". Pada pemilihan ini sudah dapat ditentukan satu jenis tanaman yang terpisah. Langkah selanjutnya adalah membagi jenis tanaman yang tersisa menjadi dua kelompok lagi, misalnya dengan melihat daun berdaging tebal dan tidak berdaging tebal, sehingga diperoleh satu jenis tanaman lagi yang terpisah. Demikian seterusnya.

Setelah dikotomi bertahap selesai (semua tanaman sudah dikelompokkan), tuliskan urutan kerja kalian dalam bentuk kunci identifikasi. Contohnya adalah sebagai berikut.

1. a. Tumbuhan berakar serabut 2
b. Tumbuhan berakar bukan serabut 3
2. a. Daunnya seperti kipas Palembang Wregu
b.
3. a.
b.
4. dst.

Presentasikan hasil kerja kalian di dalam kelas. Setelah itu, kumpulkan kepada guru.

Nah teman-teman, sudah pahamkah kalian dengan penjelasan di atas? Untuk menguji sejauh mana kemampuan kalian dalam memahami materi, cobalah kerjakan soal-soal berikut.

UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Jelaskan tujuan dan manfaat klasifikasi makhluk hidup.
2. Berdasarkan cara pengelompokan makhluk hidup, sistem klasifikasi dibedakan menjadi 3 macam. Jelaskan.
3. Jelaskan tata nama tumbuhan dan hewan
4. sesuai teori *binomial nomenclature* yang dikemukakan oleh Carolus Linnaeus.
4. Jelaskan apa yang dimaksud indentifikasi dan bagaimana cara mengidentifikasi hewan dan tumbuhan dengan tepat.
5. Jelaskan hubungan antara klasifikasi dan penyusunan kunci determinasi.

I K H T I S A R

1. Keanekaragaman hayati adalah keanekaragaman pada makhluk hidup yang menunjukkan adanya variasi bentuk, penampilan, ukuran, serta ciri-ciri lainnya. Keanekaragaman hayati disebut juga biodiversitas (*biodiversity*), meliputi keseluruhan berbagai variasi yang terdapat pada tingkat gen, jenis, dan ekosistem di suatu daerah.
2. Keanekaragaman gen menunjukkan adanya variasi susunan gen pada individu-individu sejenis. Keanekaragaman hayati tingkat jenis menunjukkan keanekaragaman atau variasi yang terdapat pada berbagai jenis atau spesies makhluk hidup dalam genus yang sama. Keanekaragaman ekosistem merupakan keanekaragaman suatu komunitas yang terdiri dari hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme di suatu habitat.
3. Indonesia juga dikenal sebagai salah satu negara megabiodiversitas di dunia, karena memiliki keanekaragaman jenis hayati yang tinggi. Indonesia merupakan pusat keanekaragaman hayati yang kedua terbesar di dunia, yakni setelah Brazil.
4. Hutan hujan tropis di Indonesia kaya akan berbagai jenis tumbuhan. Tumbuhan di Indonesia tergolong tumbuhan Malesiana. Secara geografis, wilayah Indonesia dilewati Garis Wallace dan Garis Weber yang menunjukkan adanya perbedaan persebaran hewan (fauna) di Indonesia.

5. Tingginya keanekaragaman jenis hayati yang ada di Indonesia sangat menguntungkan karena memberikan banyak manfaat bagi kehidupan masyarakat. Dalam usaha mengambil manfaat tersebut, aktivitas manusia seringkali menimbulkan permasalahan yang mengancam kelestarian hayati. Sebagai konsekuensinya, berbagai upaya pelestarian perlu dilakukan.
6. Keanekaragaman hayati disusun oleh berbagai spesies makhluk hidup. Berbagai jenis tersebut jumlahnya mencapai ribuan. Untuk mempermudah pengenalannya, organisme tersebut dikelompokkan dalam berbagai takson di dalam sistem klasifikasi makhluk hidup.

SENARAIKATA

Biogeografi Cabang biologi yang mempelajari ilmu distribusi makhluk hidup di permukaan bumi secara geografis

Determinasi Menentukan sifat-sifat atau karakter makhluk hidup sehingga bisa diidentifikasi

Endemisme Bersifat endemik, yaitu suatu jenis makhluk hidup yang memiliki daerah persebaran yang sangat terbatas

Fisiologi Cabang biologi yang berkaitan dengan fungsi dan kegiatan dari organ, jaringan, dan sel

Fragmentasi Terpotongnya wilayah hutan akibat penebangan pohon

Konservasi Pelestarian atau pengawetan

Megaherbivora Hewan pemakan tumbuhan yang memiliki ukuran tubuh yang sangat besar, seperti gajah, banteng, dan lain-lain

Migrasi Perpindahan hewan dari habitat aslinya ke tempat lain di muka bumi dan perpindahan tersebut bersifat sementara

Pemangsa puncak Spesies yang berada pada tingkatan tertinggi di dalam rantai makanan

Plasma nutfah Kumpulan gen-gen di alam. Hutan yang baik berfungsi sebagai sumber plasma nutfah, wujudnya berupa seluruh makhluk hidup yang ada di dalamnya

ULANGAN HARIAN

A Pilihlah jawaban yang paling tepat.

1. Keanekaragaman berikut yang bukan merupakan macam-macam keanekaragaman hayati, yaitu
 - a. keanekaragaman hayati tingkat gen
 - b. keanekaragaman hayati tingkat spesies
 - c. keanekaragaman hayati tingkat jenis
 - d. keanekaragaman hayati tingkat ekosistem
 - e. keanekaragaman hayati tingkat kingdom
2. Adanya tanaman padi yang terdiri dari varietas IR, PB, rojolele, sedani, dan delanggu merupakan keanekaragaman hayati tingkat
 - a. gen
 - b. jenis
 - c. spesies
 - d. ekosistem
 - e. kingdom
3. Walaupun tanaman tomat berada dalam genus yang sama dengan tanaman terong, tetapi keduanya mempunyai perbedaan. Hal

- ini menunjukkan adanya keanekaragaman hayati tingkat
- gen
 - jenis
 - spesies
 - ekosistem
 - kingdom
- Keanekaragaman hayati tingkat ekosistem dapat diketahui dari penampilan
 - komunitasnya
 - struktur biotiknya
 - keanekaragaman jenisnya
 - komunitas, struktur biotik, dan keanekaragaman jenisnya
 - struktur abiotiknya
 - Faktor yang mendukung tingginya keanekaragaman hayati di Indonesia adalah
 - iklim tropis
 - daerah biografinya termasuk oriental
 - secara geografis merupakan pertemuan sirkum Pasifik dan Mediterania
 - iklim dan letak geografisnya
 - iklimnya subtropis
 - Salah satu tumbuhan endemik yang ada di Pulau Sumatera adalah
 - Calamus caesius*
 - Rafflesia arnoldii*
 - Swietenia mahagoni*
 - Shorea spp.*
 - Salaca edulis*
 - Berikut ini yang bukan merupakan hewan-hewan oriental adalah
 - gajah
 - tapir
 - orang utan
 - kera bekantan
 - anoa
 - Berikut ini berbagai manfaat keanekaragaman hayati:
 - Sumber karbohidrat
 - Bahan bangunan
 - Sumber oksigen
 - Tanaman hias
 - Perabot rumah tangga
 Yang termasuk kebutuhan primer adalah
 - I, II, III
 - I, III, V
 - II, III, IV
 - III, IV, V
 - II, IV, V
 - Beberapa kegiatan manusia yang merupakan ancaman bagi keanekaragaman hayati adalah
 - pengambilan bahan obat
 - fragmentasi hutan
 - reboisasi
 - penggunaan predator alami
 - pertanian organik
 - Tindakan manusia yang dapat meningkatkan kelestarian keanekaragaman hayati adalah
 - pengendalian hama dengan insektisida dosis tinggi
 - mengubah fungsi hutan untuk industrialisasi
 - sistem ladang berpindah
 - pengendalian hama dengan hewan predator
 - penangkapan ikan dengan mengalirkan arus listrik ke dalam air
 - Indonesia memiliki taman nasional dalam jumlah yang cukup banyak. Tujuan diadakannya taman nasional tersebut adalah
 - perlindungan keanekaragaman hayati in situ
 - dimanfaatkan untuk rekreasi atau taman wisata tanpa mengubah ciri-ciri ekosistemnya
 - sebagai laboratorium alami dan sarana pendidikan
 - perlindungan keanekaragaman hayati, sarana rekreasi, penelitian, dan pendidikan tanpa mengubah ciri-ciri ekosistemnya
 - hanya untuk kepentingan ekonomi semata atau pemasukan kas negara
 - Perlindungan terhadap suku Asmat di Irian jaya termasuk perlindungan alam
 - geologi
 - antropologi
 - botani
 - zoologi
 - geografi
 - Di antara beberapa Taman Nasional berikut, yang terletak di pulau Sulawesi adalah
 - Taman Nasional Gunung Leuser
 - Taman Nasional Lorelindu
 - Taman Nasional Komodo

- d. Taman Nasional Baluran
e. Taman Nasional Manusela Wainua
14. Makhluk hidup diklasifikasikan berdasarkan struktur morfologis, anatomi, dan fisiologi. Pengelompokan ini termasuk dalam sistem
- a. artifisial d. filogeni
b. alamiah e. filologi
c. buatan

15. Nama latin kucing adalah *Felix domestica*. Kata *domestica* menunjukkan nama
- a. genus d. familia
b. spesies e. penunjuk
c. ordo spesies

B Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.

1. Keanekaragaman hayati di Indonesia dapat dimanfaatkan untuk memenuhi berbagai kebutuhan manusia. Lengkapilah tabel berikut.

No	Nama tumbuhan / hewan	Produk	Manfaat	Nilai
1	Tanaman kelapa	Buah	Sayur Kue Minyak	Ekonomi
		Kulit buah (sabut)	Alat rumah tangga	Ekonomi
		Daun muda	Hiasan	Spiritualestetik
		Batang	Bahanbangunan	Ekonomi
2.	.....		
3.	.....		
	dst.			

2. Indonesia kaya dengan berbagai keunikan biodiversitas yang hanya ditemukan di daerah tertentu. Tuliskan keunikan tersebut dalam tabel berikut.

No	Nama hewan/tumbuhan	Daerah persebaran
1.	<i>Rafflesia arnoldii</i>	Pulau Sumatra
2.	<i>Varanus komodoensis</i>	Pulau Komodo
3.	.....	.....
4.	.....	.....
	dst.	

3. Keanekaragaman hayati dibedakan menjadi tiga. Jelaskan dan berilah contohnya.
4. Terangkan tindakan manusia yang menyebabkan berkurangnya keanekaragaman hayati di Indonesia.
5. Adanya keanekaragaman hayati mendatangkan manfaat bagi kehidupan manusia. Jelaskan dan berilah contohnya.
6. Jelaskan upaya-upaya pelestarian keanekaragaman hayati di Indonesia.
7. Jelaskan manfaat dilakukannya klasifikasi makhluk hidup.
8. Sistem klasifikasi makhluk hidup dibedakan menjadi tiga macam. Sebut dan jelaskan.
9. Whittaker membagi makhluk hidup menjadi lima kingdom. Jelaskan dan berilah contohnya.
10. Terangkan urutan takson dari yang tertinggi sampai dengan yang terendah.

B a b VII

Kingdom Plantae dan Peranannya dalam Kehidupan



Sularto, 1994, hlm. 61

Tumbuhan atau tanaman dapat kalian jumpai dengan mudah di sekitar rumah atau di lingkungan sekolah. Beraneka macam tanaman hias juga sering disusun dalam sebuah taman yang menghiasi halaman rumah atau perkantoran. Coba perhatikan taman di lingkungan tempat tinggal kalian, ada berapa jeniskah tanaman yang ditanam di sana? Bisakah kalian membedakan atau mengelompokkan berbagai jenis tanaman tersebut? Tentu, kalian akan bisa melakukannya dengan mudah bila memiliki pengetahuan yang cukup mengenai Kingdom Plantae (Dunia Tumbuhan). Kalian bisa mendapatkannya dengan membaca uraian berikut.

KATA KUNCI

- Tumbuhan
- Divisi
- Lumut
- Paku
- Biji
- Manfaat

KILAS

Pada saat kelas VII, kalian telah mempelajari klasifikasi makhluk hidup. Makhluk hidup dapat digolongkan menjadi lima kelompok, yakni mikroorganisme, protista, jamur, tumbuhan, dan hewan. Berbagai jenis tumbuhan termasuk ke dalam Kingdom Plantae.



Gambar 7.1 Contoh tumbuhan air

Dok. PIM

Pada uraian berikut, kalian akan mempelajari Kingdom Plantae (Dunia Tumbuhan), meliputi ciri umum plantae dan klasifikasinya ke dalam kelompok tumbuhan lumut, tumbuhan paku, dan tumbuhan berbiji. Selain itu, kalian juga akan mempelajari cara perkembangbiakan dan siklus hidup, serta peranan plantae dalam kehidupan.

Setelah mempelajari bab ini, kalian akan mampu mendeskripsikan ciri-ciri divisi di dalam Dunia Tumbuhan, membedakan tumbuhan lumut, tumbuhan paku, dan tumbuhan berbiji, serta memberikan contoh spesiesnya. Selain itu, kalian juga diharapkan dapat menjelaskan cara perkembangbiakan tumbuhan dan berbagai manfaat tumbuhan bagi kehidupan manusia.

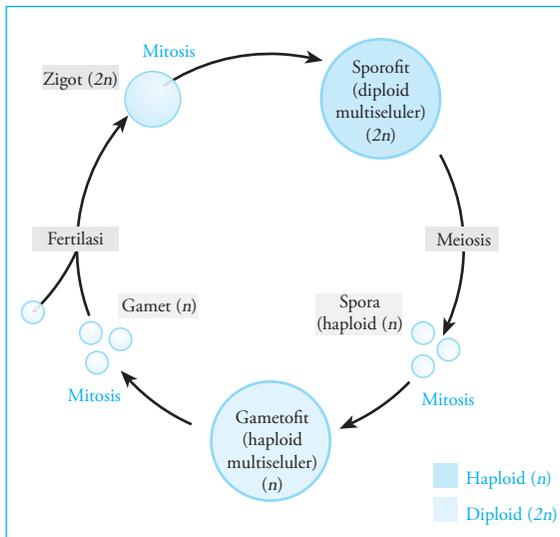
A. Ciri Umum Kingdom Plantae

Kingdom Plantae disebut juga **Dunia Tumbuhan** karena beranggotakan berbagai jenis tumbuhan. Sebagai anggota sebuah kingdom, berbagai jenis tumbuhan memiliki ciri-ciri umum yang sama. Semua organisme yang disebut tumbuhan bersifat **eukariotik multiseluler** dan sel-selnya terspesialisasi membentuk jaringan dan organ. Sel-sel tumbuhan memiliki dinding sel yang terbuat dari selulosa. Tumbuhan juga memiliki klorofil, yaitu klorofil a dan klorofil b, sehingga mampu melakukan **fotosintesis** untuk memenuhi kebutuhan makanannya. Karena dapat memenuhi kebutuhan makanannya secara mandiri, maka tumbuhan disebut **organisme autotrof**. Tumbuhan menyimpan cadangan makanannya dalam bentuk tepung atau pati.

Alga hijau, alga cokelat, dan beberapa jenis alga lainnya memiliki sifat yang mirip dengan tumbuhan. Tapi apakah mereka termasuk anggota Kingdom Plantae? Jawabannya adalah bukan. Beberapa jenis alga memang memiliki klorofil dan mampu melakukan fotosintesis. Namun, mereka tidak termasuk anggota Kingdom Plantae karena beberapa alasan, misalnya karena tubuh alga masih berupa talus (belum bisa dibedakan antara akar, batang, dan daun). Karena sifat tersebut, maka alga tidak termasuk ke dalam Kingdom Plantae, akan tetapi termasuk Kingdom Protista. Walaupun demikian, alga dan tumbuhan memiliki kekerabatan yang dekat. Tumbuhan dan alga hijau memiliki **klorofil b** sebagai suatu pigmen aksesoris fotosintetik. Disebut aksesoris tambahan karena klorofil tersebut tidak dimiliki oleh organisme fotosintetik lainnya. Semua eukariotik fotosintetik menggunakan **klorofil a** sebagai pigmen yang terlibat secara langsung dalam konversi energi cahaya menjadi energi kimia.

Hampir semua jenis tumbuhan adalah tumbuhan darat (terestrial). Namun, ada juga tumbuhan yang hidup di air (akuatik). Beberapa contoh tumbuhan akuatik adalah enceng gondok, teratai, dan kangkung air. Perbedaan karakter habitat darat dan air akan mendorong tibulnya perbedaan adaptasi struktural, kimiawi, dan reproduksi. Di habitat darat, sumber daya yang diperlukan organisme fotosintetik

tersedia di dua tempat yang sangat berbeda. Cahaya dan karbon dioksida sebagian besar tersedia di atas permukaan tanah, sementara air dan nutrisi mineral sebagian besar berada di dalam tanah. Dengan demikian, tubuh tumbuhan yang kompleks menunjukkan derajat spesialisasi struktural yang beraneka ragam pada organ-organ yang berada di bawah tanah, yaitu akar, dan yang di atas permukaan tanah yaitu tunas yang akan menjadi daun. Pada sebagian besar tumbuhan, pertukaran karbon dioksida dan oksigen antara atmosfer dan bagian dalam yang berfotosintesis terjadi melalui **stomata** (mulut daun), yaitu pori mikroskopis yang melalui permukaan daun.



Campbell, Reece, Mitchell, 2003, *lhm*, 155

Gambar 7.2 Pergiliran generasi tumbuhan

Reproduksi tumbuhan berlangsung secara **generatif** dan **vegetatif**. Tumbuhan mempunyai daur atau siklus hidup yang disebut **pergiliran generasi** atau **metagenesis**, meliputi generasi haploid (gametofit) dan generasi diploid (sporofit). Perhatikan Gambar 7.2. Kedua generasi tersebut saling bergiliran dan masing-masing saling menghasilkan. **Gametofit** membentuk gamet dengan cara pembelahan mitosis dan **sporofit** membentuk spora melalui pembelahan meiosis. **Spora** didefinisikan sebagai suatu sel reproduktif yang berkembang secara langsung menjadi suatu organisme tanpa harus menyatu dengan sel-sel lainnya. Sedangkan **gamet** adalah sebaliknya, tidak dapat berkembang secara langsung menjadi organisme tetapi harus melalui penggabungan terlebih dahulu. Sel sperma (gamet jantan) membuahi sel telur (gamet betina) membentuk zigot dan zigot akan berkembang menjadi organisme, yaitu suatu sporofit baru.

Dalam siklus hidup semua tumbuhan sporofit dan gametofit adalah heteromorfik, artinya sporofit dan gametofit berbeda dalam hal morfologi atau bentuknya. Pada **lumut** dan kerabat dekatnya, **gametofit** (generasi haploid) adalah tumbuhan yang lebih besar dan rumit

GALERI

Keajaiban Benih

Benih atau yang umum kita sebut sebagai biji adalah suatu bagian dari tumbuhan yang sangat istimewa. Sebutir benih dapat menentukan bagaimana bentuk perkembangannya nanti menjadi sebuah tumbuhan, meliputi semua bagian-bagiannya yang detail seperti bagaimana perawakannya, seberapa tingginya, bagaimana bentuk dan lebar daunnya, bagaimana bentuk dan warna bunganya, bagaimana rasa buahnya, dan lain sebagainya. Benih adalah suatu maha karya ciptaan Tuhan yang mengilhamkan tumbuhan untuk berkembang biak dan memberikan manfaat bagi manusia dan kehidupan di bumi.

Harun Yahya Series, 2003

dan merupakan suatu tahapan yang umumnya dapat kita lihat secara langsung misalnya hamparan lumut daun. Akan tetapi, pada kelompok tumbuhan **selain lumut** (paku-pakuan, konifer seperti Pinus, dan tumbuhan berbunga) **sporofit** (generasi diploid) adalah tahapan dominan, yang dapat kita amati sebagai semak, rumput, herba, maupun pohon.

Berdasarkan bentuk sporofitnya (ada tidaknya biji), tumbuhan dapat dikelompokkan menjadi kelompok tumbuhan **tidak berbiji** dan kelompok tumbuhan **berbiji**. Tumbuhan tidak berbiji terdiri dari lumut dan paku-pakuan. Kedua tumbuhan tersebut berkembang biak secara generatif dengan benih yang disebut **spora** sehingga disebut kelompok **tumbuhan tingkat rendah**. Sedangkan tumbuhan yang berkembang biak dengan dengan benih yang berupa biji disebut **tumbuhan tingkat tinggi**. Tumbuhan tingkat tinggi terdiri dari tumbuhan berbiji terbuka dan tumbuhan berbiji tertutup. Tumbuhan berbiji terbuka memiliki struktur yang disebut **strobilus** dan tumbuhan berbiji tertutup memiliki struktur yang disebut **bunga**. Keduanya berperan dalam pembentukan biji sebagai alat perkembangbiakan.

Untuk memperjelas perbedaan tumbuhan tingkat rendah dan tumbuhan tingkat tinggi, kerjakan kegiatan *Percobaan* berikut.

PERCOBAAN

Mengamati Perbedaan berbagai Kelompok Tumbuhan

A. Dasar teori

Tumbuhan merupakan organisme eukariotik multiseluler dengan sel-sel yang terspesialisasi membentuk jaringan dan organ. Sel-sel tumbuhan memiliki dinding sel yang terbuat dari selulosa. Tumbuhan juga memiliki klorofil, sehingga mampu melakukan fotosintesis untuk memenuhi kebutuhan makanannya. Karena dapat memenuhi kebutuhan makanannya secara mandiri, maka tumbuhan disebut organisme autotrof. Tumbuhan menyimpan cadangan makanannya dalam bentuk tepung (pati).

Berdasarkan struktur tubuhnya tumbuhan dapat dikelompokkan menjadi tumbuhan lumut, tumbuhan paku, dan tumbuhan berbiji. Ketiga kelompok tumbuhan tersebut memiliki sifat-sifat yang berbeda satu sama lain. Tumbuhan lumut memiliki struktur yang sangat sederhana, tubuhnya ada yang masih berupa talus (lembaran) tersusun oleh sel-sel yang sederhana dan ada yang sudah merupakan peralihan ke bentuk kormus (tumbuhan berpembuluh). Sedangkan tumbuhan paku merupakan kelompok yang lebih maju karena sudah dapat dibedakan menjadi akar, batang, dan daun (tumbuhan berkormus). Kelompok yang paling maju adalah tumbuhan berbiji, memiliki struktur tubuh yang lebih kompleks dan berkembang biak dengan biji.

B. Tujuan

Mengetahui perbedaan struktur tubuh tumbuhan tingkat rendah dan tumbuhan tingkat tinggi.

C. Alat dan bahan

1. Berbagai jenis tumbuhan:
 - a. tumbuhan lumut yang terdapat di tembok-tembok yang lembab
 - b. suplir atau tumbuhan paku lainnya
 - c. rumput teki dan bayam

Semua jenis tumbuhan tersebut dicabut utuh beserta akar-akarnya, usahakan yang sudah membentuk bunga, spora, atau biji

2. lup atau kaca pembesar
3. Alat tulis (pensil, kertas, penggaris)

D. Langkah percobaan

1. Buatlah kelompok kerja untuk melakukan percobaan ini.
2. Amati dengan seksama struktur tiap jenis tumbuhan tersebut, mulai dari akar, batang, daun, bunga, dan spora atau buahnya. Perhatikan perbedaannya.
4. Tulislah perbedaan jenis-jenis tumbuhan tersebut dalam bentuk tabel. Contoh tabelnya adalah sebagai berikut.

Perbedaan Tumbuhan Tingkat Rendah dan Tumbuhan Tingkat Tinggi

No	Bagian yang diamati	Tumbuhan tingkat rendah		Tumbuhan tingkat tinggi	
		lumut	paku	rumput	bayam
1	Akar				
2	Batang				
3	Daun				
4	Spora				
5	Bunga				
6	Biji				

E. Pembahasan

1. Berdasarkan pengamatan kalian, bagaimana struktur tubuh berbagai tumbuhan tersebut? Jelaskan ciri khas masing-masing kelompoknya.
2. Bandingkan hasil pengamatan kelompok kalian dengan kelompok lain.
3. Presentasikan hasil pengamatan kelompok kalian di depan kelas untuk mendapat tanggapan dan masukan dari kelompok lain serta guru kalian.
4. Buatlah laporan dan kumpulkan pada guru kalian.

Nah, setelah melakukan percobaan sekarang kalian sudah siap untuk mengikuti pembahasan selanjutnya. Pada subbab berikut kita akan membahas lebih mendalam tentang kelompok tumbuhan yang disebut lumut.

B. Tumbuhan Lumut (Bryophyta)

Tumbuhan lumut adalah tumbuhan pertama yang beradaptasi dengan lingkungan darat, menyesuaikan diri dengan lingkungan darat yang lembab dan basah. Karena merupakan peralihan dari habitat air ke habitat darat, maka tumbuhan lumut disebut pula **tumbuhan amfibi** (*amphibious plant*). Tumbuhan ini tergolong kelompok **Cryptogamae**, yaitu kelompok tumbuhan yang alat perkawinannya tersembunyi.

Tingkat perkembangan lumut lebih maju dari kerabat dekatnya, yaitu alga. Hal tersebut disebabkan oleh sifat hidupnya yang sebagian besar sudah berada di **darat**. Selain itu, pada lumut yang berhabitus seperti tumbuhan tingkat tinggi, dalam batangnya sudah ada sekelompok sel-sel memanjang sebagai **buluh pengangkut**. Lumut juga sudah memiliki **rizoid** (struktur menyerupai akar pada tumbuhan tingkat tinggi) sebagai alat penyerap dan pelekak.



Dok. PIM

Gambar 7.3 Tumbuhan lumut hidup pada permukaan dinding yang lembab.

Pernahkah kalian memperhatikan dinding kamar mandi atau tembok-tembok yang lembab di sekitar tempat tinggal kalian? Kalian akan menemukan lapisan hijau seperti beludru yang merupakan kumpulan lumut (Gambar 7.3). Mengapa lumut menyukai tempat yang lembab dan teduh? Ini karena saat bereproduksi tumbuhan tersebut membutuhkan air untuk melakukan **pembuahan**. Tanpa air, sel-sel kelamin jantan tidak bisa mencapai sel-sel kelamin betina.

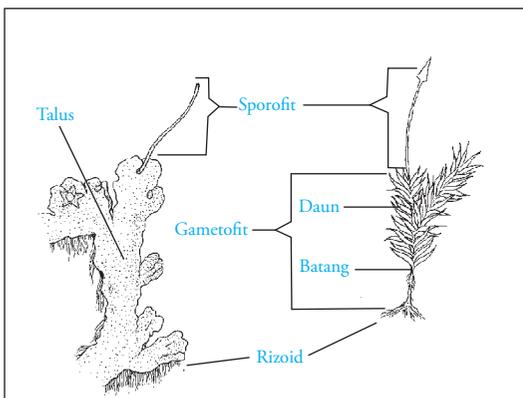
1. Ciri-ciri Lumut

Lumut memiliki ciri-ciri yang membedakannya dengan tumbuhan lain. Lumut merupakan tumbuhan dengan ukuran relatif kecil, tingginya 2 sampai 50 cm. Tubuhnya tidak memiliki akar, batang, dan daun yang sebenarnya, tetapi mempunyai bagian yang menyerupai akar (rizoid), batang, dan daun. Pada beberapa jenis lumut hati atau lumut tanduk tubuhnya masih berupa talus (lembaran). Perhatikan Gambar 7.4.

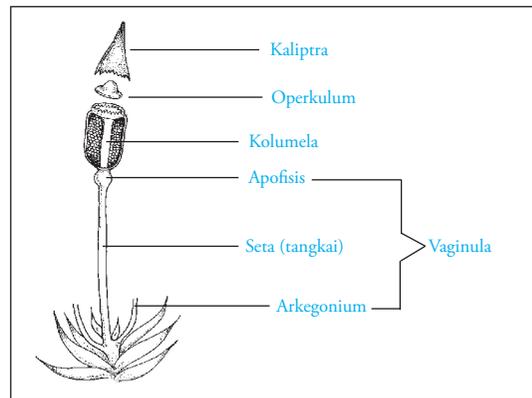
Rizoid adalah struktur menyerupai rambut atau benang-benang yang berfungsi untuk melekatkan tubuh pada tempat tumbuhnya dan menyerap air serta garam-garam mineral. Rizoid ini terdiri dari satu deret sel yang memanjang, terkadang dengan sekat yang tidak sempurna.

Batang dan daun lumut belum memiliki **floem** maupun **xylem**. Sel-sel penyusun tubuhnya memiliki dinding sel yang terdiri dari selulose. Lumut tidak memiliki sistem pembuluh pengangkut yang khusus untuk mengangkut air dan mineral organik, sehingga proses pendistribusian air berjalan lambat yaitu secara **difusi**. Daun lumut umumnya disusun oleh sel-sel setebal 1 lapis, kecuali ibu tulang daun, yang mempunyai lebih dari 1 sel. Sel-selnya sempit, panjang, kecil, dan mengandung kloroplas yang tersusun seperti jala.

Tubuh tumbuhan lumut dengan berbagai struktur umum tersebut adalah gametofit. Setelah dewasa, lumut akan membentuk sporofit. Sporofit adalah struktur tubuh lumut yang terdiri atas bagian-bagian tertentu, yaitu vaginula, kaliptra, dan kolumela. Perhatikan Gambar 7.5. **Vaginula** adalah bagian sporofit yang terdiri dari kaki yang diselubungi

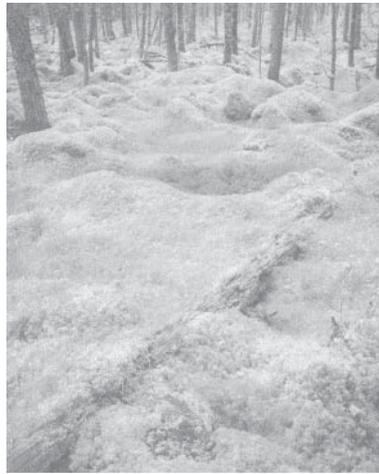


Gambar 7.4 Struktur tubuh lumut



Gambar 7.5 Sporofit tumbuhan lumut

sisanya dinding arkegonium, seta (tangkai), dan apofisis yaitu ujung seta yang agak melebar, yang merupakan peralihan antara seta dengan kotak spora (sporangium). **Kaliptra** adalah tudung yang berasal dari dinding arkegonium sebelah atas menjadi tudung kotak spora. Sedangkan **kolumela** adalah jaringan yang tidak ikut mengambil bagian dalam pembentukan spora. Sporofit tumbuhan lumut tumbuh menumpang pada gametofit yang hijau menyerupai daun. Sporofit ini memiliki klorofil, sehingga dapat berfotosintesis. Namun, tumbuhan lumut juga bisa mendapatkan makanan dari gametofit tempatnya melekat.



Gambar 7.6 Hampanan lumut yang menutupi permukaan dasar hutan.

Habitat lumut adalah tempat-tempat yang memiliki kelembaban yang tinggi. Di lingkungan sekitar, kita bisa melihat berbagai jenis lumut yang menempel pada bebatuan, tembok, sumur, dan permukaan batu bata. Selain itu, tumbuhan lumut banyak dijumpai di hutan yang lebat, di atas tanah atau di atas batu. Tumbuhan lumut juga hidup pada kayu-kayu yang lapuk atau menempel pada kulit pohon sebagai **epifit**. Di daerah pegunungan ditemui suatu wilayah yang banyak didominasi oleh lumut, sehingga disebut hutan lumut (Gambar 7.6).

Hutan hujan tropis kita merupakan salah satu ekosistem yang kaya akan berbagai jenis lumut. Berbagai jenis lumut juga ditemukan di daerah dengan iklim yang ekstrim. Ada lumut yang hidup di daerah kering atau gurun, di dalam lumpur, dan aliran sungai. Lumut juga dapat dijumpai di daerah kutub utara (Arktik) dan di daerah kutub selatan (Antartika).

2. Siklus Hidup Lumut

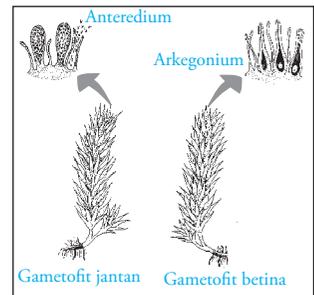
Siklus hidup lumut berbeda dengan siklus hidup tumbuhan yang lain karena siklus hidup lumut didominasi oleh **gametofit**. Gametofit menghasilkan organ kelamin jantan atau **anteredium** dan organ kelamin betina atau **arkegonium**. Apabila anteredium dan arkegonium dihasilkan oleh satu gametofit (satu individu lumut) maka jenis tersebut disebut lumut berumah satu atau **homotalus**, sedangkan apabila keduanya dihasilkan oleh gametofit yang berbeda maka jenis tersebut disebut lumut berumah dua atau **heterotalus**. Perhatikan Gambar 7.7.

Dalam pembahasan ini kita akan menggunakan contoh siklus hidup pada **lumut daun**. Perhatikan Gambar 7.8. Sebagian besar spesies lumut daun bersifat heterotalus. Gametofit jantan membentuk anteredium dan gametofit betina membentuk arkegonium. Sperma dari anteredium

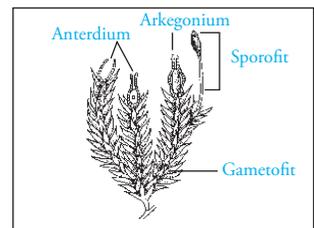
GALERI

Lumut Epifit

Lumut epifit adalah sebutan untuk komunitas lumut yang hidup pada pepohonan. Lumut-lumut tersebut hidup menempel pada kulit pohon yang hidup maupun gelondongan kayu yang sudah lapuk. Di hutan, terutama hutan lumut, lumut epifit melingkupi hampir semua bagian hutan, mulai dari pangkal pohon di dekat permukaan tanah sampai permukaan kanopi pohon. Komunitas ini memiliki peran penting terutama dalam siklus hidrologi karena mempunyai kemampuan mengikat dan menahan air yang tinggi.



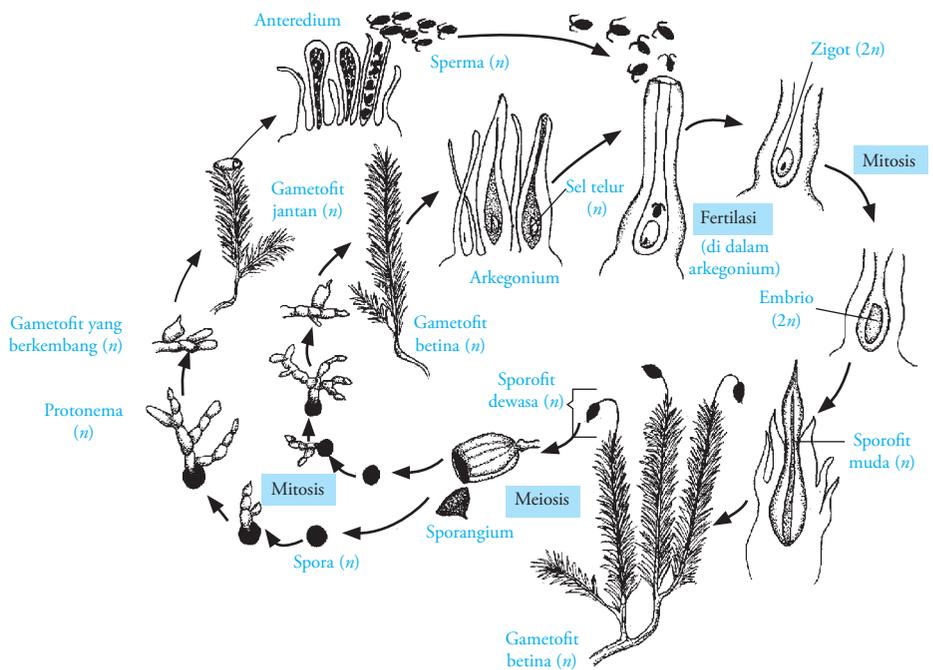
(a)



(b)

Gambar 7.7 Lumut homotalus dan lumut heterotalus (a) Lumut homotalus (b) Lumut heterotalus

dengan perantaraan air berenang menuju sel telur di dalam arkegonium kemudian terjadi pembuahan yang menghasilkan zigot. Zigot yang bersifat diploid kemudian akan mengalami mitosis dan berkembang menjadi sporofit embrionik di dalam arkegonium. Pada ujung batang sporofit yang memanjang terdapat sporangium, yaitu kapsul tempat spora haploid berkembang. Sporangium juga berfungsi sebagai tempat terjadinya pembelahan mitosis. Setelah masak, kapsul spora pecah dan spora terpecah keluar. Spora-spora tersebut apabila menemukan tempat yang memiliki kelembaban yang sesuai akan berkecambah membentuk protonemata (jamak dari protonema) kecil yang berwarna hijau. Protonemata haploid tersebut terus tumbuh dan berdiferensiasi sehingga membentuk gametofit. Gametofit dewasa akan membentuk gamet-gamet yang akan berkembang dan kembali menjalani siklus serupa.



Gambar 7.8 Siklus hidup lumut daun

Perkawinan antara gamet jantan dan gamet betina membentuk spora merupakan perkembangbiakan secara seksual (generatif). Selain melalui perkembangbiakan generatif, lumut juga berkembang biak secara vegetatif. Bagian gametofit lumut yang patah dan terbawa angin atau burung yang mencari bahan sarang bisa tumbuh apabila jatuh di tempat-tempat yang lembab. Beberapa jenis lumut juga sangat mudah membentuk tunas-tunas atau **gemma**. Gemma merupakan tubuh bersel satu atau banyak. Seringkali, menguncup dari jaringan generatif khusus pada batang, daun, rizoid, atau protenema. Gemma dapat

secara efektif memberikan persebaran dalam waktu singkat. Contohnya terdapat pada *Calymperes tenerum* dan *Marchantia polymorpha*. Jenis yang pertama tersebut adalah anggota lumut daun yang mempunyai *gemifereous leaf* pada bagian ujung daunnya, sedangkan jenis yang satunya merupakan lumut hati yang mempunyai *gemma cup* pada permukaan talusnya. Perhatikan Gambar 7.9.

3. Klasifikasi Lumut

Di dalam Dunia Tumbuhan, lumut dikelompokkan ke dalam Divisi **Bryophyta**. Kata *Bryophyta* dari bahasa Yunani, yaitu *bryon* (lumut) dan *phyton* (tumbuhan). Divisi tersebut, berdasarkan bentuk gametofit dan sporofitnya, dibagi menjadi 3 kelas, yaitu **Kelas Bryopsida** atau lumut daun, **Kelas Hepaticopsida** atau lumut hati, dan **Kelas Anthocerotopsida** atau lumut tanduk.

a. Lumut Daun (Bryopsida)

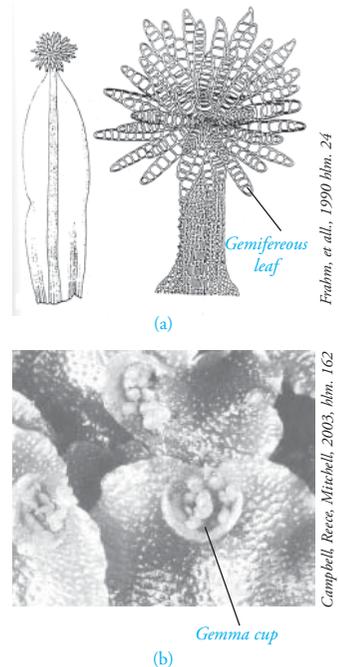
Lumut daun merupakan tumbuhan lumut yang paling terkenal. Hamparan lumut daun terdiri dari satu tumbuhan lumut daun yang tumbuh dalam kelompok yang padat, sehingga satu sama lainnya bisa saling menyokong dan menguatkan. Hamparan ini memiliki sifat seperti karet busa yang bisa menyerap dan menahan air. Contoh lumut daun adalah *Sphagnum* sp. (lumut gambut), *Bryum* sp. (hidup di tembok atau batuan yang lembab), dan *Aerobrysis longissima* (hidup sebagai epifit di hutan). Perhatikan Gambar 7.10.

Tubuh lumut daun bisa dibedakan menjadi rizoid, batang, dan daun. Rizoid merupakan deretan sel yang memanjang atau filamen seluler, menyerupai akar pada tumbuhan tingkat tinggi. Melalui rizoid ini, lumut daun dapat melekat pada benda tempat hidupnya, misalnya saja pohon, dinding, atau bebatuan. Sementara, fotosintesis banyak terjadi pada bagian atas rizoid yang menyerupai batang atau daun. Namun perlu diingat, jikalau bentuk batang, daun, maupun akar (rizoid) lumut daun tidak sama persis strukturnya dengan tumbuhan vaskuler.

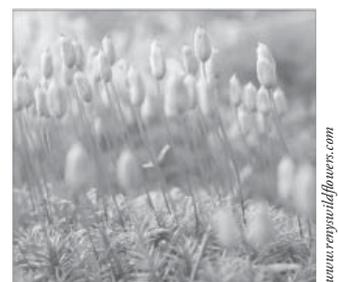
b. Lumut Hati (Hepaticopsida)

Lumut hati merupakan lumut yang kurang menyolok penampilannya bila dibandingkan dengan lumut daun. Tubuh masih berupa lembaran (talus) yang terbagi atas beberapa **lobus**. Bentuknya akan mengingatkan pada lobus hati pada hewan. Karena itu, lumut ini dinamakan lumut hati. Contoh lumut hati adalah *Marchantia polymorpha* dan *Porella* sp. (Gambar 7.11).

Siklus hidup lumut hati sangat mirip dengan siklus hidup lumut daun, yakni pembiakan secara seksual dan aseksual. Di dalam sporangia, beberapa lumut hati mempunyai sel berbentuk kumparan, disebut **elatera**, yang muncul dari kapsul. Elatera ini akan terlepas ketika kapsul terbuka, sehingga spora akan terpancar keluar dari kapsul. Selain itu, lumut hati juga dapat berkembangbiak secara aseksual (vegetatif).



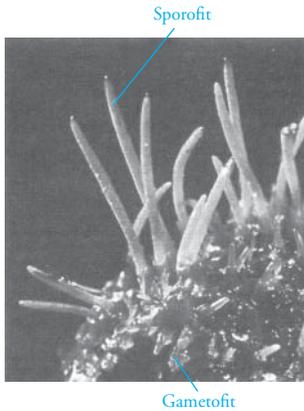
Gambar 7.9 Gemma pada tumbuhan lumut (a) *Calymperes tenerum* (b) *Marchantia polymorpha*



Gambar 7.10 *Bryum* sp.



Gambar 7.11 *Marchantia polymorpha*, salah satu contoh lumut hati



Gambar 7.12 *Anthoceros* sp.

Sel yang berperan adalah berkas-berkas sel kecil yang disebut dengan gemma. Oleh tetesan air hujan, gemma ini dapat terpelanting keluar dari mangkuk (talus) yang ada pada permukaan gametofit. Akibatnya, jika gemma jatuh di tempat yang cocok, gemma tersebut akan membentuk individu baru.

c. Lumut Tanduk (*Anthocerotopsida*)

Lumut tanduk mempunyai kemiripan dengan lumut hati, yakni pada gametofitnya. Bedanya, lumut tanduk memiliki sporofit yang berupa kapsul yang memanjang dan tumbuh seperti tanduk dari hamparan gametofit. Contoh lumut tanduk adalah *Anthoceros laevis* dan *Notothylus indica*. Perhatikan Gambar 7.12.

Sampai di sini tentu pemahaman kalian tentang lumut sudah semakin banyak. Untuk memantapkannya lakukan *Diskusi* dan juga jawablah soal-soal pada rubrik *Uji Kompetensi* berikut.

DISKUSI

Lumut yang hidup di permukaan batuan banyak menimbulkan permasalahan, terutama pada pemeliharaan benda-benda cagar budaya, misalnya bangunan candi. Coba diskusikan dengan teman sebangku kalian bagaimana usaha-usaha untuk mengatasi hal tersebut.

UJI KOMPETENSI

Jawablah soal-soal berikut ini dengan tepat.

1. Bagaimanakah ciri-ciri umum Dunia Tumbuhan? Jelaskan.
2. Mengapa tumbuhan lumut dan paku disebut tumbuhan tingkat rendah? Jelaskan.
3. Sebutkan ciri-ciri tumbuhan lumut.
4. Ada berapa cara lumut berkembangbiak? Sebutkan dan jelaskan.
5. Tumbuhan lumut dibagi menjadi 3 divisi. Sebutkan dan jelaskan dengan contoh.

Selain lumut, tumbuhan yang tergolong kelompok tumbuhan tingkat rendah adalah tumbuhan paku. Meskipun habitat lumut dan paku hampir sama, yaitu di atas tanah, batu, maupun sebagai epifit, serta mampu membentuk spora, tetapi paku mempunyai ciri dan struktur tubuh lebih kompleks. Mari kita pelajari uraiannya pada subbab berikut.



Gambar 7.13 Pakis, salah satu contoh tumbuhan paku

C. Tumbuhan Paku (*Pteridophyta*)

Bersama lumut, tumbuhan paku merupakan tumbuhan tingkat rendah. Apakah kalian pernah melihat tumbuhan pakis di lingkungan sekitar kalian? Tentu kalian pasti pernah melihatnya. Terkadang, banyak penjual tanaman hias yang menjualnya. Pakis merupakan salah jenis tumbuhan paku (Gambar 7.13). Meskipun ciri dan struktur tubuh tumbuhan paku amat berbeda dengan lumut, yaitu sudah

mempunyai **cormus**, tetapi tumbuhan paku belum menghasilkan biji. Tubuhnya memang sudah dapat dibedakan menjadi akar, batang, dan daun sejati dan juga sudah memiliki pembuluh pengangkut (termasuk tumbuhan vaskuler), tumbuhan paku masih membentuk spora sebagai alat perkembangbiakan yang utama. Karenanya tumbuhan paku disebut **kormofita berspora** atau tumbuhan **vaskuler tak berbiji**. Tumbuhan paku juga mempunyai gametangium yang letaknya tersembunyi, sehingga termasuk kelompok **Vascular Cryptogamae**.

Golongan **Vascular Cryptogamae** menurut sistem klasifikasi lama termasuk dalam **Divisi Pterydophyta**. Divisi ini merupakan **Cormophyta** bersama dengan tumbuhan berbiji dan tubuhnya yang berupa kormus sudah merupakan sporofit. Ini berbeda dengan tumbuhan lumut yang tubuhnya masih berupa talus (atau peralihan dari talus ke kormus) dan merupakan gametofit. **Sebagai tumbuhan tingkat rendah**, tumbuhan paku sudah lebih maju daripada tumbuhan lumut karena sudah mempunyai sistem pembuluh yang terdiri dari xilem dan floem, sporofit hidup bebas dan berumur panjang, sudah ada akar sejati, dan sebagian sudah merupakan **tumbuhan heterospor**. Sebaliknya, sebagai golongan kormofita, tumbuhan paku lebih rendah perkembangannya daripada tumbuhan berbiji (**Spermatophyta**) karena untuk melakukan pembuahan sel kelamin jantan dapat mencapai sel kelamin betina tanpa harus melalui siphon (buluh serbuk sari). Karenanya, tumbuhan paku dan lumut termasuk golongan **Embryophyta Asiponogama**. Selain itu, tumbuhan paku tidak membentuk biji dan gametofit betina tidak menempel pada sporofit serta dalam perkembangan embrio sporofit tidak ada masa istirahat.

1. Ciri-Ciri Tumbuhan Paku

Apabila kita membicarakan ciri tubuh tumbuhan paku, tentu akan dipelajari ukuran, bentuk, struktur dan fungsi tubuhnya. Ukuran tubuh tumbuhan paku amat bervariasi, tingginya antara 2 cm hingga 5 m. Bentuknya pun amat beragam. Ada yang berbentuk lembaran, perdu, pohon, dan ada yang seperti tanduk rusa. Struktur tubuhnya jelas mempunyai kormus. Artinya, kita sudah bisa membedakan antara akar, batang, dan daunnya. Namun demikian, tumbuhan ini tidak menghasilkan biji. Karena itu, alat perkembangbiakan tumbuhan paku yang utama yakni melalui spora.

Akar tumbuhan paku bersifat endogen dan tumbuh ke samping dari batang. Batangnya bercabang-cabang menggarpu (**dikotom**) atau jika membentuk cabang-cabang ke samping, cabang-cabang baru tersebut tidak pernah keluar dari ketiak daun. Pada batang terdapat banyak daun yang dapat tumbuh terus sampai lama. Umumnya daun masih lebih primitif daripada daun tumbuhan tingkat tinggi sehingga disebut **mikrofil**.

Di dalam akar, batang, dan daun telah terdapat **jaringan pengangkut** yang tersusun atas bagian floem dan xilem yang belum terdapat pada tumbuhan lumut. Berkas-berkas pengangkut ini umumnya tersusun

GALERI

Batu Bara

Tumbuhan paku merupakan kelompok yang berjaya pada masa Karboniferus sekitar 290-360 juta tahun silam. Tumbuhan tersebut tidak hanya meninggalkan relikua hidup, tetapi juga meninggalkan bahan bakar fosil dalam bentuk batu bara.

Campbell, Reece, Mitchell, hlm 166



Microsoff Encarta Premium, 2006

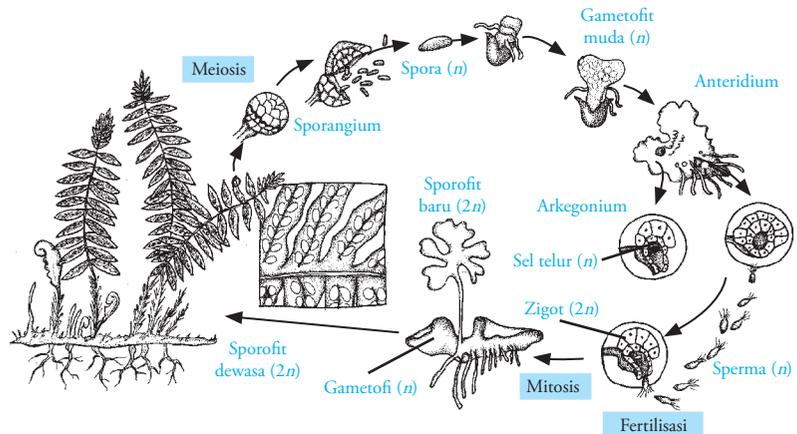
Gambar 7.14 *Cyathea* sp, contoh Paku Tiang

konsentris **amfikribal** (xilem di tengah dikelilingi oleh floem) dan di dalam batang sering terdapat lebih dari satu berkas pengangkut. Adanya berkas pengangkut menambah kekuatan untuk mendukung tunas-tunas, sehingga tumbuhan paku berkembang menjadi tumbuhan darat dengan cabang-cabang, bahkan telah membentuk pohon seperti yang dikenal dengan paku tiang, contohnya adalah *Cyathea* sp. Perhatikan Gambar 7.14.

Daun tumbuhan paku terdiri atas dua macam. Daun yang berukuran kecil dan bersisik yang disebut **mikrofil**. Sementara, daun yang berukuran besar, dinamakan **makrofil**. Inilah karakteristik dari tumbuhan paku. Daun merupakan tempat pembentukan **sporangium** dan **spora**. Sporangium tersebut kadang-kadang juga terbentuk dalam ketiak daun, dan hanya pada beberapa paku dengan tingkat perkembangan yang rendah sporangium langsung terbentuk pada ujung tunas. Kumpulan sporangium pada daun disebut sorus, dan daun tersebut disebut **sporofil**. Daun selain sporofil adalah daun yang berfungsi untuk fotosintesis dan disebut daun **tropofil**. Sporofil seringkali terkumpul menjadi organ khusus yang terletak di ujung batang atau cabang, disebut **strobilus**.

2. Siklus Hidup Tumbuhan Paku

Seperti pada tumbuhan lumut, pada tumbuhan paku juga terjadi siklus hidup atau pergiliran dua keturunan, yaitu keturunan **gametofit** dan **sporofit**. Perhatikan Gambar 7.15, contoh yang akan kita bahas adalah siklus hidup paku pakis. Gametofit pada tumbuhan paku dinamakan **protalium** atau **protalus**.



Gambar 7.15 Daur hidup paku pakis

Protalium ini hanya berumur beberapa minggu. Bentuk protalium ini seperti jantung, warnanya hijau, dan melekat pada tempat tumbuhnya dengan rizoid. Pada protalium ini terdapat anteridium dan arkegonium yang masing-masing merupakan penghasil sel jantan dan sel betina yang dalam perkembangan selanjutnya akan bertemu dan melebur menghasilkan zigot. Zigot kemudian tumbuh menjadi tumbuhan paku. Tumbuhan paku inilah yang merupakan keturunan yang diploid,

yaitu sporofit. Jadi di dalam siklus hidup tumbuhan paku **sporofit** adalah generasi yang **dominan**. Selanjutnya, pada keturunan sporofit, tumbuhan paku akan menghasilkan spora. Dan kemudian spora tersebut akan tumbuh menjadi protlium, demikian seterusnya siklus hidup berlanjut.

Sebagian besar paku adalah **homospora**, yang berarti menghasilkan satu jenis spora yang sama besar. Pada jenis paku lain ditemukan tipe **heterospor**, yaitu jenis paku yang mengasilkan dua macam spora yang ukurannya tidak sama. Terdapat pula tumbuhan paku yang menghasilkan spora yang bentuk luarnya sama tetapi berbeda jenis kelaminnya. Tumbuhan ini dinamakan **paku peralihan** antara homospor dan heterospor.

3. Klasifikasi Tumbuhan Paku

Di dalam Dunia Tumbuhan, tumbuhan paku dikelompokkan ke dalam 4 divisi yaitu **Divisi Psilophyta** atau paku purba, **Divisi Lycophyta (Lepidophyta)** atau paku kawat, **Divisi Arthrophyta** atau paku ekor kuda, dan **Divisi Filicophyta** atau paku sejati. Tiga divisi pertama adalah tumbuhan paku dengan daun berupa mikrofil sedangkan divisi yang ke empat adalah paku dengan daun berupa makrofil.

a. Paku Purba (Psilopyta)

Divisi Psilophyta disebut juga **paku purba**. Sesuai dengan namanya, tumbuhan paku ini sudah banyak yang punah. Jenis tumbuhan ini, yang masih ada hanya sedikit saja. Diperkirakan hanya tinggal 10 – 13 species yang berasal dari 2 genus. Paku purba merupakan **paku telanjang** yang tidak berdaun. Kalau pun ada, paku purba hanya mempunyai daun-daun kecil (mikrofil) yang belum terdeferensi. Oleh karenanya, fotosintesis berada di batang yang mengandung klorofil.

Paku purba juga ada yang belum punya akar. Dengan demikian, paku purba ini tidak mempunyai jaringan pengangkut. Tentunya, paku ini akan memiliki rizoid untuk mengangkut air dan mineral. Tumbuhan paku ini juga mempunyai sifat homospora, dan banyak hidup di daerah tropis dan subtropis. Contoh paku kuda adalah *Rhynia* sp. yang merupakan paku purba berdaun dan *Psilotum nudum* yang merupakan paku purba tidak berdaun (Gambar 7.16).

b. Paku Kawat (Lycophyta)

Divisi Lycophyta atau Lepidophyta meliputi golongan yang sudah punah maupun yang sekarang masih ada. Anggota divisi ini biasa dinamakan **paku kawat** karena mempunyai batang dan akar yang bercabang menggarpu. Struktur tubuhnya cukup lengkap, yang mempunyai akar, batang dan daun sejati. Daunnya kecil-kecil (mikrofil), tidak bertangkai dan bertulang daun satu. Sporangium terdapat pada ketiak daun, biasanya sporofil terkumpul di ujung batang atau cabang dan membentuk bangunan seperti kerucut, disebut **strobilus**. Bentuk ini menyerupai konus pada pohon pinus, sehingga banyak orang yang menyebut paku kawat itu sama saja **pinus tanah**.

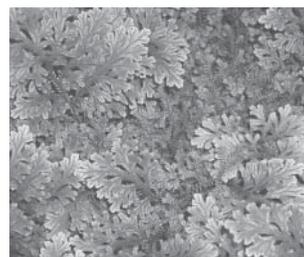


Gambar 7.16 *Psilotum nudum*.

Berdasarkan ada tidaknya ligula (lidah-lidah pada daun), divisi ini dibagi menjadi dua kelas yaitu **Kelas Eligulopsida** dan **Kelas Ligulopsida**. Kelas Eligulopsida merupakan paku kawat yang tidak memiliki ligula, contohnya *Lycopodium* sp. Sedangkan Ligulopsida merupakan paku kawat yang memiliki ligula, contohnya paku rane (*Selaginella* sp.). Perhatikan Gambar 7.17 dan 7.18.



Gambar 7.17 *Lycopodium* sp.



Gambar 7.18 *Selaginella* sp.

c. Paku Ekor Kuda (Divisi Arthrophyta)

Divisi Arthrophyta memiliki tubuh yang cabangnya berkarang dan jelas kelihatan **berbuku-buku dan beruas-ruas**. Lapisan luar (epidermisnya), mengandung silika sehingga terlihat berpasir. Orang banyak menggunakan batang ekor kuda untuk menggosok pot ataupun kual, sebelum ditemukan alat penggosok dari baja. Oleh karenanya, tumbuhan ini disebut juga dengan **tumbuhan penggosok**.

Daun-daun kecil seperti selaput dan tersusun berkarang. Sporofil selalu berbeda dengan daun biasa, biasanya berbentuk perisai dengan sejumlah sporangium pada sisi bawahnya. Sporofil tersebut merupakan badan berbentuk gada atau kerucut pada ujung batang atau cabang yang juga disebut sebagai **strobilus**. Akarnya sangat kecil dan halus, terdapat pada buku-buku dari rhizoma atau pada pangkal batang. Beberapa jenisnya ada yang memiliki semacam umbi untuk menghadapi masa yang buruk.

Paku ekor kuda merupakan tumbuhan dengan genus tunggal, yaitu *Equisetum*. Genus ini hanya memuat kira-kira 25 spesies, sebagian hidup di darat dan sebagian hidup di rawa-rawa. Contohnya adalah paku ekor kuda (*Equisetum debile*). Perhatikan Gambar 7.19.

d. Paku sejati (Filicophyta)

Tumbuhan paku sejati merupakan tumbuhan paku yang bisa selalu kita temukan. Mengapa? Sebab, kita bisa menemukannya di sawah, di pekarangan rumah yang teduh, atau mungkin pada pot tanaman hias yang ada di depan rumah kita.

Paku sejati juga termasuk tumbuhan yang memiliki struktur tubuh lengkap. Paku sejati sudah mempunyai akar, batang, dan daun yang sejati. Batangnya ada yang tertanam di dalam tanah membenruk rihzoma. Daunnya berupa makrofil dan bentuknya bermacam-macam, bertangkai, dan tulangnya bercabang-cabang. Saat masih muda, daunnya akan tergulung pada ujungnya. Sementara, sisi bawahnya banyak terdapat sporangium.



Gambar 7.19 Paku ekor kuda (*Equisetum debile*)

Contoh tanaman paku sejati adalah paku tanduk rusa (*Platy-
cerium coronarium*), paku sarang burung (*Asplenium nidus*), paku suplir
(*Adiantum* sp.), paku sawah (*Azolla pinnata*), dan semanggi (*Marsillea
crenata*). Perhatikan Gambar 7.20 dan 7.21.



Gambar 7.20 Semanggi (*Marsillea crenata*)



Gambar 7.21 Paku sarang burung (*Asplenium nidus*)

Nah, bagaimana teman-teman, menarik bukan? Berdasarkan penjelasan beraneka ragamnya tumbuhan paku tersebut, tentunya wawasan kita akan Dunia Tumbuhan semakin bertambah. Untuk melengkapinya kerjakan kegiatan berikut.

TELISIK

Cobalah kalian pergi ke sawah dan amati berbagai jenis tumbuhan yang ada di sana. Dapatkan kalian menemukan tumbuhan paku? Tumbuhan paku yang hidup di sawah misalnya *Marsilea crenata*, *Salvinia* sp, dan *Azolla* sp. Ambil sampel dari tumbuhan yang kalian temukan kemudian carilah informasi tentang jenis-jenis tersebut. Presentasikan hasilnya di dalam kelas.

Nah sekarang, untuk mengasah kemampuan kalian dapat menyelesaikan soal-sola berikut.

UJI KOMPETENSI

Jawablah soal-soal berikut ini dengan tepat.

1. Bagaimana ciri-ciri tumbuhan paku itu?
2. Di manakah tumbuhan paku dapat hidup dan berkembangbiak?
3. Bagaimana siklus hidup tumbuhan paku? Jelaskan.
4. Apa yang dimaksud dengan paku homospor, paku heterospor, dan paku peralihan?
5. Jelaskan klasifikasi tumbuhan paku.

Nah, setelah kalian mempelajari lumut dan paku, berikut akan kalian pelajari kelompok tumbuhan pada tingkatan yang lebih tinggi lagi yaitu tumbuhan berbiji.

D. Tumbuhan Berbiji (Spermatophyta)

Kalian tahu “kwaci”? Ya, kwaci merupakan sejenis makanan atau camilan yang berasal dari biji tumbuhan, seperti biji bunga matahari dan biji semangka. Biji merupakan ciri khas dari tumbuhan berbiji atau Spermatophyta. Selain biji, bagaimanakah ciri-ciri umum dan pengelompokan (klasifikasi) Spermatophyta?

KILAS

Dalam pembahasan mengenai ciri umum Kingdom Plantae, telah dijelaskan bahwa tumbuhan dapat dikelompokkan menjadi tumbuhan tingkat rendah dan tumbuhan tingkat tinggi. Spermatophyta merupakan kelompok tumbuhan tingkat tinggi karena berkembangbiak dengan biji.

1. Ciri Umum Spermatophyta

Tumbuhan berbiji mempunyai generasi **sporofit** lebih kompleks dibanding lumut dan paku. Alat perkembangbiakan terdapat pada organ **bunga** (kumpulan sporofil) atau berupa **strobilus**. Sementara itu, kumpulan sporofil pada tumbuhan paku belum membentuk bunga. Sel kelamin (gamet) jantan terdapat dalam serbuk sari dan gamet betina terdapat pada kantong embrio. Proses penggabungan sel gamet jantan (sperma) dan sel gamet betina (sel telur) terjadi melalui buluh serbuk sari. Oleh karena itu, Spermatophyta disebut juga **Embryophyta Siphonogama**.

Tumbuhan berbiji sudah dapat dibedakan secara jelas menjadi akar, batang, dan daun. Tubuhnya bersifat multiseluler (tersusun oleh banyak sel) dengan ukuran tubuhnya besar atau makroskopis dan mempunyai ketinggian bervariasi. Tumbuhan berbiji memiliki jaringan pembuluh yang bervariasi dan terdiri dari *floem*, berfungsi untuk mengangkut bahan makanan yang berasal dari daun ke seluruh tubuh tanaman, serta *xylem*, berfungsi untuk mengangkut air dan mineral dari dalam tanah. Pada umumnya, tumbuhan berbiji (kecuali tumbuhan parasit) bersifat autotrof atau dapat mensintesis makanan sendiri melalui fotosintesis. Oleh karena itu, tumbuhan berbiji merupakan organisme **fotoautotrof**. Sebagian besar mempunyai tempat hidup (**habitat**) di darat (misalnya: mangga, rambutan, dan jambu). Ada pula tumbuhan berbiji yang hidup mengapung di atas air (misalnya: enceng gondok). Tumbuhan biji berkembangbiak secara aseksual maupun secara seksual.

2. Klasifikasi Spermatophyta

Berdasarkan ada tidaknya lapisan pelindung pada bakal biji, Divisi Spermatophyta dibedakan menjadi 2 golongan, yaitu Sub divisi Gymnospermae (tumbuhan berbiji terbuka) dan Sub divisi Angiospermae (tumbuhan berbiji tertutup).

a. Tumbuhan Berbiji Terbuka (Gymnospermae)

Ciri khas tumbuhan Gymnospermae (bahasa Yunani, *gymnos* = 'telanjang' dan *sperma* = 'benih' atau 'biji') adalah tidak mempunyai pembungkus biji (**ovarium**). Bakal bijinya terbuka dan terdapat pada permukaan daun buah (**megasporofil**).

Pada umumnya berupa tumbuhan berkayu dengan bermacam-macam bentuk perawakan (*habitus*). Tidak memiliki bunga yang sesungguhnya (bunga mereduksi menjadi kantong serbuk sari dan bakal biji), sporofil terpisah-pisah membentuk strobilus jantan dan strobilus betina. Mempunyai sistem akar tunggang dan batang tegak lurus atau bercabang-cabang. Akar dan batang berkambium, sehingga selalu mengadakan pertumbuhan menebal sekunder. Strobilus atau kerucut mengandung 2 daun buah (tempat menempel bakal biji), yaitu makrosporangium dan mikrosporangium yang terpisah satu sama lain. Penyerbukan hampir selalu dengan bantuan angin (**anemogami**). Serbuk sari langsung jatuh pada bakal biji, dengan jarak waktu penyerbukan sampai pembuahannya

relatif panjang. Sel kelamin jantan umumnya berupa spermatozoid yang masih bergerak dengan aktif.

Anggota Gymnospermae yang masih ada (hidup) sampai saat ini, digolongkan menjadi 4 kelas, yaitu Kelas Cycadinae, Kelas Ginkyoinae, Kelas Coniferae, dan Kelas Gnetinae.

1) Kelas Cycadinae

Tumbuhan anggota kelas ini tubuhnya berkayu, menyerupai palem dan tidak atau sedikit bercabang. Sporofil tersusun dalam strobilus berumah dua (dalam satu strobilus terdapat 1 alat kelamin). Strobilus jantan sangat besar, tersusun oleh sporofil-sporofil berbentuk sisik, dan banyak mikrosporangium. Pada strobilus betina (megasporofil), sporofil berupa sisik dengan 2 bakal biji.

Kelas ini hanya mempunyai 1 bangsa, yaitu Cycadales dan 1 suku, yaitu Cycadaceae. Contohnya adalah pakis haji (*Cycas rumphii*) dan *Dioon* sp. (hidup di Amerika). Perhatikan Gambar 7.22.

2) Kelas Ginkyoinae (sering dieja: Ginkoinae)

Anggotanya berupa pohon *dioceus* (berumah dua), mempunyai tunas panjang dan pendek, daunnya bertangkai panjang membentuk kipas. Mikrosporofil (benang sari) tidak banyak dan susunan makrosporofil tidak begitu terang, dengan dua bakal biji pada tangkai yang panjang. Kulit luar pada bijinya berdaging dan kulit dalamnya keras. Kelas ini terdiri atas bangsa Ginkyoales dan suku Ginkyoaceae. Contohnya adalah *Ginkyo biloba* (Gambar 7.23).

3) Kelas Coniferae

Ciri utama anggota Coniferae adalah adanya tajuk berbentuk kerucut (Coniferae berasal dari kata *conus* = 'kerucut' dan *ferrein* = 'mendukung'). Anggotanya dapat berupa semak, perdu, atau pohon. Daun-daunnya berbentuk jarum, sehingga sering disebut pohon jarum. Tumbuhan ini berumah dua, tetapi ada juga yang berumah satu.

Kelas Coniferae terdiri dari beberapa ordo, antara lain Ordo Araucariales, Ordo Podocarpaceae, Ordo Cupressales, dan Ordo Pinales. Ordo-ordo tersebut umumnya disusun oleh satu suku. Contoh anggota Ordo Araucariales adalah *Agathis alba* (Araucariaceae), contoh anggota Ordo Podocarpaceae adalah *Podocarpus imbricata* (Podocarpaceae), dan contoh anggota Ordo Pinales adalah *Pinus silvestris*, *Abies nordmanniana*, dan *Pinus merkusii* (Pinaceae). Perhatikan Gambar 7.24. Sedangkan Ordo Cupressales terdiri atas dua suku, yaitu Taxodiaceae (contohnya *Sequoia gigantea*) dan Famili Cupressaceae (contohnya *Juniperus communis*).

4) Kelas Gnetinae

Ciri-ciri Gnetinae adalah batang berkayu (dapat bercabang atau tidak), bunga berkelamin tunggal, dan pembuahan terjadi melalui pembentukan buluh serbuk sari. Kelas ini terdiri atas 3 ordo, yaitu Ordo Ephedrales, Ordo Gnetales, dan Ordo Welwitschiales. Contoh anggota Ordo Ephedrales adalah *Ephedra altissima* (Ephedraceae). Contoh anggota Ordo Gnetales adalah melinjo (*Gnetum gnemon*) yang merupakan



Gambar 7.22 Pakis haji (*Cycas rumphii*)

<http://id.wikipedia.org>



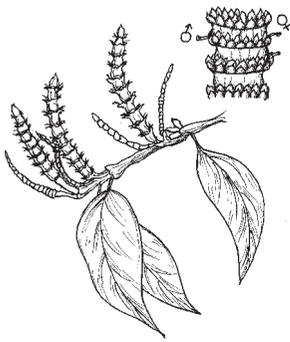
Gambar 7.23 *Ginkyo biloba*

Campbell, Reece, Mitchell, 2003, hlm. 174



Gambar 7.24 *Abies nordmanniana*

www.prieterum.org



Gambar 7.25 *Gnetum gnemon*
(a) Strobilus betina dan (b) Strobilus betina

anggota suku Gnetaceae. Tumbuhan yang banyak dibudidayakan ini umumnya memiliki stobilus jantan dan betina yang terdapat dalam satu pohon (berumah satu). Perhatikan Gambar 7.25. Sedangkan contoh anggota **Ordo Welwitschiales** adalah *Welwitschia bainesii* (Welwitschiaceae).

b. Tumbuhan Berbiji Tertutup (Angiospermae)

Angiospermae (bahasa Yunani, *angio* = 'botol', *sperma* = 'biji'). Berbeda dengan Gymnospermae, tumbuhan anggota Angiospermae mempunyai biji yang dilindungi oleh bakal buah. Anggotanya dapat berupa tumbuhan berkayu atau berbatang basah (herba), mempunyai bentuk dan susunan bunga bermacam-macam. Mikrosporangia terdapat pada mikrosporofil yang disebut benang sari.

Berdasarkan bagian-bagiannya, bunga Angiospermae dibedakan menjadi bunga lengkap dan tidak lengkap. **Bunga lengkap** mempunyai perhiasan bunga yang lengkap, yaitu kelopak dan mahkota. **Bunga tak lengkap** tidak mempunyai salah satu bagian perhiasan bunga (mahkota atau kelopak). Sementara itu, berdasarkan alat kelaminnya, bunga Angiospermae dibedakan menjadi **bunga sempurna** dan **bunga tak sempurna**. Bunga sempurna mempunyai alat kelamin betina (putik) dan alat kelamin jantan (benang sari), sedangkan bunga tak lengkap hanya mempunyai satu alat kelamin (putik atau benang sari saja).

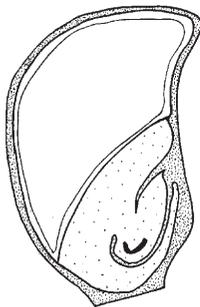
Anggota Subdivisi Angiospermae dibedakan berdasarkan jumlah daun lembaga (**cotyledon**) menjadi dua kelas, yaitu monocotyledoneae dan dicotyledoneae.

1) Kelas Monocotyledoneae (Monokotil)

Ciri umum tumbuhan monokotil adalah bijinya mempunyai satu daun lembaga yang berfungsi untuk menyerap zat makanan dari endosperma pada saat biji berkecambah (Gambar 7.26). Ciri lainnya adalah bunganya memiliki bagian-bagian yang jumlahnya berkelipatan 3. Daunnya tunggal dan mempunyai tulang daun sejajar atau melengkung. Tumbuhan monokotil mempunyai sistem akar serabut. Sebagian besar berbatang basah, tetapi beberapa anggota yang lain merupakan tumbuhan berkayu. Batang tidak bercabang, mempunyai buku-buku dan ruas-ruas yang jelas. Batang dan akar tumbuhan monokotil tidak berkambium, sehingga tidak mengalami pertumbuhan sekunder.

Tumbuhan monokotil dibedakan menjadi beberapa ordo. Contoh ordo yang memiliki anggota yang hidup di air adalah **Alismatales**, yaitu *Hydrilla verticillata* (Gambar 7.27). Ordo lain dari tumbuhan monokotil adalah **Bromeliales**. Bromeliales terdiri dari beberapa famili, antara lain Bromeliaceae [contohnya nanas (*Ananas sativus*)], Commelinaceae (contohnya *Rhoeo discolor*), dan Pontederiaceae [contohnya enceng gondok (*Eichornia crassipes*)].

Ordo Liliales merupakan tumbuhan monokotil yang memiliki beberapa suku, antara lain Liliaceae, Amaryllidaceae, dan Dioscoreaceae. Contoh Liliaceae adalah bawang putih (*Allium sativum*), bawang merah (*Allium cepa*), lidah buaya (*Aloe vera*), dan tulip (*Tulipa gesneriana*).



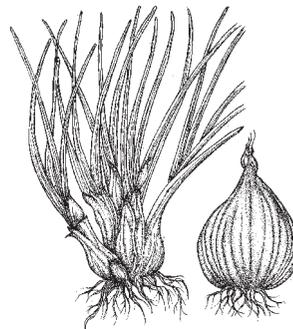
Gambar 7.26 Struktur biji monokotil



Gambar 7.27 *Hydrilla verticillata*

Perhatikan gambar 7.28. Sedangkan **Arecales** merupakan ordo yang beranggotakan beberapa jenis tanaman yang sering kita jumpai di sekitar kita. Contohnya adalah *Zalacca edulis* atau salak dan *Cocos nucifera* atau kelapa. Keduanya merupakan anggota suku *Arecaceae*. Contoh lainnya adalah *Colocasia esculenta* atau talas (*Araceae*).

Beberapa ordo yang lain adalah *Pandanales*, *Cyperales*, *Orchidales*, *Poales*, dan *Zingiberales*. Perhatikan gambar 7.29 dan 7.30. Contoh anggota **Ordo Pandanales** adalah pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius*), contoh anggota **Ordo Cyperales** adalah rumput teki (*Cyperus rotundus*), dan contoh anggota **Ordo Orchidales** adalah anggrek bulan (*Phalaenopsis amabilis*). Sedangkan contoh anggota **Ordo Poales** adalah jagung (*Zea mays*) dan bambu duri (*Bambusa spinosa*), dan contoh anggota **Ordo Zingiberales** adalah kunyit (*Curcuma domestica*) dan jahe (*Zingiber officinale*).



Gambar 7.28 Bawang merah (*Allium cepa*)



Gambar 7.29 Anggrek bulan (*Phalaenopsis amabilis*).



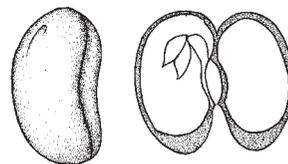
Gambar 7.30 Jahe (*Zingiber officinale*).

2) Kelas *Dycotyledoneae* (Dikotil)

Tumbuhan anggota kelas dikotil mempunyai ciri-ciri umum, terutama saat biji berkecambah, biji mempunyai dua daun lembaga yang terbelah menjadi dua bagian (Gambar 7.31). Ciri lainnya adalah bagian-bagian bunga berkelipatan 2, 4, atau 5. Daunnya tunggal atau majemuk dan mempunyai tulang daun menjari atau menyirip. Tumbuhan dikotil mempunyai sistem akar tunggang, dapat berupa tumbuhan semak, herba, atau pohon. Batang bercabang dengan buku-buku dan ruas-ruas tidak jelas. Batang dan akar tumbuhan dikotil berkambium (di antara xilem dan floem), sehingga mengalami pertumbuhan sekunder (tumbuh membesar).

Berdasarkan susunan dan ada tidaknya perhiasan bunga (mahkota dan kelopak), kelas dikotil dibedakan menjadi tiga subkelas, yaitu Subkelas *Monoklamida*, Subkelas *Dialypetala*, dan Subkelas *Sympetala*.

Subkelas **Monoklamida** (*Monochlamydae* atau *Apetalae*), merupakan golongan tumbuhan tanpa perhiasan bunga atau tidak dapat dibedakan antara mahkota dan kelopaknya. Kalaupun ada, perhiasan bunganya hanya satu macam, sehingga disebut **Monochlamydae** (*mono* = 'satu' dan *chlamidos* = 'mantel' atau 'selubung'). Pada umumnya, perhiasan bunga yang ada adalah kelopak (sepala), sehingga disebut pula **Apetalae** (*a* = 'tidak' dan *petala* = 'daun mahkota').



Gambar 7.31 Struktur biji dikotil



Gambar 7.32 *Piper nigrum*, contoh anggota Monochlamidae



Gambar 7.33 Buah sirsak (*Annona muricata*)



Gambar 7.34 *Passiflora foetida*

Beberapa ordo anggota Monochlamidae adalah Urticales, Piperales, Polygonales, dan Caryophyllales. Contoh anggota **Ordo Urticales** adalah nangka (*Artocarpus integra*) dan beringin (*Ficus benjamina*). Keduanya merupakan anggota suku Moraceae. **Ordo Piperales**, contohnya adalah suku Piperaceae, misalnya lada (*Piper nigrum*) dan sirih (*Piper betle*). **Ordo Polygonales** hanya mempunyai 1 suku, yaitu *Poligonaceae* dengan contoh jenisnya adalah air mata pengantin (*Antigonon leptopus*). Sedangkan contoh anggota **Ordo Caryophyllales (Centrospermae)** adalah berbagai jenis bayam (Amaranthaceae) dan *Mirabilis jalapa* atau bunga pukul empat (Nyctaginaceae). Perhatikan Gambar 7.32.

Subkelas Dialypetala (Dialypetalae), merupakan golongan tumbuhan yang mempunyai bagian-bagian perhiasan bunga (mahkota dan kelopak) terpisah satu sama lain. Pada umumnya menunjukkan perhiasan bunga yang lengkap. Subkelas ini terdiri atas beberapa ordo, antara lain **Ordo Rosales**, Ordo Malvales, Ordo Ranales, Ordo Parietales, Ordo Myrtales, dan Ordo Rutales. Contoh anggota Ordo Rosales adalah bunga merak atau *Caesalpinia pulcherrima* (famili Caesalpinaceae) dan orok-orok (*Crotalaria* sp.) dan kacang tanah atau *Arachis hypogaea* (famili Papilionaceae). Contoh anggota **Ordo Malvales** adalah bunga sepatu atau *Hibiscus rosa-sinensis* (famili Malvaceae), dan contoh **Ordo Ranales (Polycarpicae)** adalah sirsak (*Annona muricata*) dan srikaya atau *Annona squamosa* (famili Annonaceae). Contoh lainnya adalah yang merupakan anggota Suku Magnoliaceae, seperti cempaka putih (*Michelia alba*) dan cempaka kuning (*Michelia champaca*). Markisa (*Passiflora foetida*) adalah contoh anggota **Ordo Parietales**, yaitu dari Suku Passifloraceae. Sedangkan contoh **Ordo Myrtales** adalah jambu biji (*Psidium guajava*), dan contoh anggota **Ordo Rutales** adalah jeruk atau *Citrus* sp. (famili Rutaceae). Perhatikan Gambar 7.33 dan 7.34.

Subkelas Simpatala (Sympetalae), merupakan golongan tumbuhan berbunga lengkap dan mempunyai bagian-bagian perhiasan bunga (mahkota dan kelopak) saling berlekatan satu sama lain. Subkelas ini terdiri atas beberapa ordo, misalnya Ordo Apocynales, Ordo Asterales, Ordo Cucurbitales, Ordo Ebenales, Ordo Rubiales, dan Ordo Solanes. *Allamanda cathartica* (Apocynaceae), *Catharanthus roseus* dan melati atau *Jasminum sambac* (famili Oleaceae) adalah contoh anggota Ordo Apocynales. Contoh anggota **Ordo Asterales** adalah bunga matahari (*Helianthus annuus*) dan kenikir atau *Cosmos caudatus* (famili Asteraceae). Semangka (*Citrullus vulgaris*) adalah contoh anggota **Ordo Cucurbitales** dan sawo bludru (*Chrysophyllum cainito*) adalah contoh anggota **Ordo Ebenales**. Contoh anggota **Ordo Rubiales** adalah *Ixora paludosa* atau bunga soka (Rubiaceae). Sedangkan contoh anggota **Ordo Solanes** adalah kentang (*Solanum tuberosum*), terong (*Solanum melongena*), tomat (*Solanum lycopersicum*), kecubung (*Datura metel*), dan cabe (*Capsicum* sp.), yang berasal dari Suku Solanaceae. Contoh lainnya adalah jati atau *Tectona grandis* (famili Verbenaceae) dan leng-lengan atau *Leucas lavandulifolia* (famili Labiateae). Perhatikan Gambar 7.35-7.38.



ms.wikipedia.org/wiki/Ineq

Gambar 7.35 Bunga matahari (*Helianthus annuus*)



www.antilla-martinique.com/flowers

Gambar 7.36 Alamanda (*Allamanda cathartica*)



www.iptek.net.id/indipa_snnobat

Gambar 7.37 Bunga kecubung (*Datura metel*)



www.iptek.net.id

Gambar 7.38 Bunga leng-lengan (*Leucas lavandulifolia*)

Menarik bukan mempelajari berbagai jenis tanaman dengan bunga yang berwarna-warni? Nah, sebelum kalian mempelajari cara reproduksi atau perkembangbiakan Spermatophyta, kerjakanlah rubrik *Telisik* berikut ini.

TELISIK

Membuat Tabel Perbandingan Monokotil dan Dikotil

Pelajarilah kembali uraian tentang ciri-ciri dikotil dan monokotil. Buatlah tabel perbandingan monokotil dan dikotil. Contoh tabelnya adalah sebagai berikut.

Perbandingan Tumbuhan Monokotil dan Dikotil

No.	Pembeda	Monokotil	Dikotil
1.	Biji		
2.	Batang		
3.	Akar		
4.	Daun		
5.	Bunga		
6.	Kambium		

GALERI

Pembentukan Biji tanpa Pemuahan Bunga

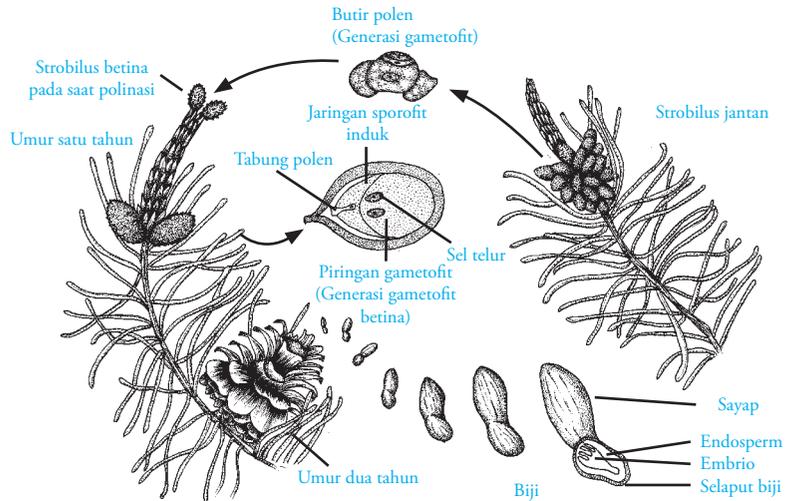
Tumbuhan *Dandelion* mempunyai cara yang berbeda dengan tumbuhan yang lain, karena dapat membentuk biji tanpa adanya pemuahan pada bunga. Produksi biji secara aseksual ini disebut **apomiksis**.

3. Reproduksi Spermatophyta

Berbeda dengan tumbuhan paku dan lumut, tumbuhan berbiji berkembang biak dengan bijinya. Biji terbentuk setelah terjadi pemuahan atau reproduksi secara generatif, melalui sel-sel kelaminnya.

a. Gymnospermae

Reproduksi aseksual pada Gymnospermae lebih jarang terjadi dibandingkan reproduksi secara seksual. Berikut ini, kalian akan mempelajari contoh perkembangbiakan seksual pada pinus (*Pinus merkusii*). Perhatikan Gambar 7.39.



Gambar 7.39 Daur hidup pinus (Gymnospermae)

Pinus memiliki daur hidup yang **khas**. Pemuahan sel telurnya terjadi di dalam jaringan sporofit induknya. Seperti Gymnospermae pada umumnya, pinus mempunyai tajuk berbentuk kerucut (strobilus). Strobilus tersebut merupakan tempat sporangium (mikrosporangium dan makrosporangium) yang menghasilkan mikrospora dan makrospora. Pada reproduksi seksual, mikrospora (gamet jantan) membelah menghasilkan serbuk sari (bersel 4) yang akan dilepaskan ke udara. Sementara itu, sel telur yang berasal dari pembelahan megaspora juga terbentuk pada strobilus betina.

Setelah serbuk sari menempel pada strobilus betina maka terjadi **perkecambahan serbuk sari**. Serbuk sari membentuk buluh atau tabung serbuk sari yang tipis, dengan membawa inti sperma menuju sel telur (dapat memakan waktu 1 tahun). Selanjutnya, inti sperma bersatu dan melebur dengan sel telur membentuk zigot. Zigot berkembang menjadi embrio dengan mengambil makanan dari endosperm. Pada saat itu, biji membentuk struktur tambahan berupa sayap tipis.

Satu tahun kemudian, kerucut betina melepaskan bijinya satu persatu. Biji-biji yang bersayap tersebut menyebar ke tempat-tempat lain (terbang) dengan bantuan angin. Jika biji sampai pada tempat yang sesuai maka terjadi **perkecambahan biji**, sehingga akan terbentuk tumbuhan yang baru.

b. Angiospermae

Tumbuhan Angiospermae dapat berkembang biak secara seksual maupun secara aseksual. Karena banyak dimanfaatkan oleh manusia, maka jenis-jenis tumbuhan tersebut banyak dikembangkan secara aseksual oleh manusia. Secara alami, beberapa tumbuhan sebenarnya dapat melakukan reproduksi aseksual dengan berbagai cara seperti dengan tunas maupun secara merunduk. Oleh manusia, reproduksi secara aseksual tersebut dilakukan dengan menggunakan organ vegetatif, seperti akar dan batang sehingga disebut reproduksi aseksual buatan.

Organ-organ vegetatif tumbuhan (akar, batang, dan daun) dapat ditumbuhkan menjadi tumbuhan baru dengan beberapa cara. **Stek** merupakan salah satu cara perkembangbiakan yang banyak dilakukan oleh manusia. Teknik ini dilakukan dengan mengambil atau memotong bagian tubuh tumbuhan seperti akar, batang, dan daun. Contohnya adalah pada tanaman ketela pohon, yaitu dengan stek batang. Jika batang tersebut dipotong menjadi beberapa bagian kemudian ditanam, maka masing-masing bagian tersebut akan tumbuh menjadi tanaman ketela pohon yang baru. Selain dikembangkan dengan stek, tumbuhan Angiospermae juga dicangkok. **Cangkok** dilakukan dengan menghilangkan bagian tertentu kulit batang dan getah tumbuhannya, kemudian ditutup dengan lumut atau serat kelapa. Setelah bagian yang dicangkok tersebut mampu membentuk akar, bagian cangkokan tersebut dapat dipotong dan ditanam. Stek dan cangkok merupakan cara perkembangbiakan vegetatif tradisional. Secara modern, perbanyakan tumbuhan juga dilakukan melalui teknik rekayasa genetika, misalnya melalui kultur jaringan dan fusi protoplas.

Kalian ingin tahu lebih banyak? Diskusikan hal berikut.

Diskusikanlah bersama teman sebangku kalian, apakah syarat-syarat tumbuhan dapat dicangkok? Carilah informasinya termasuk contoh-contoh tumbuhan yang dapat dicangkok. Informasi tersebut dapat kalian peroleh, baik melalui internet maupun sumber yang lain. Presentasikan hasil diskusi kalian di depan kelas.

Nah, tentu sekarang kalian sudah semakin paham tentang reproduksi vegetatif. Selain secara vegetatif, tumbuhan Angiospermae secara alami berkembang biak secara seksual. Reproduksi secara seksual pada spermatophyta adalah dengan membentuk biji, yang dihasilkan dari organ reproduksi yaitu bunga. Perhatikan Gambar 7.40.

Reproduksi seksual pada Spermatophyta dimulai dengan penyerbukan atau **polinasi**. Polinasi merupakan proses menempelnya serbuk sari (**stamen**) pada kepala putik (**stigma**). Proses tersebut dapat terjadi dengan bantuan angin, air, atau hewan-hewan penyerbuk (polinator). Contoh hewan polinator adalah lebah, kupu-kupu, burung kolibri, kelelawar, dan lain-lain. Perhatikan Gambar 7.41. Karena proses perkawinannya yang jelas, yaitu didahului dengan polinasi, maka

GALERI

Stek Daun

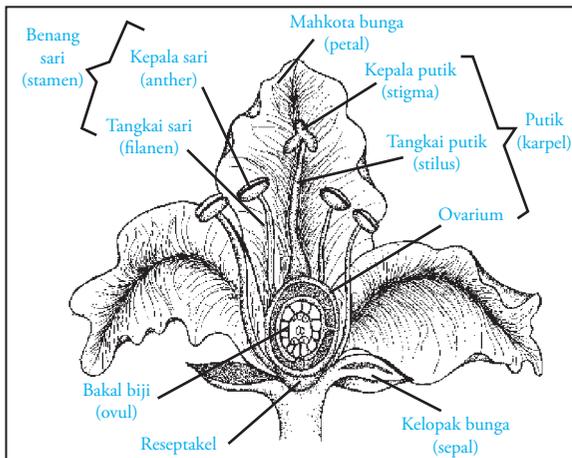


Stek daun merupakan salah satu teknik perbanyakan vegetatif yang digunakan dalam budidaya tanaman hias. Bagian daun yang digunakan dapat berupa helaian maupun ujung-ujungnya. Contoh stek helaian daun adalah pada tanaman *Begonia* sp. yang memiliki sel-sel regeneratif pada tulang daunnya. Sedangkan contoh stek pucuk daun adalah pada tanaman sambang darah (*Excolcaria bicolor*) dan tanaman cocorbebek (*Calanchoe pinnata*).

Lubis, 1991, hlm. 21-22

DISKUSI

Spermatophyta disebut juga *Phanerogame* (Bahasa Yunani, *phaneros* = 'tampak jelas', *gamein* = 'kawin').



Gambar 7.40 Bagian-bagian bunga Angiospermae.



Gambar 7.41 Kelelawar, salah satu hewan polinator

Whitten & Whitten, 2002, hlm 55

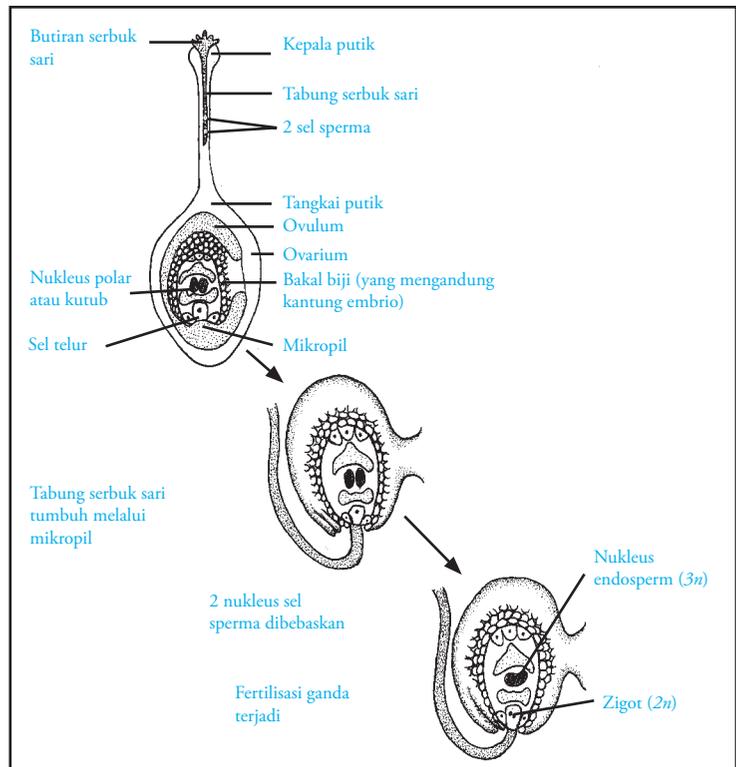
Sebelum terjadi penyerbukan (*polinasi*), kepala sari yang telah masak akan membuka. Selanjutnya, serbuk sari yang terdapat pada kepala sari tersebut akan keluar atau jatuh dan menempel pada kepala putik. Bagian yang berperan dalam fertilisasi adalah putik (*stigma*) dan benang sari (*stamen*). Putik terdiri dari 3 bagian, yaitu kepala putik, tangkai putik, dan ovulum. Sementara itu, benang sari terdiri dari kepala sari dan tangkai sari.

Di dalam ovulum, terdapat megasporofit yang membelah menjadi empat megaspora. Satu megaspora yang hidup membelah tiga kali berturut-turut. Hasilnya berupa sebuah sel besar, disebut **kandung lembaga muda** yang mengandung delapan inti. Di ujung ovulum terdapat sebuah lubang (**mikropil**), sebagai tempat masuknya saluran serbuk sari ke dalam kandung lembaga. Selanjutnya, tiga dari delapan inti tadi menempatkan diri di dekat mikropil. Dua dari tiga inti disebut **sel sinergid**. Sementara itu, inti yang ketiga disebut sel telur. Tiga buah inti lainnya (**antipoda**) bergerak ke arah kutub yang berlawanan dengan mikropil (**kutub kalaza**). Sisanya, dua inti yang disebut **inti kutub**, bersatu di tengah kandung lembaga dan terjadilah sebuah inti diploid (2n). Inti ini disebut **inti kandung lembaga sekunder**. Inti kandung lembaga yang telah masak, disebut **megagametofit** dan siap untuk dibuahi.

Serbuk sari yang jatuh pada kepala putik yang sesuai, akan berkecambah atau memunculkan suatu saluran kecil (buluh serbuk sari). Buluh serbuk sari semakin tumbuh memanjang di dalam tangkai putik (**stilus**). Selama perjalanan buluh menuju ovulum, inti serbuk sari membelah menjadi inti vegetatif dan inti generatif. Inti vegetatif berfungsi sebagai penunjuk arah inti generatif dan akan melebur sebelum sampai ke bakal biji (**ovulum**). Inti generatif membelah menjadi dua inti sperma yang akan menembus ovarium (bakal buah) dan sampai

ke **ovulum** (bakal biji). Di dalam ovulum, inti serbuk sari (inti sperma) bertemu dengan inti sel telur, sehingga terjadi peleburan antara kedua inti tersebut. Proses peleburan kedua inti ini, disebut **pembuahan** atau **fertilisasi**. Inti sperma yang satu akan membuahi inti sel telur membentuk **zigot**, sedangkan inti sperma lainnya membuahi inti kandung lembaga sekunder membentuk **endosperma**. Peristiwa pembuahan ini disebut **pembuahan ganda**. Perhatikan Gambar 7.42.

Pada perkembangan selanjutnya, bakal biji akan tumbuh menjadi biji dan bakal buah akan menjadi buah yang membungkus biji (pada beberapa spesies tumbuhan). Jika biji ditumbuhkan di tempat yang sesuai, biji akan berkecambah dan akan membentuk tumbuhan yang baru.



Gambar 7.42 Pembuahan ganda pada Angiospermae.

Nah, sampai di sini materi pengenalan berbagai jenis tumbuhan dan klasifikasi telah kalian peroleh untuk menambah pengetahuan kalian tentang berbagai jenis tumbuhan, lakukanlah *Percobaan* berikut dan setelah itu kerjakanlah soal-soal di dalam rubrik *Uji Kompetensi*.

PERCOBAAN

Membuat Herbarium

A. Dasar Teori

Herbarium adalah sampel tumbuhan yang dikeringkan. Herbarium berguna di dalam pengenalan dan identifikasi jenis-jenis tumbuhan. Herbarium yang baik adalah yang memuat bagian-bagian tumbuhan yang representatif, yaitu organ-organ yang penting untuk identifikasi. Pada tumbuhan tingkat rendah organ-organ tersebut adalah spora atau kumpulan-kumpulan spora dan bagian-bagian tertentu yang spesifik. Sedangkan untuk tumbuhan tingkat tinggi, bagian-bagian tersebut berupa bunga, buah, dan biji karena dasar klasifikasi tumbuhan tersebut adalah struktur bunga. Karenanya sampel yang berupa bunga adalah syarat utama untuk berhasilnya identifikasi sampai ke tingkat suku atau spesies. Sedangkan organ-organ lain seperti akar, batang, dan daun sifatnya adalah tambahan.

B. Tujuan

Membuat herbarium untuk mengenal berbagai jenis tumbuhan.

C. Alat dan Bahan

1. Herbarium kit, meliputi sasak (pengepres) berupa anyaman bambu atau papan serta kertas koran dan potongan kardus seukuran kertas A3, gunting atau pisau, etiket gantung (untuk men-

catat keterangan sampel ketika diperoleh di lapangan), etiket gantung (untuk mencatat keterangan pada kertas herbarium).

2. Kertas A3, dengan helaian kertas yang terlepas
3. Selotip dan lem
4. Pensil dan pulpen
5. Formalin atau alkohol

D. Cara Kerja

1. Ambillah sampel, berupa bagian-bagian tumbuhan yang representatif (bunga, buah, dan biji). Bisa juga ditambahkan bagian-bagian lain yang mendukung misalnya daun, akar, dan batang yang memiliki perawakan yang khas.
2. Letakkan sampel tersebut di atas kertas koran, kemudian dipres dengan sasak. Cara pengepresan adalah bagian paling bawah berupa sasak kemudian disusul dengan potongan kardus dan kertas koran di atasnya. Setiap sampel diberi pembatas berupa kertas koran, potongan kardus digunakan untuk membatasi setiap lima sampel. Satu set herbarium kit dapat digunakan untuk mengepres sampai 30 sampel, menyesuaikan dengan ukuran sampel-sampel tersebut. Untuk menghindari tumbuhnya jamur pada sampel-sampel tersebut dapat dilakukan dengan menyemprotkan formalin atau alkohol. Jangan lupa untuk memberikan etiket gantung pada setiap sampel, yaitu berisi keterangan mengenai nomor koleksi, tanggal pengambilan sampel, lokasi, dan nama jenisnya. Penulisan keterangan tersebut dilakukan dengan pensil.
3. Keringkan sampel-sampel tersebut dengan dijemur, dikeringanginkan, atau diletakkan di bawah lampu pijar.
4. Setelah tiga hari, umumnya sampel-sampel tersebut sudah cukup kering. Keluarkan sampel-sampel tersebut untuk ditempelkan pada kertas herbarium (A3).
5. Sampel yang telah dikeluarkan dari sasak harus segera ditempelkan pada kertas herbarium dengan hati-hati. Bagian sampel yang akan direkatkan dengan selotip terlebih dahulu diberi sepotong kertas agar bagian lem dari selotip tidak bersentuhan langsung dengan sampel. Apabila sampel terlalu besar untuk ditempelkan pada kertas A3, sampel dapat dilipat atau dipotong pada bagian-bagian tertentu dengan hati-hati sehingga tidak menghilangkan ciri-cirinya.
6. Lengkapi herbarium tersebut dengan etiket tempel yang berisi keterangan mengenai tanggal, tempat diketemukan, habitatnya, nama penemu, catatan khusus, nama suku, dan nama spesies. Penulisan keterangan tersebut dilakukan dengan pulpen. Etiket ini ditempelkan pada pojok kanan bawah dengan sedikit lem pada sisi kanannya.
7. Kumpulkan herbarium dari berbagai jenis tumbuhan (lumut, paku, dan tumbuhan berbiji), dengan komposisi minimal tiga jenis lumut, empat jenis paku, dan lima jenis tumbuhan berbiji. Lakukan identifikasi dengan buku-buku yang ada atau sarana identifikasi yang lain termasuk bertanya pada ahli botani.
8. Kumpulkan pekerjaan kalian sebagai pelengkap laboratorium sehingga dapat digunakan untuk kegiatan belajar selanjutnya.

E. Pembahasan

1. Berdasarkan herbarium yang berhasil kalian, jelaskan langkah-langkah yang efektif dalam mengambil sampel untuk herbarium.



Gambar herbarium yang sudah jadi

www.botany.uibc.ca

- Hal-hal apa saja yang harus diperhatikan dalam membuat herbarium.
- Adakah di antara herbarium yang kalian buat terjadi kerusakan atau terserang jamur? Jelaskan mengapa hal tersebut bisa terjadi.
- Jelaskan cara menggunakan herbarium untuk melakukan identifikasi jenis-jenis tumbuhan.
- Buatlah deskripsi yang menggambarkan ciri-ciri setiap spesies tumbuhan yang ada dalam herbarium kalian dan juga kunci identifikasinya.

Catatan:

Proses pembuatan herbarium ini membutuhkan waktu yang cukup lama. Terlebih untuk melakukan identifikasi sampai ke tingkat suku dan spesies juga diperlukan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, percobaan ini bisa dijadikan sebagai **proyek** dengan alokasi waktu sekitar tiga bulan.

UJI KOMPETENSI

Jawablah soal-soal berikut dengan tepat.

- Mengapa Spermatophyta disebut juga Embryophyta siphonogama? Jelaskan.
- Apakah yang dimaksud ovulum dan ovarium?
- Sebutkan 2 divisi dan 2 kelas anggota Spermatophyta dan jelaskan perbedaannya?
- Sebutkan dan jelaskan 3 sub kelas anggota Kelas Dikotil, berdasarkan susunan dan ada tidaknya perhiasan bunga?
- Sebutkan tahapan perkembangbiakan secara seksual pada Spermatophyta?

E. Peranan Dunia Tumbuhan dalam Kehidupan

Di dalam kehidupan, tumbuhan banyak memainkan peranan penting. Sebagai organisme fotosintesis tumbuhan merupakan **pemasok oksigen** ke lingkungan dan sumber makanan bagi organisme heterotof. Karenanya di dalam rantai makanan, tumbuhan disebut sebagai **produsen**. Tumbuhan juga merupakan penyusun utama ekosistem, terutama **ekosistem hutan**. Dalam hal ini tumbuhan merupakan tempat tinggal atau **habitat** berbagai jenis satwa. Bahkan berbagai jenis satwa tertentu memiliki habitat spesifik pada kanopi pepohonan, contohnya adalah berbagai jenis burung dan berbagai jenis primata arboreal (Gambar 7.43).

Selain itu, setiap jenis tumbuhan (lumut, paku, dan tumbuhan berbiji) mempunyai peran tertentu yang khas. Secara sekilas, mungkin kalian melihat tumbuhan lumut tidak mempunyai manfaat bagi kehidupan. Namun, ternyata lumut banyak berperan penting di dalam **ekosistem**. Di ekosistem hutan hujan tropis, lumut berperan penting dalam meningkatkan kemampuan hutan menahan air (*water holding capacity*). Selain itu, lumut juga merupakan habitat penting bagi organisme lain, terutama populasi hewan invertebrata. Beberapa jenis anggrek, misalnya, tidak akan dapat bertahan andaikan tidak ada lumut yang sehat. Bahkan lumut juga merupakan media yang baik bagi perkecambahan biji tumbuhan tingkat tinggi.



Whitten & Whitten, 2002, hlm 53

Gambar 7.43 Tumbuhan sebagai tempat hidup dan sumber makanan bagi hewan

Selain itu, ada spesies tertentu pada tumbuhan lumut yang dapat dimanfaatkan oleh manusia/penduduk. Misalnya saja, *Marchantia polymorpha*, yang digunakan untuk mengobati sakit hepatitis (radang hati). *Sphagnum* sp. dapat digunakan sebagai pembalut atau pengganti kapas. Selain itu, tumbuhan lumut juga merupakan **bioindikator** pencemaran lingkungan. Bahkan berbagai jenis lumut tertentu bisa menunjukkan adanya kandungan bahan tambang, misalnya spesies lumut yang hidup di permukaan batuan yang mengandung biji besi.

Selain lumut, tumbuhan paku yang mungkin dianggap kurang bermanfaat, ternyata banyak banyak berperan dalam kehidupan kita. Contohnya, semanggi (*Marsellia crenata*) dapat dimanfaatkan untuk dijadikan **sayuran**. Paku rane (*Selaginella wildenowi*) dapat difungsikan sebagai obat penyembuh luka. *Dryopteris filixmas* juga mempunyai fungsi yang sama yakni sebagai bahan penghasil **obat-obatan**.

Dalam bidang pertanian, *Azolla pinata* dapat dimanfaatkan sebagai pupuk hijau tanaman padi di sawah. Ini dapat dilakukan karena tumbuhan tersebut dapat bersimbiosis dengan tanaman algae biru, dan mampu mefiksasi atau menambat N_2 di dalam tanah. Akibatnya, tanah bisa menjadi subur.

Selain itu, tumbuhan paku juga merupakan tanaman ornamen taman yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Sebagai tanaman hias tumbuhan paku dapat dijual dengan harga yang tinggi. Jenis tumbuhan paku yang bisa dimanfaatkan sebagai tanaman hias antara lain paku sarang burung (*Asplenium nidus*), paku ekor merak (*Adiantum farleyense*), paku suplir (*Adiantum concatum*), dan paku tanduk rusa (*Platyserum bifurentum*).

Setelah lumut dan paku, tumbuhan yang paling banyak dimanfaatkan manusia adalah kelompok tumbuhan berbiji. Tumbuhan berbiji yang berupa pohon bisa menjadi tumbuhan perindang, misalnya beringin (*Ficus benjamina*), jati, mahoni, dan akasia. Selain itu, bisa juga sebagai bahan obat-obatan. Obat kencing batu bisa diambil dari bunga matahari, Diabetes mellitus dan diare bisa diatasi dengan buah apel. Sebagai minuman penghangat badan, kita sering memanfaatkan jahe dan temu lawak (golongan Zingiberaceae), dan kayu putih (*Eucalyptus* sp.). Dan sebagai obat sakit malaria kita menggunakan kina (*Cinchona succirubra*).

Tumbuhan berbiji merupakan sumber bahan pangan. Beberapa tumbuhan dapat digunakan sebagai bahan pangan, baik sebagai sayur atau makanan pokok. Sumber protein misalnya kacang, kedelai. Sumber vitamin misalnya wortel, tomat, buah-buahan, dan kacang-kacangan. Sumber karbohidrat misalnya kentang, ketela pohon, ubi, padi, jagung, gandum, dan sagu. Di Indonesia bagian timur (Papua dan Maluku), masyarakatnya menggunakan sagu sebagai makanan pokok (sumber karbohidrat). Sumber lemak misalnya kelapa (*Cocos nucifua*), kelapa sawit (*Elaeis guinensis*), dan kacang tanah (*Arachys hipogaea*). Serta sumber serat misalnya buah-buahan dan tumbuhan hijau.

Bahan Sandang juga bisa diperoleh dari tumbuhan biji, contohnya kapas (*Gossypium* sp.) dan rami. Selain itu keindahan berbagai jenis bunga dan tanaman berbiji lainnya merupakan aset tanaman hias, contohnya kamboja, beringin, palem, dan anggrek. Sedangkan di bidang industri, berbagai jenis tumbuhan berbiji merupakan bahan bakunya mulai dari bumbu dapur sampai mebeler. Sebagai bumbu dapur, contohnya bawang merah, bawang putih, kencur, kunyit, laos, dan cabe. Sebagai bahan makanan dan minuman misalnya kwaci, contohnya biji bunga matahari (*Helianthus annuus*), minuman keras, contohnya dari *Juniperus communis*. Selain itu, emping juga merupakan contoh makanan olahan dari melinjo (*Gnetum gnemon*). Selain itu gula pasir dan gula jawa juga berasal dari tumbuhan berbiji, yaitu tebu (*Saccharum officinarum*) dan kelapa (*Cocos nucifera*). Kopi dan teh yang sering kita minum juga berasal dari tumbuhan berbiji yaitu *Coffea* sp. dan *Camellia* sp.

Di bidang bahan bangunan atau ukiran berbagai jenis pohon dengan kualitas yang bagus merupakan bahan baku pembuatan bangunan dan ukiran. Contohnya adalah *Taxus baccata* (Gymnospermae), damar (*Agathis alba*), mahoni, *Podocarpus imbricata*, *Pinus silvetris*, dan jati.

Tentu masih banyak berbagai manfaat berbagai jenis tumbuhan yang bisa kalian sebutkan. Untuk itu, kalian akan mengerjakan tugas berikut.

Kopi Terbaik



Sebagian besar pasar Indonesia mungkin masih menemukan penjual biji kopi seperti biji yang lain, yang agak lebih mahal. Biji kopi ini disebut "Kopi Luwak", yang dikumpulkan dari kotoran luwak di jalan dan disekitar kebun kopi. Luwak (kanan) dianggap mempunyai seleksi rasa dan hanya mengambil buah kopi terbaik yang akhirnya menghasilkan biji kopi terbaik.

Lubis, 1991, hlm. 21-22

TELISIK

Buatlah kelompok dengan anggota 3-4 orang. Bagilah tugas untuk bersama-sama melakukan pengamatan ke lingkungan sekitar kalian tentang pemanfaatan berbagai jenis tumbuhan. Galilah informasi nama-nama daerah tanaman yang tumbuh, dibudidayakan, atau dimanfaatkan di lingkungan masyarakat. Susunlah data tersebut dalam tabel berikut.

Pemanfaatan Berbagai Jenis Tumbuhan di

No.	Nama daerah	Nama kelompok dalam Kingdom Plantae (Divisi, Famili, genus/ spesies)	Pemanfaatan	Bagian yang dimanfaatkan	Permasalahan yang mungkin ada
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
dst.					

UJI KOMPETENSI

Jawablah soal-soal berikut dengan tepat.

1. Apa peranan tumbuhan di dalam kehidupan? Jelaskan.
2. Jelaskan manfaat tumbuhan lumut.
3. Jelaskan manfaat tumbuhan paku.
4. Jelaskan berbagai manfaat tumbuhan biji.
5. Jelaskan pemanfaatan tumbuhan yang banyak dilakukan di masyarakat sekitar kalian.

1. Kingdom Plantae beranggotakan seluruh tumbuhan yang hidup di muka bumi ini (Lumut, Paku-pakuan, Tumbuhan berbiji).
2. Ciri-ciri Kingdom plantae antara lain, struktur tubuh berupa multiseluler, eukariotik, memiliki sel yang sudah terspesialisasi, mempunyai klorofil, dan mempunyai siklus hidup.
3. Ciri-ciri tumbuhan lumut antara lain, berukuran kecil 2-5 cm, memiliki dinding sel, tidak memiliki sistem pembuluh pengangkut, tidak memiliki akar, batang, daun sebenarnya, akar berupa rhizoid, pada batang dan daun belum terdapat floem dan xilem hanya terdapat tubuh yang memanjang tapi tidak membesar, habitat kosmopolit, reproduksi secara aseksual (kuncup, spora, fragmenasi), seksual (peleburan spermatozoid). Klasifikasi tumbuhan lumut yaitu lumut daun, lumut hati, lumut tanduk.
4. Ciri-ciri tumbuhan paku antara lain, tubuh dapat dibedakan (akar, batang, daun), autotrof, habitat kosmopolit, cara reproduksi seksual (persatuan arkegonium dan anteridium), aseksual (spora), generasi sporofit lebih dominan dalam daur hidupnya. Tumbuhan paku terbagi menjadi 4 subdivisi antara lain paku purba, paku kawat, paku ekor kuda, paku sejati.
5. Ciri-ciri tumbuhan berbiji antara lain ukuran makroskopik, sudah bisa dibedakan dengan jelas (akar, batang, daun), memiliki jaringan pembuluh, memiliki klorofil, autotrof, habitat mayoritas di darat, cara reproduksi dengan biji. Tumbuhan berbiji dibedakan menjadi 2 golongan, yaitu Gymnospermae (tumbuhan berbiji terbuka) dan Angiospermae (tumbuhan berbiji tertutup).
6. Anggota tanaman Gymnospermae mempunyai ciri yaitu bakal biji yang tumbuh pada permukaan megasporofit (daun buah), berupa semak, perdu, pohon, tidak memiliki bunga sesungguhnya, pada umumnya berkelamin tunggal. Gymnospermae terbagi dalam 4 kelas antara lain kelas Cycadinae, kelas coniferinae, kelas Gnetinae, kelas Ginkgoinae.
7. Anggota tanaman Angiospermae mempunyai ciri bakal biji selalu diselubungi oleh suatu badan yang berasal dari daun-daun buah yang merupakan bakal buah, tanaman berupa semak, perdu dan pohon, daun buah membentuk badan yang disebut putik, daun buah dan benang sari terpisah/terkumpul di dalam dasar bunga, serbuk sari tidak langsung jatuh pada bakal biji, tetapi jatuh pada kepala putik.
8. Angiospermae terbagi menjadi 2 antara lain dikotil dan monokotil. Ciri tanaman dikotil antara lain tanaman berbentuk (herba, semak, perdu dan pohon), mempunyai dua daun lembaga, akar tunggang, batang berbentuk kerucut panjang, daun tunggal/majemuk dan jarang mempunyai pelepah, helaian dan bertulang menyirip atau menjari, bunga berkelipatan 2, 4 dan 5, batang keras, terdapat pembuluh floem dan xilem. Ciri tanaman monokotil antara lain, akar lembaga tidak tumbuh terus, akar serabut, batang dari pangkal sampai ke ujung sama besar, tidak bercabang, ruas tampak jelas, daun kebanyakan tunggal dan bertulang sejajar, bunga dengan kelipatan 3, tidak mempunyai kambium, berkas pengangkut xilem dan floem tersebar dalam batang.
9. Manfaat tumbuhan lumut bagi manusia adalah untuk obat dan pengganti kapas. Peranan tumbuhan paku bagi kehidupan digunakan sebagai sayur, obat, menyuburkan tanah, sebagai tanaman hias. Peranan tumbuhan berbiji bagi manusia antara lain sebagai bahan makanan, sayuran, kayu, obat-obatan, bahan sandang, penyedia O_2 dan lain-lain.

Indusium Bagian epidermis tumbuhan yang tumbuh membesar dan berfungsi melindungi sorus

Isogami Peleburan gamet-gamet yang secara morfologi sama (misal: ukuran, dan strukturnya)

Kemoatotrof Organisme yang menggunakan sumber anorganik sebagai materi bisintesis dan memanfaatkan zat kimia untuk sumber tenaganya

Konjugasi Penggabungan sementara atau peleburan sempurna 2 gamet

Makrofil Spora yang berukuran besar (spora betina)

Makrospora Spora yang berukuran besar (spora betina)

Megasporangium Sporangium (kota spora) yang menghasilkan makrospora

Megasporofil Sporofil yang mengandung megasporangium

Mikrospora Spora berukuran kecil (spora jantan)

Mikrosporangium Sporangium yang menghasilkan mikrospora

Mikrosporofil Sporofil yang mengandung mikrosporangium

Penyerbukan Menempelnya serbuk sari pada kepala putik

Xylem Jaringan pembuluh pengangkut air dan mineral dari akar ke seluruh tubuh tumbuhan

ULANGAN HARIAN

A Pilihlah jawaban yang paling tepat.

- Yang bukan merupakan ciri umum tumbuhan adalah
 - tidak mampu melakukan fotosintesis
 - bersifat eukariotik multiseluler
 - sel-selnya terspesialisasi membentuk jaringan dan organ
 - sel-selnya memiliki dinding sel yang terbuat dari selulosa
 - memiliki klorofil, yaitu klorofil a dan klorofil b
- Dalam siklus hidup semua tumbuhan, yang bersifat heteromorfik adalah
 - gamet-gamet dan sporanya
 - gametofitnya dan sporanya
 - sporofit dan gametofit
 - spora dan bijinya
 - sporofitnya dan gametnya
- Karena merupakan peralihan dari habitat air ke habitat darat, maka tumbuhan lumut disebut pula
 - tumbuhan cryptogamae
 - tumbuhan amfibi
 - tumbuhan embryophyta
 - embryophyta siphonogama
 - embryophyta asiphonogama
- Generasi gametofit pada tumbuhan lumut adalah
 - protalium
 - sporangium
 - zigot
 - sporogonium
 - tumbuhan lumut
- Ciri-ciri yang tidak dimiliki lumut hati adalah
 - berkloroplas
 - mempunyai pembuluh angkut
 - tubuh berupa lembaran
 - terdapat rhizoid
 - berspora
- Spora tumbuhan lumut yang jatuh pada tempat yang sesuai akan tumbuh membentuk
 - sporofit
 - sporogonium
 - tumbuhan lumut
 - protonema
 - protalium

7. Generasi gametofit pada daur hidup tumbuhan paku-pakuan adalah
 - a. tumbuhan paku itu sendiri
 - b. protalium
 - c. protonema
 - d. sporogonium
 - e. zigot
8. *Selaginella* disebut paku heterospora karena
 - a. menghasilkan spora yang sama
 - b. menghasilkan spora yang berbeda
 - c. menghasilkan spora yang berbeda jenis
 - d. menghasilkan gamet yang sama
 - e. menghasilkan gamet yang berbeda
9. Salah satu jenis tumbuhan paku yang bersimbiosis dengan ganggang adalah
 - a. *Asplenium nidus*
 - b. *Selaginella selaginoides*
 - c. *Marchantia polymorpha*
 - d. *Anabaena azollae*
 - e. *Azolla pinnata*
10. Tumbuhan paku yang dapat dimakan adalah
 - a. *Marsilea crenata*
 - b. *Adiantum coneatum*
 - c. *Angiopteris erecta*
 - d. *Asplenium nidus*
 - e. *Gleichenia linearis*
11. Tumbuhan berikut yang termasuk golongan Gymnospermae adalah
 - a. pakis haji, pinus, damar, dan mlinjo
 - b. cemara, pinus, damar dan pinang
 - c. pakis haji, damar, mlinjo, dan alang-alang
 - d. pinus, pinang, pakis haji, dan cemara.
 - e. damar, alang-alang, cemara dan pakis haji.
12. Yang bukan merupakan ciri kelas Ginkgoinae adalah
 - a. pohonnya bertunas pendek
 - b. tulang daun bercabang menggarpu
 - c. batangnya terdiri dari hipokotil yang menebal
 - d. bijinya mempunyai kulit luar yang berdaging dan kulit dalam yang keras
 - e. daunnya bertangkai panjang berbentuk pasak atau kipas
13. Yang bukan merupakan contoh kelas dari Subdivisi Gymnospermae adalah
 - a. *Pinaceae*
 - b. *Cycadinae*
 - c. *Gnetinae*
 - d. *Coniferae*
 - e. *Ginkgoinae*
14. Yang merupakan contoh tumbuhan dikotil adalah
 - a. *Oryza sativa*
 - b. *Solanum tuberosum*
 - c. *Zea mays*
 - d. *Saccharum officinarum*
 - e. *Cocos nucifera*
15. Tumbuhan yang dimanfaatkan untuk obat malaria adalah
 - a. *Cocos nucifera*
 - b. *Coffea* sp.
 - c. *Camellia* sp.
 - d. *Cinchona succirubra*
 - e. *Eucalyptus* sp.

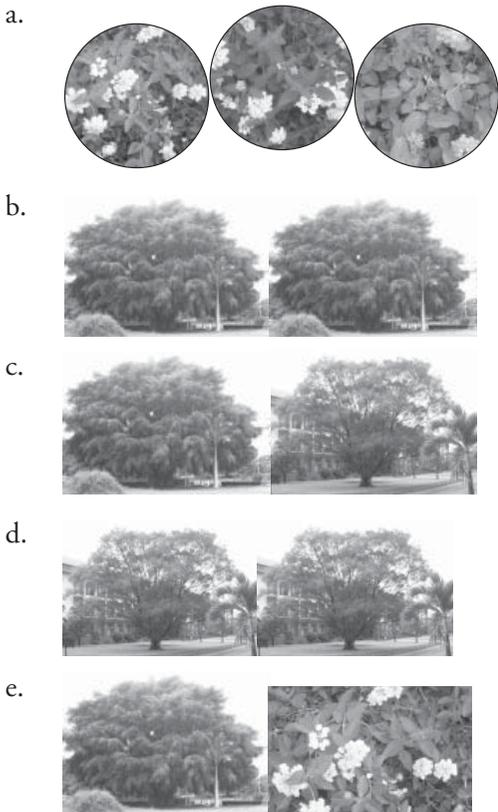
B Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.

1. Jelaskan ciri-ciri Kingdom Plantae.
2. Apakah metagenesis itu? Jelaskan.
3. Mengapa tumbuhan lumut disebut juga cryptogamae? Jelaskan.
4. Jelaskan perbedaan antara lumut hati dan lumut daun.
5. Bedakan metagenesis pada tumbuhan lumut dan paku-pakuan.
6. Sebutkan tiga contoh paku air dan berilah deskripsinya.
7. Jelaskan klasifikasi Gymnospermae. Sebutkan contoh spesies untuk masing-masing kelasnya.
8. Jelaskan proses pembuahan ganda tumbuhan Angiospermae.
9. Apa peranan tumbuhan lumut dan paku-pakuan? Jelaskan.
10. Apa manfaat tanaman berbiji (terbuka dan tertutup) bagi manusia.

A Pilihlah jawaban yang paling tepat.

1. Kita mengenal berbagai macam tanaman padi, misalnya varietas IR, PB, rojolele, sedani, delunggu, dan bumiayu. Berbagai varietas tersebut menunjukkan adanya
 - a. keanekaragaman gen
 - b. keanekaragaman jenis
 - c. keanekaragaman ekosistem
 - d. keanekaragaman padi
 - e. keanekaragaman tumbuhan

2. Yang menunjukkan adanya keanekaragaman jenis adalah

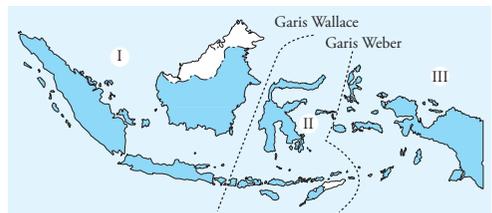


3. Pernyataan yang benar mengenai keanekaragaman hayati di Indonesia yaitu ...
 - a. Indonesia merupakan negara kepulauan di daerah tropis
 - b. Indonesia merupakan negara megabiodiversitas terbesar di dunia

- c. Indonesia merupakan negara megabiodiversitas terbesar ke dua setelah Brazil
 - d. Tingkat keanekaragaman hayati Indonesia lebih tinggi dari Brazil
 - e. Indonesia kaya akan hutan hujan tropis
4. Yang bukan merupakan faktor pendukung keanekaragaman hayati di Indonesia adalah
 - a. Indonesia terletak pada dua kawasan biogeografi
 - b. Indonesia banyak memiliki jenis-jenis hewan yang bermigrasi
 - c. Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki berbagai tipe topografi
 - d. Indonesia terletak di daerah tropik
 - e. Indonesia memiliki sebagian kekayaan jenis hayati Asia dan sebagian jenis hayati Australia
 5. Gambar berikut menunjukkan spesies tumbuhan Indonesia yang endemis di pulau

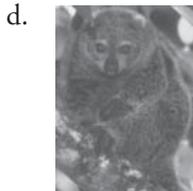


- a. Sumatera
 - b. Jawa
 - c. Kalimantan
 - d. Sulawesi
 - e. Papua
6. Perhatikan gambar berikut.



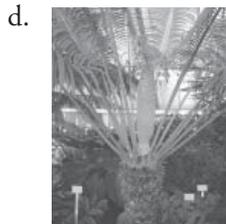
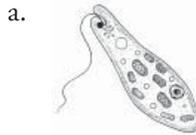
Hewan-hewan yang memiliki persebaran di zona I adalah

- a. harimau, orang utan, cenderawasih
 - b. kera bekantan, beruang madu, komodo
 - c. gajah, kanguru pohon, kuskus
 - d. gajah, tapir, badak bercula satu
 - e. koala, anoa, maleo
7. Kebutuhan berikut yang tidak dapat dipenuhi dengan memanfaatkan berbagai spesies tumbuhan adalah
- a. karbohidrat, protein, dan vitamin
 - b. bumbu dan rempah-rempah
 - c. bahan minuman, dan perabot rumah tangga
 - d. antibiotik dan agen fermentasi
 - e. sandang, pangan, dan papan
8. Jenis hayati Indonesia yang terancam punah akibat fragmentasi hutan di Sumatera dan Kalimantan adalah

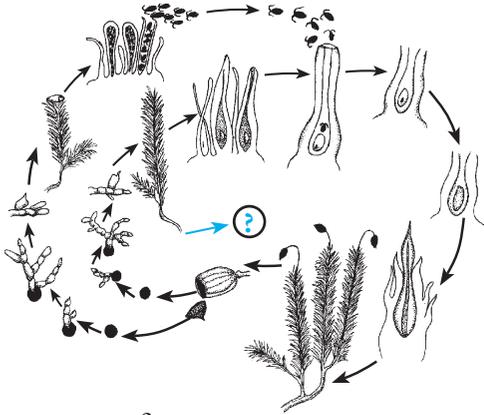


9. Contoh taman nasional yang difungsikan sebagai tempat rekreasi dan wisata adalah

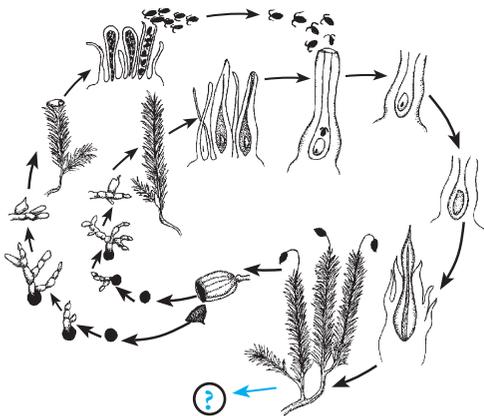
- a. Kebun Raya Bogor
 - b. Taman Safari di Bogor
 - c. Taman Impian Jaya Ancol
 - d. Cagar Alam Ujung Kulon
 - e. Taman Nasional Meru Betiri
10. Di dalam sistem klasifikasi makhluk hidup, kelompok-kelompok organisme yang ber-tingkat-tingkat disebut
- a. kingdom
 - b. divisio
 - c. p hylum
 - d. takson
 - e. kategori
11. Yang bukan merupakan anggota Kingdom Plantae ditunjukkan oleh gambar



12. Bagian yang ditunjuk dalam gambar tersebut adalah



- gametofit
 - sporofit
 - protonema
 - arkegonium
 - anteredium
13. Gambar tersebut, menunjukkan metagenesis pada



- Anthocerotopsida
 - Bryopsida
 - Hepaticopsida
 - Pteridophyta
 - Lycophyta
14. Yang termasuk tumbuhan paku epifit adalah
- Marsilea crenata*
 - Salvinia sp.*
 - Azolla pinnata*
 - Adiantum sp.*
 - Asplenium nidus*

15. Karena proses penggabungan sel gamet jantan dan sel gamet betina terjadi melalui buhah serbuk sari, tumbuhan biji disebut
- Spermatophyta Siphonogama
 - Embryophyta Asiphonogama
 - Anthophyta Siphonogama
 - Embryophyta Siphnogama
 - Cormophyta Siphnogama
16. Tumbuhan berikut yang termasuk satu Kelas dengan tanaman mlinjo adalah
- Sequoia gigantea*
 - Welwitschia bainesii*
 - Pinus silvetris*
 - Juniperus communis*
 - Agathis alba*
17. Yang bukan merupakan ciri-ciri Kelas Monocotyledoneae adalah
- batang biasanya bercabang-cabang
 - tulang daun membentuk pita
 - mahkota bunga berjumlah 3 atau kelipatannya
 - jarang berupa pohon
 - tulang daunnya melengkung
18. Jenis tumbuhan yang mahkota bunganya saling berlekatan adalah
- bunga cempaka
 - bunga merak
 - bunga nangka
 - bunga melati
 - bunga jambu
19. *Tectona grandis* merupakan jenis tumbuhan dari famili
- Rubiaceae
 - Verbenaceae
 - Solanaceae
 - Oleaceae
 - Sapotaceae
20. Bahan Sandang bisa diperoleh dari tumbuhan biji yang termasuk satu famili dengan
- Hibiscus rosa-sinensis*
 - Cocos nucifera*
 - Arachilus hipogaea*
 - Elaeis guineensis*
 - Helianthus annus*

B**Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.**

1. Bedakan keanekaragaman hayati, keanekaragaman gen, keanekaragaman jenis, dan keanekaragaman ekosistem.
2. Jelaskan pengaruh letak Indonesia di antara dua kawasan biogeografi terhadap keanekaragaman hayatinya.
3. Apa kaitannya garis Wallace dan garis Weber dengan persebaran fauna Indonesia? Jelaskan.
4. Jelaskan berbagai upaya pelestarian keanekaragaman hayati.
5. Apakah nama ilmiah itu? Jelaskan aturan-aturan yang berkaitan dengan nama ilmiah.
6. Mengapa tumbuhan disebut embrio fita? Jelaskan.
7. Buatlah skema metagenesis tumbuhan lumut.
8. Tumbuhan paku dikelompokkan menjadi 4 divisi. Sebutkan dan berilah masing-masing 1 contoh spesiesnya.
9. Buatlah perbandingan tanaman monokotil dan dikotil.
10. Sebutkan contoh tumbuhan yang dimanfaatkan sebagai bahan makanan, bahan sandang, dan bahan obat-obatan. Masing-masing 3 jenis.

B a b VIII

Kingdom Animalia dan Peranannya dalam Kehidupan



15.000 Educational Images

Sejak dulu kala, manusia telah sangat erat berinteraksi dengan hewan. Manusia memanfaatkan hewan dalam banyak sekali bidang kehidupan. Mulai bidang transportasi, militer, pertanian, hiburan, hingga untuk memenuhi kebutuhan naluriah yang paling mendasar: makan. Maka, kita pun mengenal kuda kereta, gajah perang, sapi penarik bajak, lumba-lumba sirkus, hingga ayam potong.

Namun, semua yang disebut tadi barulah bagian sangat kecil dari dunia hewan. Masih ada ribuan spesies lagi, yang mungkin untuk melihat semuanya, umur manusia sungguh terlalu singkat. Maka, pelajari saja di bab ini, di bahasan mengenai Kingdom Animalia (Dunia Hewan).

KATAKUNCI

- Hewan
- Animalia
- Filum
- Kelas
- Ordo
- Ciri-ciri
- Siklus

KILAS

Pada bab-bab terdahulu telah dibicarakan tentang klasifikasi makhluk hidup. Bab tentang Kingdom Animalia ini akan membahas keanekaragaman dunia hewan dan ciri-ciri untuk mempermudah pengenalannya.

Pada bab ini kalian akan mempelajari berbagai jenis makhluk hidup anggota Kingdom Animalia. Kalian akan mengenal ciri-ciri morfologi berbagai filum di dalam Kingdom Animalia dan mempelajari dasar klasifikasinya. Kalian juga akan melakukan berbagai pengamatan, percobaan, dan studi literatur, serta koleksi berbagai jenis hewan. Kemudian kalian juga bisa mempelajari berbagai peranan hewan-hewan tersebut dalam kehidupan.

Setelah mempelajari materi pada bab ini, kalian diharapkan mampu mendeskripsikan ciri-ciri umum, klasifikasi serta contoh spesies dari Kingdom Animalia. Selain itu kalian diharapkan mampu menjelaskan peranan Kingdom Animalia dalam kehidupan.

A. Ciri Umum dan Klasifikasi Hewan

Manusia memiliki sifat-sifat biologis yang dekat dengan hewan sehingga dalam klasifikasi makhluk hidup manusia termasuk satu kelompok dengan hewan. Karena kedekatan ini, kita cenderung mudah membedakan antara hewan dengan tumbuhan. Dalam kehidupan sehari-hari kita juga mengembangbiakkan berbagai jenis hewan untuk memenuhi kebutuhan hidup, sehingga ada hewan-hewan yang bernilai ekonomis tinggi. Hewan memiliki berbagai macam ciri yang khas antara satu jenis dengan jenis lainnya. Ciri-ciri umum hewan juga sangat berkaitan dengan klasifikasi hewan-hewan tersebut ke dalam berbagai takson. Dengan mengetahui ciri-ciri umumnya, kita bisa menentukan dengan mudah apakah suatu organisme yang kita temui termasuk hewan atau termasuk organisme lain. Sekarang kalian cermati uraian berikut.

1. Ciri Umum

Hewan merupakan organisme atau makhluk hidup yang dapat kita jumpai pada berbagai tempat. Ada berbagai jenis hewan yang hidup di darat, di dalam air, di daerah tropis maupun subtropis, dan bahkan di daerah gurun yang sangat kering maupun daerah kutub yang sangat dingin. Hewan juga memiliki cara hidup bermacam-macam, ada yang hidup sebagai individu yang mandiri dan ada pula yang hidup menumpang pada organisme lain sebagai parasit, ada soliter dan ada yang berkelompok. Ada hewan yang memakan tumbuhan, memangsa hewan-hewan lain, dan ada yang memakan keduanya. Umumnya hewan dapat bergerak aktif sehingga bisa berpindah dari satu tempat ke tempat yang lain. Beberapa kelompok hewan juga melakukan migrasi pada waktu-waktu tertentu. Hewan bergerak untuk mencari makanan dan bertahan hidup. Hewan-hewan tersebut berbeda antar kelompok satu dengan yang lainnya, ada yang kecil ada yang besar, ada yang bisa berlari, ada yang bisa terbang, dan ada pula yang bergerak sangat lambat. Hewan juga memiliki tubuh yang beraneka ragam warna dan bentuknya.

Namun demikian, hewan-hewan tersebut memiliki ciri-ciri umum yang sama sehingga mereka dikelompokkan ke dalam satu kelompok

yang disebut **Kingdom Animalia** atau **Dunia Hewan**. Ciri-ciri hewan adalah 1) organisme eukariotik dan multiselular. 2) bersifat heterotrof, yaitu mendapatkan energi dengan memakan organisme lain (tumbuhan atau hewan lain). Inilah sifat umum yang membedakan tumbuhan dan hewan. 3) Sel hewan tidak memiliki dinding sel. 4) Tidak memiliki klorofil sehingga tidak mampu berfotosintesis. 5) Bereproduksi dengan cara yang khas, yaitu secara kawin (seksual). Hanya beberapa jenis yang dapat bereproduksi secara aseksual. 6) Sebagian besar hewan memiliki otak dan sistem syaraf. 7) Hewan merupakan organisme yang aktif bergerak (*motile*).

2. Klasifikasi Hewan

Kingdom Animalia atau Dunia hewan oleh para ahli zoologi dikelompokkan menjadi hewan invertebrata dan vertebrata. Pengelompokan ini didasarkan pada ada dan tidaknya tulang belakang (*vertebrae*). Hewan juga bisa dikelompokkan berdasarkan habitatnya, ada yang hidup di darat atau terestrial dan ada yang hidup di air (laut, payau, tawar) atau akuatik. Namun demikian, kelompok-kelompok tersebut bukan merupakan klasifikasi ilmiah. Klasifikasi dan pemberian nama ilmiah hewan, secara internasional diatur dalam *International Code of Zoological Nomenclature* atau Kode Internasional Tatanama Hewan. Di bawah kategori kingdom, Dunia Hewan dibagi ke dalam beberapa filum. Dalam pembahasan berikut, untuk mempermudah pembelajaran kalian, kita akan membedakan Kingdom Animalia ke dalam dua kelompok besar, yaitu **Invertebrata** (hewan tidak bertulang belakang) dan **Vertebrata** (hewan bertulang belakang).

B. Invertebrata

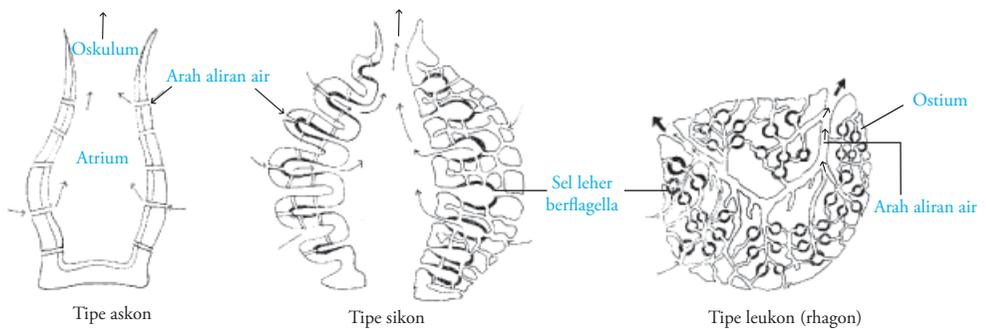
Invertebrata merupakan nama yang digunakan untuk menyebut kelompok hewan yang tidak bertulang belakang. Kata ini berasal dari bahasa Latin *in* (tanpa) dan *vertebrae* (tulang belakang). Invertebrata merupakan kelompok hewan yang jumlahnya sangat besar, terdiri dari berbagai filum, yaitu Porifera, Cnidaria (Coelenterata), Platyhelminthes, Nematelminthes, Annelida, Mollusca, Arthropoda, dan Echinodermata. Pada uraian berikut kalian bisa mempelajari ciri masing-masing filum dan contoh jenis-jenis hewan yang menjadi anggota filum tersebut.

1. Filum Porifera

Kata porifera berasal dari bahasa Latin *porus* (lubang kecil) dan *ferre* (membawa). Jadi Porifera berarti hewan yang mempunyai tubuh berpori, dikenal juga sebagai hewan **sponge** atau **spons**. Porifera ini hidup menetap (**sessil**) pada dasar perairan. Sebagian besar hewan ini hidup di laut dan sebagian kecil yang hidup di air tawar. Bentuk tubuhnya beraneka ragam, menyerupai tumbuhan, warnanya juga sangat bervariasi dan dapat berubah-ubah.

Porifera memiliki beberapa karakteristik. Tubuhnya bersel banyak, simetri radial, atau asimetris. Sel-sel tersebut menyusun tubuh Porifera dalam dalam 2 lapis (**diploblastik**), membentuk jaringan yang belum sempurna dan di antaranya terdapat gelatin yang disebut **mesenkim**. Tubuhnya mempunyai banyak pori, saluran-saluran, dan rongga sebagai tempat air mengalir. Sebagian atau seluruh permukaan dalam tubuhnya tersusun dari sel-sel yang berleher yang berflagelum, disebut **koanosit**.

Porifera melakukan pencernaan makanan di dalam sel atau secara **intrasel**. Umumnya Porifera mempunyai rangka dalam. Hewan ini berkembangbiak secara kawin dan tak kawin. Secara kawin dilakukan dengan sel telur dan sel spermatozoid. Larvanya berbulu getar dan dapat berenang. Sedangkan secara tidak kawin dengan bertunas.



Gambar 8.1 Tipe saluran air pada Porifera

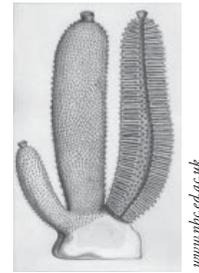
Berdasarkan tingkat kompleksitasnya, sistem saluran air pada Porifera dibedakan menjadi tiga, yaitu tipe askon, tipe sikon, dan tipe leukon (rhagon). Perhatikan Gambar 8.1. Tipe **askon** merupakan tipe saluran air paling sederhana. Saluran air dimulai dari **ostia** yang dihubungkan langsung oleh saluran ke spongocoel. Dari **spongocoel** air keluar melalui **oskulum**. Tipe **sikon** merupakan tipe saluran air yang terdiri atas dua saluran yaitu **inkruen** dan **radial**. Air masuk melalui ostia menuju ke saluran inkruen. Melalui porosit, air dari saluran inkruen menuju ke saluran radial, terus ke spongocoel dan akhirnya keluar melalui oskulum. Sedangkan tipe **leucon (rhagon)**, merupakan tipe saluran air yang paling kompleks. Air dari **ostium** masuk melalui saluran menuju ke rongga-rongga yang dibatasi oleh **koanosit**. Dari rongga ini air melalui saluran-saluran lagi menuju ke spongocoel dan akhirnya keluar melalui oskulum.

Porifera banyak menghasilkan **spikula** yang dihasilkan oleh **scleroblast** (bagian dari gelatin mesenkim). Hasil sekresi yang berupa silika (zat kersik) atau karbonat (zat kapur) ini memiliki bentuk yang bermacam-macam. Ada yang berbentuk monakson, tetrakson, poliakson, heksakson, atau benang-benang spongin. Spikula merupakan struktur tubuh yang berperan penting untuk membedakan

jenis-jenis Porifera. Bentuk dan kandungan spikula ini digunakan sebagai **dasar klasifikasi** Porifera. Berdasarkan sifat spikulanya, Filum Porifera dibagi menjadi 3 kelas, yaitu Kelas Calcarea, Hexatinellida, dan Demospongia. Berikut penjelasannya:

a. Kelas Calcarea

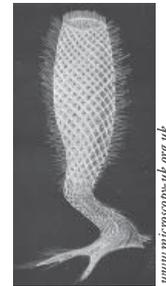
Anggota kelas ini mempunyai rangka yang tersusun dari zat kapur (kalsium karbonat) dengan tipe monoakson, triakson, atau tetrakson. Koanositnya besar dan biasa hidup di lautan dangkal. Tipe saluran airnya bermacam-macam. Hidup soliter atau berkoloni. Contoh jenis yang menjadi anggota kelas ini adalah *Leucosolenia* sp., *Scypha* sp., *Cerantia* sp., dan *Sycon gelatinosum*. Perhatikan Gambar 8.2.



Gambar 8.2 *Sycon gelatinosum*

b. Kelas Hexatinellida

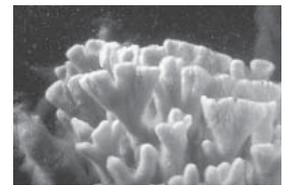
Pada anggota Kelas Hexatinellida, spikula tubuh yang tersusun dari zat kersik dengan 6 cabang. Kelas ini sering disebut **sponge gelas** atau **porifera kaca (Hyalospongiae)**, karena bentuknya yang seperti tabung atau gelas piala. Tubuh berbentuk silinder atau corong, tidak memiliki permukaan epitel. Contoh anggota kelas ini adalah *Hyalonema* sp., *Pheronema* sp., dan *Euplectella suberea*. Perhatikan Gambar 8.3.



Gambar 8.3 *Euplectella suberea*

c. Kelas Demospongia

Kelas ini memiliki tubuh yang terdiri atas serabut atau benang-benang spongin tanpa skeleton. Kadang-kadang dengan spikula dari bahan zat kersik. Tipe aliran airnya adalah leukon. Demospongia merupakan kelas dari Porifera yang memiliki jumlah anggota terbesar. Sebagian besar anggota Demospongia berwarna cerah, karena mengandung banyak **pigmen granula** dibagian sel amoebositnya. Contoh kelas ini antara lain *Suberit* sp., *Cliona* sp., *Microciona* sp., *Spongilla lacustris*, *Chondrilla* sp., dan *Callyspongia* sp. Perhatikan Gambar 8.4.

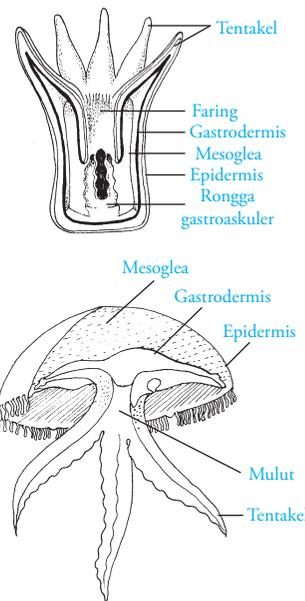


Gambar 8.4 *Microciona* sp.

2. Filum Cnidaria (Coelenterata)

Filum ini disebut Cnidaria karena memiliki **knidosit** atau sel-sel penyengat yang terdapat pada epidermisnya. Cnidaria juga disebut **Coelenterata** karena mempunyai rongga besar di tengah-tengah tubuh. Coelenterata berasal dari kata *coilos* (berongga) dan *enteron* (usus). Jadi, semua hewan yang termasuk filum ini **mempunyai rongga usus (gastrovaskuler)** yang berfungsi untuk pencernaan.

Cnidaria memiliki tubuh bersel banyak, simetri radial atau biradial, tidak mempunyai kepala atau ruas-ruas tubuh. Dalam pergiliran keturunan, Cnidaria mempunyai **dua tipe hidup** atau **bentuk tubuh**. Kedua bentuk tubuh tersebut adalah **bentuk polip** dan **bentuk medusa**. Cnidaria disebut sebagai fase polip ketika hidup melekat pada suatu substrat dan tidak dapat berpindah tempat (sessil). Sedangkan Cnidaria disebut sebagai **fase medusa** ketika hidup bebas berenang atau terapung di dalam air, hidup bebas berpindah tempat karena terbawa air (**planktonik**). Satu jenis Cnidaria selama hidupnya



Gambar 8.5 Struktur tubuh Cnidaria

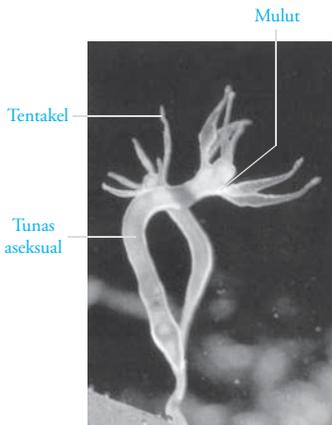
Campbell, Reece, Mitchell, 2003, lbrn, 215



15,000 Educational Images

Terumbu karang merupakan suatu tempat di dasar laut dengan pemandangan yang sangat indah. Tempat itu merupakan obyek wisata yang sangat menarik, misalnya Taman Laut Bunaken di Sulawesi yang terkenal hingga ke mancanegara. Di sana hidup berbagai jenis organisme laut yang berwarna-warni dan bermacam jenis dan bentuknya.

Tahukah kalian bahwa Cnidaria merupakan kelompok hewan yang berperan besar dalam pembentukan terumbu karang ini? Anggota filum ini, terutama jenis-jenis dari Kelas Anthozoa memiliki rangka tubuh dari zat kapur yang lama-kelamaan menumpuk dan bertambah besar koloninya membentuk terumbu karang.



Glenn, Susan Toole, 1999, hlm. 312

Gambar 8.6 *Hydra* sp.

dapat berbentuk polip, medusa, atau polip dan medusa, dijumpai pada anggota kelas tertentu.

Tubuh Cnidaria terdiri atas 2 lapisan sel (jaringan), yang luar disebut **epidermis** dan yang dalam disebut **gastrodermis (endodermis)**. Kedua jaringan tersebut dipisahkan oleh lapisan **mesoglea** yang berisi gelatin dan sel-sel syaraf. Pada epidermis terdapat sel knidosit yang mengandung racun penyengat (nematosit). **Nematosit** pada permukaan knidoblas ini lebih berfungsi untuk membela diri (menyengat mangsa atau musuhnya) dan juga untuk membantu menangkap makanan, untuk bergerak dan melekat pada substrat.

Alat pencernaan pada Cnidaria masih sangat sederhana, yaitu berupa saluran seperti kantung yang disebut **enteron**. Mulut dikelilingi oleh tentakel, dan langsung berhubungan dengan rongga gastrovaskuler. Karena rongga tersebut hanya memiliki satu lubang, maka berfungsi sekaligus sebagai mulut dan anus. Belum mempunyai alat ekskresi dan respirasi serta darah. Sistem saraf berupa sistem syaraf yang menyebar. Cnidaria bereproduksi secara generatif (seksual) dan vegetatif (aseksual). Secara aseksual yaitu dengan membentuk tunas, dan secara seksual berarti dengan membentuk gamet.

Berdasarkan bentuk yang dominan dalam siklus hidupnya, Filum Cnidaria dibagi menjadi tiga kelas, yaitu Hydrozoa, Scyphozoa, dan Anthozoa. Kelas Hydrozoa memiliki bentuk polip dan medusa, pada Kelas Scyphozoa tipe medusa lebih dominan, sedangkan pada Kelas Anthozoa hanya memiliki tipe polip saja. Berikut uraian masing-masing kelas tersebut.

a. Kelas Hydrozoa

Kelas Hydrozoa memiliki anggota yang kebanyakan hidup di laut dan berkoloni, kadang-kadang ada yang soliter, dan ada juga yang hidup di air tawar. Ukuran tubuhnya sangat kecil dan mirip tumbuhan. Bila hidup berkoloni mempunyai bentuk tubuh polip dan medusa, sedangkan yang soliter hanya berbentuk polip. Hal tersebut menentukan tipe hidupnya, apakah sessil atau planktonik. Contoh anggota kelas ini adalah *Hydra* sp., *Obelia* sp., dan *Physalia* sp. Simaklah uraian berikut ini.

1) *Hydra* sp.

Hydra sp. merupakan jenis anggota Cnidaria yang hidup di air tawar dan soliter (Gambar 8.6). Tubuhnya berukuran antara 1-3 mm, berbentuk polip, tidak mempunyai bentuk medusa, sehingga hidupnya sessil. Tubuh berbentuk silindris, pada ujung yang bebas terdapat mulut yang dikelilingi **hipostome** yang berfungsi menangkap mangsa. Hewan ini bereproduksi secara vegetatif dan secara generatif. Secara vegetatif *Hydra* sp. bereproduksi dengan membentuk tunas.

2) *Obelia* sp.

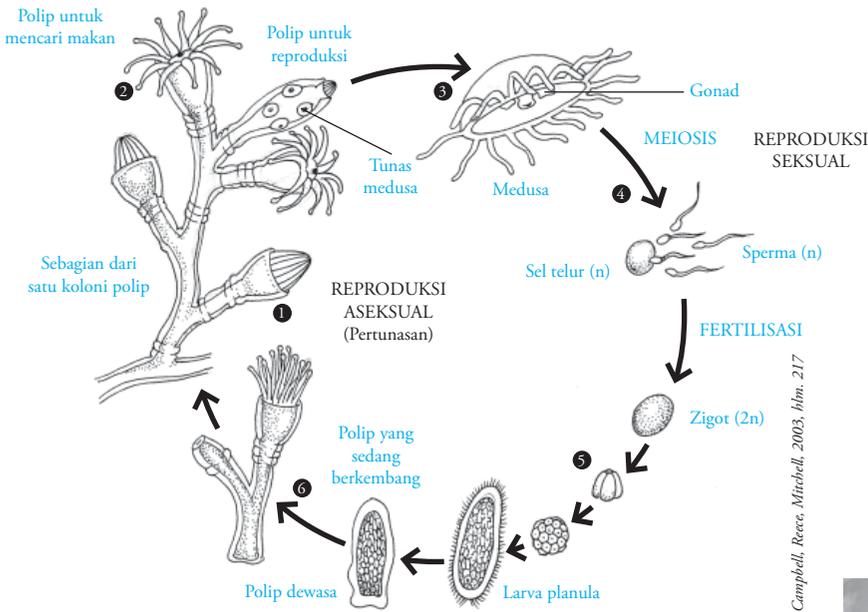
Obelia merupakan anggota Kelas Hydrozoa yang hidup di laut dan berkoloni (Gambar 8.7). Di dalam siklus hidupnya dijumpai stadium polip dan medusa, tetapi bentuk polip lebih dominan. Polip mampu membentuk tunas (reproduksi aseksual) dan tunas-tunas tersebut tetap melekat pada induknya sehingga membentuk koloni.

Polip-polip yang membentuk koloni ini ada yang bertentakel dan ada yang tidak. Polip tidak bertentakel berfungsi untuk makan, sedangkan yang bertentakel berfungsi untuk reproduksi. **Polip reproduksi** mampu menghasilkan medusa secara pertunasan. Medusa tersebut kemudian lepas dan hidup bebas secara planktonik. Pada perkembangannya, medusa tersebut mampu menghasilkan gamet sehingga fase hidup medusa dikenal dengan fase seksual. Gamet-gamet tersebut akhirnya melakukan fertilisasi dan membentuk zigot yang kemudian berkembang menjadi **larva bersilia (planula)** dan planula tersebut menempel di dasar laut dan tumbuh menjadi *Obelia* (polip). Perhatikan Gambar 8.8.



Campbell, Reece, Mitchell, 2003, hlm. 217

Gambar 8.7 *Obelia* sp.



Campbell, Reece, Mitchell, 2003, hlm. 217

Gambar 8.8 Daur hidup *Obelia* sp.

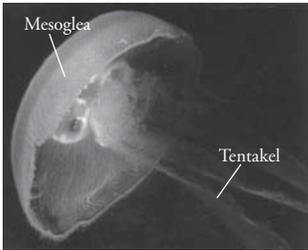
3) *Physalia* sp.

Hewan ini hidup di laut. Tubuhnya unik, mempunyai bentuk yang panjang membentuk polip dan terdapat bagian tudung yang digunakan untuk mengapung (seperti medusa). Polip mempunyai tiga bagian yaitu **gastrozoid** (pencernaan), **gonozoid** (reproduksi), **daktilozoid** (menangkap mangsa). *Physalia* sp. merupakan Coelenterata yang berbahaya bagi manusia. Perhatikan Gambar 8.9.



Microsoft Encarna Premium 2006

Gambar 8.9 *Physalia* sp.

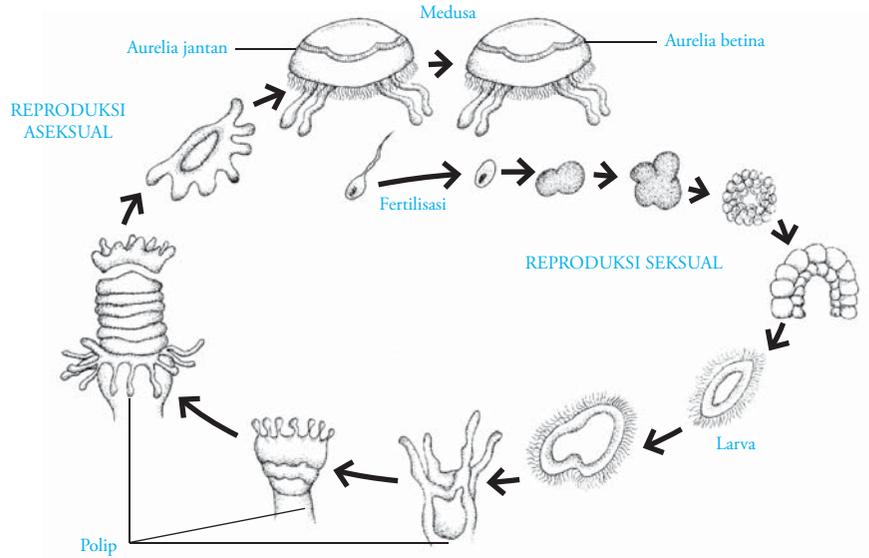


Gambar 8.10 *Aurelia* sp.

Glenn, Susan Toole, 1999, hlm. 89

b. Kelas Scyphozoa

Kelas Scyphozoa dikenal sebagai *the true medusae* (medusa sejati) atau *jelly fish* (ubur-ubur). Fase medusa sangat dominan dan fase polip tidak ada atau mereduksi. Bentuk tubuhnya seperti parasut atau payung yang melayang-layang di laut. Perhatikan Gambar 8.10 dan 8.11. Hewan ini memiliki lapisan **mesoglea** yang tebal dan dapat digunakan sebagai sumber nutrisi. Contoh kelas ini antara lain *Aurelia* sp., *Pelagia* sp., *Stomolopus* sp., dan *Chrysauna quinquecirrha*.



Gambar 8.11 Siklus hidup *Aurelia* sp.

c. Kelas Anthozoa

Kata anthozoa berarti hewan yang menyerupai bunga, berasal dari Bahasa Yunani *antho* (bunga) dan *zoon* (hewan). Kelas ini merupakan kelas dalam filum Cnidaria dengan **anggota terbanyak**, meliputi koral, bunga karang (mawar laut), dan anemon laut. Ukuran tubuhnya bervariasi. Semua anggotanya hidup di laut, baik soliter atau berkoloni, dan hidupnya melekat pada substrat. Mereka menghasilkan zat kapur atau kalsium karbonat (CaCO_3) yang membentuk **terumbu karang**.

Tubuh anthozoa berbentuk silinder pendek dan pada salah satu ujungnya terdapat mulut yang dikelilingi tentakel. Hewan ini hanya memiliki bentuk polip, dengan mulut yang terbuka secara tidak langsung, tetapi melalui **faring** yang menghubungkannya ke dalam rongga gastrovaskuler. Rongga tersebut memiliki sekat-sekat yang disebut **mesentris**. Di dalamnya juga terdapat **nematosis** yang berfungsi mengeluarkan racun untuk melumpuhkan mangsa. Contoh anggota kelas ini adalah *Tubifora musica*, *Acropora* sp., *Meandrina* sp., dan *Anthipates* sp. Perhatikan Gambar 8.12.



Gambar 8.12 *Acropora* sp.

www.ap.gov

Nah, sampai di sini kalian sudah belajar mengenal 2 filum yang termasuk kelompok hewan tidak bertulang belakang. Sebelum pembahasan kita lanjutkan, kalian kerjakan dulu tugas dalam rubrik *Telisik* berikut.

TELISIK

Carilah informasi melalui internet, buku referensi, atau media masa tentang jenis-jenis hewan yang termasuk Filum Porifera dan Filum Cnidaria serta manfaatnya bagi kehidupan manusia. Catatlah dengan lengkap dan presentasikan di depan kelas. Kumpulkan tugas tersebut kepada guru kalian.

3. Filum Platyhelminthes

Platyhelminthes merupakan kelompok cacing yang struktur tubuhnya paling sederhana. Kata Platyhelminthes berasal dari bahasa Latin, *platy* (pipih) dan *helminthes* (cacing atau **vermes**), sehingga kelompok ini disebut **cacing pipih**. Dibandingkan dengan Filum Porifera dan Cnidaria, organisasi tubuh cacing pipih ini sudah sedikit lebih maju.

Platyhelminthes memiliki tubuh pipih, lunak, simetri bilateral dan bersifat hermaprodit. Tubuh dapat dibedakan dengan tegas antara posterior dan anterior, dorsal dan ventral. Bersifat **triploblastik**, dinding tubuh terdiri atas 3 lapisan, yaitu ektoderm, mesoderm, dan endoderm. Sistem pencernaan makanan gastrovaskuler, tidak memiliki rongga tubuh. Alat ekskresi berupa sel-sel api dan belum punya alat peredaran darah maupun alat respirasi. Sistem syarafnya disebut **sistem syaraf tangga tali**, terdiri atas sepasang ganglion (simpul syaraf) anterior yang dihubungkan oleh satu sampai tiga pasang tali saraf memanjang.

Berdasarkan **bentuk tubuh** dan **sifat hidupnya**, Platyhelminthes dibagi menjadi tiga kelas yaitu, Kelas Turbellaria, Kelas Trematoda, dan Kelas Cestoda. Berikut penjelasan untuk masing-masing kelas tersebut.

a. Kelas Turbellaria

Sebagian besar anggota Turbellaria hidup bebas, hanya beberapa yang parasit. Bisa ditemui di ekosistem air tawar, air laut, maupun terestrial. Tubuhnya berbentuk seperti daun, tidak bersegmen, pada epidermis terdapat bulu-bulu getar, dan intestinumnya bercabang. Panjang tubuhnya berkisar 6-15 mm dan tidak memiliki darah. Tubuh berwarna gelap, coklat dan abu-abu bernapas secara difusi pada permukaan seluruh tubuh. Contoh anggota kelas ini adalah *Dugesia trigrina*, yang lebih dikenal dengan nama **Planaria** (Gambar 8.13). Cacing planaria hidup bebas di air tawar yang jernih dan mengalir sepanjang tahun, menempel pada batu atau dedaunan yang jatuh.



Gambar 8.13 *Dugesia trigrina*, lebih dikenal dengan nama Planaria

GALERI

Penyakit Cacing Lintah Pertama di Indonesia



Penyakit ini pertama kali ditemukan di Kalimantan Selatan pada pertengahan tahun 2000 dan bersifat endemik. Penyebabnya adalah *Fasciolopsis buski*, jenis cacing yang mampu menghasilkan jutaan telur yang sangat kecil dan telur-telur tersebut hanya ditemukan pada umbi teratai. Umbi tersebut sangat digemari oleh warga, terutama anak-anak yang sering memakannya tanpa dimasak terlebih dahulu, sehingga mempercepat penyebaran penyakit ini. Cacing tersebut juga menyebar melalui tinja manusia dengan bekicot sebagai hewan perantaranya. Meskipun tidak mematikan, penyakit ini ditangani serius oleh pemerintah karena menimbulkan dampak yang sangat gawat, yaitu memperlambat pertumbuhan dan menurunkan tingkat kecerdasan.

www.jawapos.co.id

b. Kelas Trematoda

Trematoda merupakan cacing parasit pada vertebrata. Tubuhnya tertutup lapisan-lapisan kutikula. Kelompok ini disebut juga sebagai **cacing penghisap**, karena mempunyai alat penghisap atau *sucker*. Contoh anggota kelas ini adalah cacing hati (*Fasciola hepatica*) dan *Clonorchis sinensis*. Untuk lebih memahami kedua spesies tersebut cermati uraian berikut.

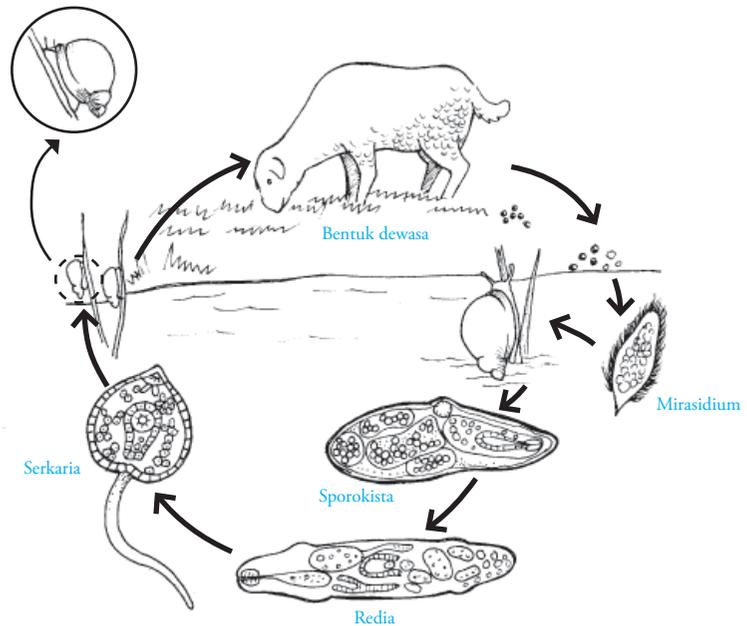
1) *Fasciola hepatica*

Cacing ini hidup sebagai parasit di dalam hati manusia dan hewan ternak seperti sapi, babi, dan kerbau. Tubuhnya mencapai panjang 2-5 cm, dilengkapi alat penghisap yang letaknya mengelilingi mulut dan di dekat perut (Gambar 8.14). Cacing hati berkembangbiak secara seksual dengan pembuahan silang atau pembuahan sendiri (**hermaprodit**).



Glenn, Susan Towle, 1999, hlm. 90

Gambar 8.14 Cacing hati (*Fasciola hepatica*)



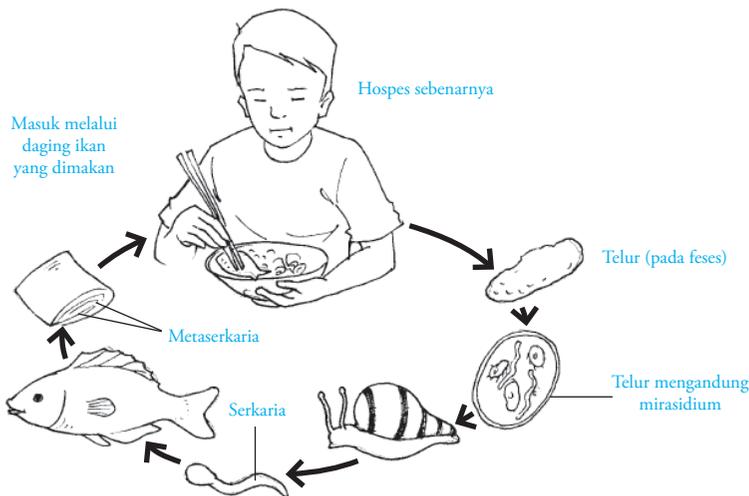
Gambar 8.15 Siklus hidup cacing *Fasciola hepatica*

Fasciola hepatica memiliki siklus hidup mulai dari dalam tubuh inangnya, ketika keluar dari tubuh inang, sampai kemudian masuk kembali sebagai parasit di tubuh inang yang baru. Perhatikan Gambar 8.15. Di dalam tubuh inangnya, cacing dewasa memproduksi sperma dan ovum kemudian melakukan pembuahan. Telur yang telah dibuahi kemudian keluar dari tubuh inang bersama feses (kotoran). Bila jatuh di tempat yang sesuai, telur ini akan menetas dan menjadi mirasidium (larva bersilia). **Mirasidium** kemudian berenang di perairan selama 8-20 jam. Bila menemukan siput air (*Lymnaea javanica*), mirasidium akan masuk ke tubuh siput tersebut, tetapi bila tidak bertemu siput

air mirasidium akan mati. Di dalam tubuh siput, mirasidium kemudian tumbuh menjadi **sporokista**. Sporokista kemudian berpartenogenesis menjadi **redia** dan kemudian menjadi serkaria. **Serkaria** membentuk ekor dan keluar menembus tubuh siput, kemudian berenang beberapa lama sehingga melepaskan ekornya di rumput dan tumbuhan air untuk menjadi metaserkaria. **Metaserkaria** kemudian membungkus diri dengan **kista** (*cyste*) sehingga dapat bertahan pada rumput atau tumbuhan lain, menunggu termakan oleh hewan. Ketika kista ikut termakan bersama tumbuhan, kista akan menembus dinding usus lalu masuk ke hati, kemudian berkembang hingga dewasa dan bertelur kembali mengulang siklus yang sama.

2) *Clonorchis sinensis*

Cacing ini hidup di dalam hati dan saluran empedu manusia, anjing, atau kucing. Siklus hidupnya mirip dengan cacing hati. Inang perantaranya adalah siput, ikan, atau udang. Siklus hidup *Clonorchis sinensis* dijelaskan dengan Gambar 8.16.



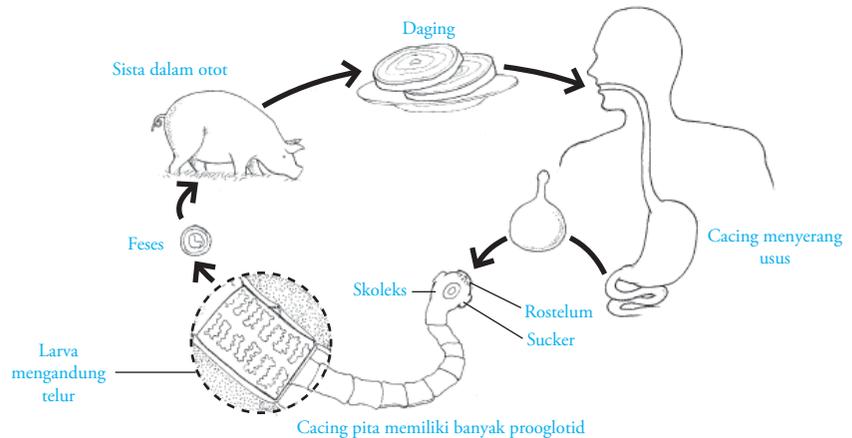
Gambar 8.16 Siklus hidup *Clonorchis sinensis*

c. Kelas Cestoda

Cacing ini mempunyai bentuk tubuh pipih panjang menyerupai pita sehingga disebut juga sebagai **cacing pita**. Tubuhnya dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu **skoleks** (kepala) dan **strobilus**. Setiap strobilus terdiri atas rangkaian segmen-segmen yang disebut **proglotid**. Proglotid dibentuk melalui pembelahan transversal di daerah leher, dan masing-masing berisi kelengkapan kelamin jantan dan betina, sehingga setiap proglotid dapat dipandang sebagai satu individu. Cacing ini hidup sebagai parasit pada babi atau sapi. Contoh anggota kelas ini adalah *Taenia solium* dan *Taenia saginata*. Berikut uraian kedua jenis cacing tersebut.

1) Cacing pita babi (*Taenia solium*)

Cacing pita ini hidup pada saluran pencernaan babi dan bisa menular ke manusia. Panjang tubuhnya mencapai 3 m. Pada bagian kepala atau skoleks terdapat empat buah *sucker* dan kumpulan alat kait atau **rostelum**. Di sebelah belakang skoleks terdapat leher atau daerah perpanjangan (strobillus). Dari daerah inilah proglotid terbentuk melalui pembelahan transversal. Dalam kondisi yang optimal panjang tubuh cacing pita babi dapat mencapai 2,5-3 m dengan jumlah proglotid mencapai 1.000 buah. Cacing ini memiliki siklus hidup seperti pada Gambar 8.17.

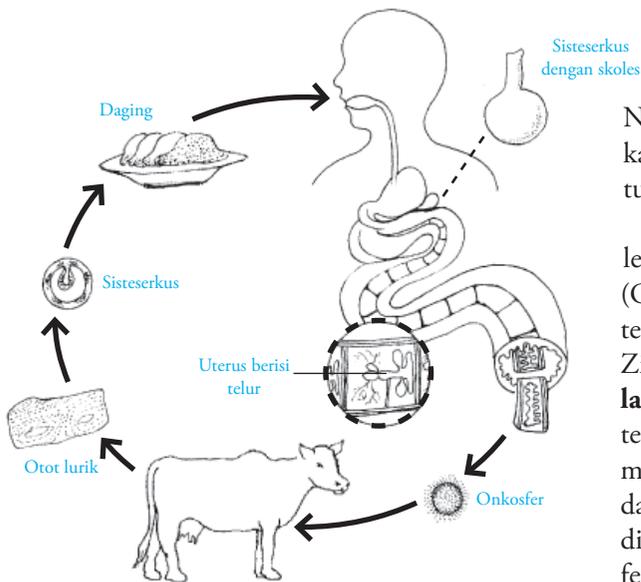


Gambar 8.17 Siklus hidup *Taenia solium*

2) Cacing pita sapi (*Taenia saginata*)

Taenia saginata tidak mempunyai rostellum (kait) pada skoleknya, dan secara umum tubuhnya mirip dengan *T. solium*. Cacing dewasa hidup sebagai parasit dalam usus manusia, masuk ke dalam tubuh manusia melalui sapi sebagai **hospes intermediet**. Cacing ini tidak begitu berbahaya dibandingkan *T. solium*. Namun demikian cacing ini tetap merugikan, karena menghambat penyerapan makanan dalam tubuh manusia.

Siklus hidup cacing ini dimulai dari terlepasnya proglotid tua bersama feces manusia (Gambar 8.18). Di dalam setiap proglotid terdapat ribuan telur yang telah dibuahi (zigot). Zigot tersebut kemudian berkembang menjadi **larva onkosfer** di dalam kulit telur. Jika telur tersebut termakan sapi, larva onkosfer akan menembus usus masuk ke dalam pembuluh darah atau pembuluh limfa dan akhirnya sampai di otot lurik. Di dalam otot sapi, larva onkosfer berubah menjadi kista dan berkembang menjadi cacing gelembung atau **sisteserkus** yang



Gambar 8.18 Siklus hidup *Taenia saginata*

membentuk skoleks pada dindingnya. Ketika daging sapi tersebut dimakan manusia (kemungkinan sisteserkus masih hidup), di dalam usus manusia skoleks tersebut akan keluar lantas menempel pada dinding usus, kemudian tumbuh dewasa dan membentuk proglotid-proglotid baru. Kemudian siklus hidupnya terulang kembali.

4. Filum Nematelminthes

Nematelminthes berasal dari bahasa Latin *nema* (benang) dan *helminthes* (cacing). Cacing ini sering disebut sebagai **cacing benang**. Hidup sebagai endoparasit pada hewan, tumbuh-tumbuhan, atau hidup bebas di dalam air dan tanah. Tubuhnya bilateral simetris dan mempunyai tiga lapisan sel. Tubuh tertutup lapisan kutikula, sehingga tahan terhadap pengaruh lingkungan luar. Organ pencernaan makanan lengkap, memanjang dari mulut di ujung anterior hingga anus di ujung posterior. Sistem sarafnya berupa cincin saraf yang mengelilingi **esofagus** yang dihubungkan 6 serabut ke bagian anterior dan posterior. Berkembangbiak secara kawin, dan berkelamin terpisah (**dioceous**). Cacing jantan berukuran lebih kecil daripada cacing betina dan ujung ekor cacing jantan bengkok. Fertilisasi berlangsung secara internal. Tubuh cacing ini tidak mempunyai sistem peredaran darah tetapi mempunyai cairan tubuh.

Filum Nematelminthes dibagi menjadi 2 kelas, yaitu Kelas Nematoda dan Kelas Nematomorpha. Berikut uraian tentang kedua kelas tersebut.

a. Kelas Nematoda

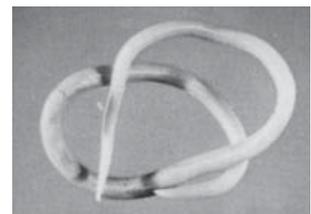
Nematoda merupakan cacing benang berwarna putih atau putih pucat. Ukuran tubuhnya kecil dan ada yang hanya beberapa milimeter. Tubuhnya dilindungi kutikula, licin atau bergaris-garis sirkuler dengan 4 garis memanjang. Contoh cacing anggota kelas ini adalah *Ascaris lumbricoides* dan *Wuchereria bancrofti*.

1) *Ascaris lumbricoides*

Cacing ini sering juga disebut sebagai cacing perut atau cacing gelang. Panjang tubuhnya bisa mencapai 49 cm, hidup parasit di usus halus manusia, menyebabkan **penyakit cacingan**. Di dalam usus, cacing ini membentuk enzim yang menghambat produksi enzim pencernaan. Untuk melindungi dirinya dari getah pencernaan manusia, permukaan tubuh cacing tersebut licin dan tertutup lapisan kutikula. Secara morfologi, cacing jantan lebih kecil daripada cacing betina. Perhatikan Gambar 8.19.

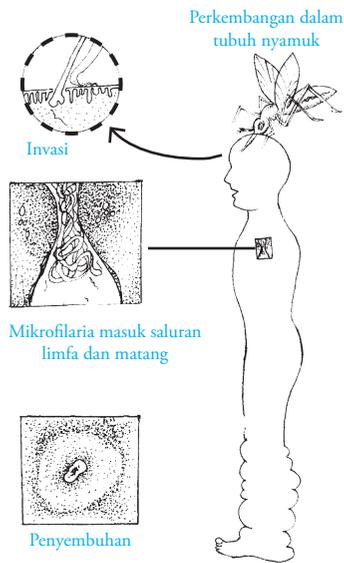
2) *Wuchereria bancrofti*

Cacing ini merupakan penyebab penyakit **filariasis** atau **elephantiasis** (kaki gajah). Di dalam tubuh manusia, cacing tersebut menyumbat pembuluh limfa (getah bening), sehingga mengakibatkan pembengkakan tubuh terutama pada kaki sehingga membesar. Oleh karena itu disebut kaki gajah.



Gambar 8.19 Morfologi cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*)

www.amb.96.utgataway.net



Gambar 8.20 Siklus hidup *Wuchereria bancrofti*

W. bancrofti merupakan cacing berukuran kecil dan keras, hidup di dalam pembuluh getah bening (limfa) manusia ketika dewasa. Larva cacing ini bisa masuk ke dalam tubuh manusia melalui gigitan nyamuk *Culex* sp. yang membawa **larva mikrofilaria**. Di dalam tubuh manusia, larva tersebut tumbuh pada jaringan tubuh terutama di bagian kaki dan **skrotum**. Perhatikan Gambar 8.20.

b. Kelas Nematophora

Tubuh Nematophora dilapisi kutikula yang polos dan tidak bercincin. Larvanya hidup parasit pada tubuh manusia atau arthropoda, dan setelah dewasa cacing tersebut hidup bebas di air tawar dan laut. Contoh cacing yang termasuk anggota kelas ini adalah *Gordius* sp. dan *Nectonema* sp.

Pada rubrik *Diskusi* berikut, kalian akan memperdalam pengetahuan tentang cacing.

DISKUSI

Buatlah kelompok 3-4 orang, kemudian diskusikan jawaban pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Mengapa anak-anak sering terkena penyakit cacingan?
2. Apa yang harus dilakukan agar tidak tertular penyakit cacingan?
3. Sebutkan beberapa jenis cacing lain yang menyebabkan penyakit pada manusia.
4. Bagaimana cara menghindari infeksi cacing-cacing yang membahayakan tersebut?

Tuliskan hasil diskusi kalian, kemudian presentasikan di depan kelas.

5. Filum Annelida

Kata Annelida berasal dari bahasa Latin *annulus* (cincin kecil) dan *oidus* (bentuk). Annelida dapat diartikan sebagai cacing yang tubuhnya bersegmen-segmen menyerupai cincin atau gelang, sehingga disebut **cacing gelang**. Cacing ini merupakan kelompok hewan yang sudah mempunyai rongga tubuh (*coelom*) yang sebenarnya. Alat pencernaan makanan telah berkembang dengan sempurna. Tubuhnya simetris bilateral dan permukaannya tertutup lapisan kutikula *nonchitinous* serta dilengkapi pula oleh sejumlah *bristle chitin* yang disebut **setae**. Memiliki alat tambahan berupa rambut kecil menyerupai batang. Alat ekskresinya berupa **nefridium**. Cacing ini bersifat hermaphrodit, memiliki alat peredaran darah tertutup, dan belum mempunyai alat pernapasan khusus, sehingga pernapasannya dilakukan oleh seluruh permukaan tubuh. Sistem sarafnya berupa sepasang ganglion otak yang dihubungkan dengan tali saraf longitudinal.

Berdasarkan **jumlah setae** dan **tempat hidupnya**, Annelida dikelompokkan ke dalam 3 kelas yaitu Polychaeta, Oligochaeta, dan Hirudinea. Untuk lebih memahaminya simaklah uraian berikut.

a. Kelas Polychaeta

Cacing ini merupakan Annelida laut. Tubuhnya bersegmen, tiap segmen dilengkapi **parapodium** (kaki). Kaki ditumbuhi rambut sehingga disebut cacing berambut banyak, (*poly*: banyak, *chaeta*: rambut). Contoh anggota kelas ini adalah cacing wawo (*Lysidicea oele*), cacing palolo (*Palolo viridis*). Perhatikan Gambar 8.21.

Cacing wawo banyak terdapat di Kepulauan Maluku. Penduduk setempat menyebutnya sebagai **ulat jatuh**, dimanfaatkan sebagai bahan makanan. Kehidupannya diawali ovum yang dibuahi sel spermatozoid dan berkembang dalam segmen-segmen. Pada sekitar bulan Maret cacing tersebut menanggalkan segmen-segmen posteriornya yang penuh dengan ovum dan spermatozoid yang telah masak. Cacing ini muncul ke permukaan laut dalam jumlah yang sangat banyak, sambil melepaskan ovum dan spermatozoid ke air. Penduduk setempat mengumpulkan penggalan-penggalan cacing tersebut untuk dimakan. Seperti halnya dengan cacing wawo, cacing palolo juga memiliki sifat yang sama, hanya berbeda waktu munculnya ke permukaan laut, yaitu sekitar Oktober.

b. Kelas Olygochaeta

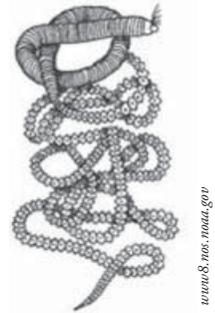
Kelompok ini beranggotakan jenis-jenis cacing yang hidup di air tawar atau di darat. Ukuran bervariasi, berbentuk silindris, bersegmen jelas dan memiliki sedikit rambut (*oligos*: sedikit, *chaeta*: rambut). Kepalanya disebut **prostomium**, namun tidak dilengkapi mata, tentakel dan parapodia. Hewan ini tetap peka terhadap cahaya karena di sepanjang tubuh terdapat seta yang berfungsi sebagai organ perasa. Contoh jenis cacing anggota kelas ini adalah *Lumbricus terrestris*, cacing tanah (*Pheretima* sp.). Perhatikan Gambar 8.22.

c. Kelas Hirudinea

Anggota kelas ini banyak hidup di air laut, air tawar, dan tempat lembab. Hirudinea umumnya disebut sebagai **lintah**. Tubuhnya pipih (dorsiventral), mempunyai 1 prostomium dan 32 segmen tubuh, dan mempunyai dua alat pengisap pada kedua ujung tubuhnya. Alat pengisap atas berdekatan dengan mulut, dan alat pengisap bawah berdekatan dengan anus. Cacing ini menghasilkan **zat hirudin** sebagai zat anti koagulan, yaitu zat untuk mencegah darah inang agar tidak cepat membeku di dalam rongga tubuhnya. Contoh anggota kelas ini adalah *Hirudo medicinalis* dan *Hirudinaria javanica*. Perhatikan Gambar 8.23.

6. Filum Mollusca

Kata mollusca berasal dari Bahasa Latin *mollis* (lunak), sehingga Mollusca berarti hewan yang bertubuh lunak. Tubuhnya simetri bilateral, triploblastik, dan tidak bersegmen. Tubuhnya yang lunak biasanya dilindungi **pallium** (*mantle*) yang menghasilkan **sekret** berupa eksoskeleton dari zat kapur yang dikenal dengan cangkang atau **con-**



Gambar 8. 21 Cacing palolo (*Palolo viridis*)



Gambar 8.22 Cacing Tanah (*Pheretima* sp.)



Gambar 8.23 Lintah/Pacet (*Hirudo* sp.)

Mutiara

Mutiara yang sering digunakan sebagai perhiasan oleh manusia sebenarnya adalah hasil sekresi getah nakreas dari kerang mutiara, anggota Kelas Pelecypoda. Secara alami, pembentukan mutiara merupakan respons kerang tersebut terhadap masuknya benda asing, misalnya butiran pasir. Butiran ini akan tergulung oleh jaringan mantel dan berbentuk bulat. Bila sekarang ada mutiara yang bentuknya bermacam-macam itu terjadi karena manusia memang sengaja memasukkan butiran-butiran dengan bentuk-bentuk tertentu untuk merangsang kerang tersebut membentuk mutiara sesuai dengan bentuk-bentuk yang diinginkan oleh manusia.



Gambar 8.25 *Achatina fulica* (bekicot)

Microsof Encarta Premium 2006



Gambar 8.26 *Dentalium* sp

www.yale.edu

cha. Bagian tubuh anterior adalah **kepala**, bagian ventral adalah **kaki muskuler**, dan bagian dorsal adalah **massa visera**. Saluran pencernaannya lengkap, mempunyai glandula digestoria dan glandula salivary, mulut dilengkapi dengan gigi parut atau **radula**. Respirasi biasanya dengan insang, paru-paru, atau melalui epidermis. Habitatnya di laut, air tawar, dan di darat.

Berdasarkan **struktur tubuh**, Mollusca dibagi menjadi lima kelas, yaitu Amphineura Gastropoda, Scaphopoda, Cephalopoda, dan Pelecypoda. Untuk lebih jelasnya, simak uraian berikut.

a. Kelas Amphineura

Hewan ini memiliki tubuh simetri bilateral, dengan satu atau beberapa lembaran atau keping cangkang (*plate* atau *valva*) atau tanpa *valva* yang merupakan eksoskeleton. Mempunyai beberapa insang di dalam rongga mantelnya. Perhatikan Gambar 8.24. Anggota kelas ini hidup di laut (sekitar pantai), menempel pada batu-batu menggunakan kaki perutnya. Contoh anggota kelas ini adalah *Chiton* sp., dan *Neopilina* sp.



Gambar 8.24 *Chiton* sp.

www.factdy.com; www.smy.edu; chiton

b. Kelas Gastropoda

Gastropoda berarti hewan yang menggunakan perutnya sebagai kaki (*gastro*: perut dan *podos*: kaki). Kelas ini merupakan kelas dengan anggota terbesar. Tempat hidupnya di laut, air tawar, maupun di daratan. Sebagian besar bercangkang, sehingga tubuhnya membelit menyesuaikan dengan bentuk cangkangnya. Pada kepalanya terdapat dua pasang tentakel, sepasang tentakel pendek sebagai alat pembau dan sepasang lainnya lebih panjang sebagai alat penglihat. Hewan ini bersifat hermaprodit, tetapi tidak pernah terjadi pembuahan sendiri. Contoh anggota kelas ini yaitu *Achatina fulica* (bekicot), *Pilla ampulacea* (Siput sawah), *Cypraea* sp., dan *Conus* sp. Perhatikan Gambar 8.25.

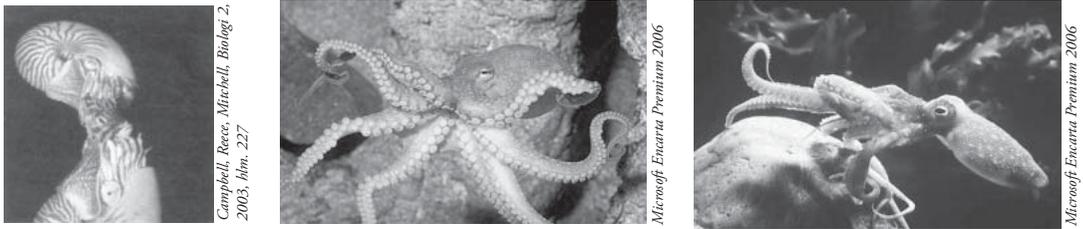
c. Kelas Scaphopoda

Anggota kelas ini hidup di laut pada pantai berlumpur. Tubuhnya simetri bilateral, dilindungi oleh cangkang tubular (seperti taring atau terompet) yang terbuka di kedua ujungnya. Kakinya kecil dan berguna untuk menggali liang. Kepalanya memiliki beberapa tentakel, tidak memiliki insang. Contoh jenisnya adalah *Dentalium* sp. (Gambar 8.26).

d. Kelas Cephalopoda

Cephalopoda merupakan kelas Mollusca yang sudah maju, mempunyai endoskeleton, eksoskeleton, atau tanpa keduanya, tubuhnya simetri bilateral, pada kepalanya terdapat lengan-lengan yang mempunyai *sucker* (batil penghisap). Cephalopoda berarti hewan yang mempunyai kaki di kepala. Tubuhnya terdiri atas kepala, leher, badan. Kepala Cephalopoda dilengkapi 1 pasang mata dan 8 buah tentakel

atau 10 buah (2 tentakel dan 8 lengan) yang berfungsi untuk menangkap mangsa. Contoh anggota kelas ini adalah *Nautilus* sp., Cumi-cumi (*Loligo indica*), sotong (*Sepia officinalis*) dan gurita (*Octopus*). Perhatikan Gambar 8.27.

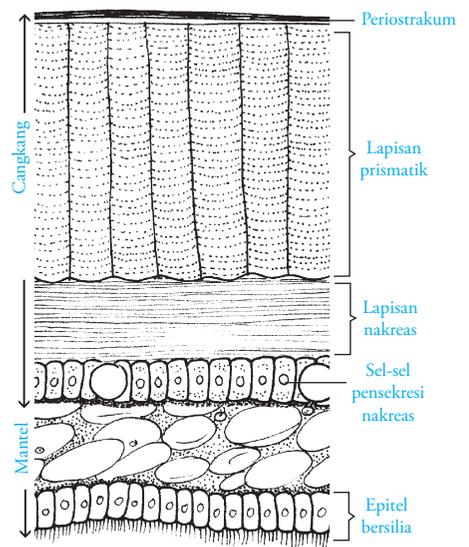


Gambar 8.27 *Nautilus* sp., *Octopus* sp., dan *Loligo* sp.

e. Kelas Pelecypoda

Pelecypoda memiliki kaki pipih seperti kapak, memiliki dua buah cangkang sehingga disebut dengan **bivalvia**, dan memiliki lempengan-lempengan insang sehingga disebut juga **lamelli branchiata**. Mantelnya menempel pada cangkang. Di tepi cangkang, mantel tersebut secara terus-menerus membentuk cangkang baru sehingga cangkang makin lama makin besar dan menggelembung.

Cangkang Pelecypoda terdiri atas tiga lapisan, yaitu lapisan nakreas, lapisan prismatic, dan periostrakum (Gambar 8.28). Lapisan **nakreas** merupakan lapisan terdalam. Lapisan ini sering disebut **lapisan mutiara**, atau disebut juga *mother of nacre*, berupa kristal-kristal halus yang mengandung kalsium karbonat, mengkilat bila terkena cahaya. Namun demikian tidak semua anggota Pelecypoda bisa membuat mutiara. Di luar nakreas terdapat lapisan **prismatik**, terdiri atas zat kapur yang tebal berbentuk prisma. Di luar lapisan prismatic terdapat **periostrakum**, yaitu lapisan tipis dan berwarna gelap, tersusun oleh zat tanduk dan mudah mengelupas. Contoh anggota kelas ini adalah kerang air tawar (*Anadonta* sp.), kerang mutiara (*Pinctada margaritifera*), *Mytilus* sp., dan kima raksasa (*Tridacna maxima*).



Gambar 8.28 Penampang melintang cangkang bivalvia

TELISIK

Lakukan pengamatan morfologi hewan anggota Filum Annelida (Cacing tanah atau lintah) dan Filum Mollusca (bekicot atau siput). Buatlah gambar sketsanya dan berilah keterangan masing-masing bagiannya. Diskusikan bersama guru kalian.

7. Filum Arthropoda

Arthropoda berasal dari Bahasa Yunani, yaitu *arthros* (sendi atau ruas) dan *podos* (kaki). Sehingga Filum Arthropoda berarti kelompok hewan yang memiliki tubuh yang beruas-ruas atau bersegmen, serta

kaki yang bersendi. Jumlah kaki mengalami modifikasi sesuai dengan kelasnya. Mempunyai rangka luar yang tersusun oleh kitin. Berdasarkan persamaan dan perbedaan struktur tubuhnya Arthropoda dibagi menjadi 4 kelas, yaitu Crustacea, Myriapoda, Arachnida, dan Insecta.

Nah, sebelum sebagai bekal awal kalian untuk mempelajari filum ini, lakukanlah *Percobaan* berikut.

PERCOBAAN

Mengenal dan Mengelompokkan Hewan-Hewan Arthropoda

A. Dasar Teori

Arthropoda merupakan filum dengan keanekaragaman tertinggi. Anggota filum ini banyak kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Hewan-hewan tersebut memiliki tubuh yang berbuku-buku dan beberapa pasang kaki. Ada yang memiliki kaki untuk merayap dan ada yang bisa terbang karena memiliki sayap, serta ada yang memiliki banyak kaki untuk berenang. Habitatnya pun bermacam-macam, ada yang di darat, di laut, maupun terbang di udara. Anggota yang beraneka ragam ini merupakan hal yang menarik untuk dipelajari. Sehingga untuk mempermudah pengenalan jenis-jenis tersebut, Arthropoda dikelompokkan atau diklasifikasikan ke dalam 4 kelompok besar yang disebut kelas, yaitu Kelas Crustacea, Kelas Myriapoda, Kelas Arachnida, dan Kelas Insecta. Jadi, klasifikasi merupakan upaya yang sangat penting untuk mempermudah pengenalan hewan-hewan Arthropoda seperti halnya dengan kelompok hewan dan makhluk hidup lainnya.

B. Tujuan

Mengenal dan mengelompokkan hewan-hewan Arthropoda.

C. Alat dan Bahan

1. Cawan Petri
2. Pinset
3. Lup (kaca pembesar)
4. Hewan-hewan wakil setiap kelas dari Filum Arthropoda

D. Langkah Percobaan

1. Ambillah beberapa hewan yang termasuk kelompok Arthropoda. Hewan-hewan ini dapat kalian cari di lingkungan sekolah atau sekitar rumah kalian.
2. Gunakan pinset ketika mengambil hewan-hewan tersebut. Ingat, jangan menangkap hewan-hewan yang berbahaya (misalnya kelabang dan kalajengking) tanpa menggunakan alat khusus.
3. Amatilah hewan-hewan tersebut dengan menggunakan alat bantu pinset dan lup. Untuk memudahkan pengamatan, letakkan setiap hewan yang akan di amati ke dalam cawan Petri. Hal-hal yang harus kalian amati yaitu bagian tubuh (caput, toraks, abdomen), jumlah kaki, ada tidaknya sayap, dan habitatnya.
4. Isikan hasil pengamatan kalian dalam tabel berikut.

Perbedaan Pokok Hewan-Hewan Arthropoda

No	Nama Hewan	Tubuh	Jumlah kaki	Sayap	Alat tubuh lain	Habitat	Kelas
1
2
3

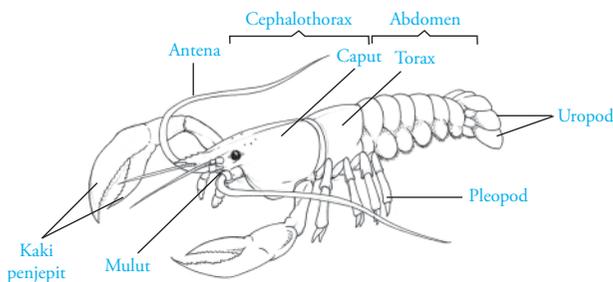
E. Pembahasan

1. Apa ciri khas masing-masing kelas hewan yang kalian amati?
2. Setelah mengetahui ciri khas setiap kelas, buatlah kunci identifikasi sederhana untuk menunjukkan ciri-ciri Crustacea, Myriapoda, Arachnida, dan Insecta.
3. Apa peran hewan-hewan yang kalian amati bagi manusia, baik secara langsung maupun tidak langsung?
4. Buat laporan kelompok tentang kegiatan ini dan kumpulkan kepada guru kalian.

Setelah melakukan percobaan, tentu sekarang kalian telah lebih mengenal ciri-ciri Arthropoda. Arthropoda memiliki tubuh simetri bilateral, bersegmen, dapat dibedakan antara **caput**, **thorak**, dan **abdomen**, dan beberapa ada yang memiliki variasi, beberapa bagian caput bersatu. Hewan ini memiliki anggota gerak yang berpasangan dan juga bersegmen. Kalian dapat menyimak penjelasan masing-masing kelas, sebagai berikut.

a. Kelas Crustacea

Pada umumnya Crustacea hidup di air laut, mulai dari pantai hingga di laut dalam. Ada juga yang hidup di air tawar dan di darat terutama di tempat-tempat yang lembab. Tubuh Crustacea memiliki kepala yang menyatu dengan dada, disebut **cephalothoraks**. Pada cephalothoraks terdapat 5 pasang kaki dan terdapat 2 pasang antenna di anterior. Abdomen mempunyai segmentasi yang jelas dan terdapat telson pada ujungnya. Alat gerak mengalami modifikasi, sesuai dengan fungsinya. Contoh anggota kelas ini adalah udang windu (*Penaeus monodon*), lobster (*Panulirus humarus*), dan kepiting bakau (*Scylla cerata*). Perhatikan Gambar 8.29 dan 8.30.



Gambar 8.29 Struktur tubuh udang



Gambar 8.30 Lobster (*Panulirus humarus*)

Microsoft/Encarta Premium 2006

b. Kelas Myriapoda

Myriapoda merupakan kelas yang semua anggotanya hidup di darat. Tubuhnya terdiri atas caput (kepala) yang memiliki sepasang antena, sepasang mata, dan 2 atau 3 pasang rahang. Badannya terbagi ke dalam ruas-ruas dengan ukuran yang relatif sama, masing-masing memiliki sepasang kaki. Kelas ini dibagi menjadi 2 subkelas, yaitu Diplopoda dan Chilopoda.

Subkelas **Diplopoda** sering disebut sebagai **si kaki seribu (millipedes)**, karena memiliki jumlah kaki yang sangat banyak. Umumnya memiliki 30 pasang kaki atau lebih. Tubuhnya bulat memanjang (silindris), beberapa segmen menyatu, pada setiap segmen terdapat 2 pasang kaki. Hidupnya sebagai herbivore, banyak dijumpai di bawah serasah, bebatuan, atau di dalam tanah, dan selalu menghindari dari cahaya. Gerakannya sangat lambat dan jika ada getaran tubuhnya akan melingkar membentuk spiral atau bola. Pada kepalanya terdapat sepasang antena, dua pasang mata tunggal, dan alat mulut tanpa taring bisa. Contoh Diplopoda adalah *Polyxenus* sp., *Sigmoria* sp., dan luwing (*Spirobolus* sp.). Perhatikan Gambar 8.31.



Campbell, Reece, Mitchell, Biologi 2, 2003, hlm. 234

Gambar 8.31 Luwing (*Spirobolus* sp.)

Subkelas **Chilopoda** sering disebut sebagai **si kaki seratus (centipedes)**. Tubuhnya terdiri atas kepala (caput) dan badan (abdomen), berbentuk pipih dengan 15 pasang kaki atau lebih, dan beruas-ruas. Tiap ruas badan terdapat satu pasang kaki. Pada kepala terdapat 5 pasang antena yang panjang dan 2 pasang mata tunggal. Mulut dilengkapi sepasang taring bisa, yaitu modifikasi alat gerak dari segmen tubuh yang pertama (kaki depan). Contoh anggota kelas ini adalah kelabang atau lipan (*Scolopendra* sp.) dan *Lithobius forficatus*. Perhatikan Gambar 8.32.



www.atachangepets.com

Gambar 8.32 Lipan (*Scolopendra* sp.)

c. Kelas Arachnida

Arachnida mempunyai tubuh yang terbagi atas kepala yang menyatu dengan dada (**cephalothoraks**) dan perut (**abdomen**). Bagian abdomen terdiri dari beberapa segmen, kadang-kadang cephalothoraks dan abdomen menyatu. Pada cephalothoraks terdapat sepasang **chelicera** (alat gerak pertama), sepasang pedipalpus (alat gerak ke dua) yang berbentuk capit, dan 4 pasang kaki. Arachnida tidak mempunyai antena.



Mitrosaf-Encarta Premium 2006

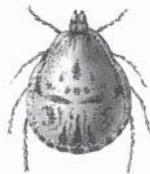
Gambar 8.33 Kalajengking (*Scorpio* sp.)

Kelas Arachnida dibagi menjadi 3 ordo, yaitu Scorpionida (kalajengking), Araneida (laba-laba), dan Acarina (kutu tungau atau caplak). **Scorpionida** merupakan anggota Arthropoda darat yang paling tua. Memiliki **pedipalpus** yang berbentuk seperti catut yang besar, memiliki chelisera yang kecil, serta mempunyai sengat. Contohnya adalah *Scorpio* sp. (Gambar 8.33). **Araneida** merupakan anggota Arthropoda yang mampu membentuk sarang (jaring) dengan benang-benang sutera karena mempunyai spinneret. **Spinneret** merupakan organ yang terdapat di depan anus. Araneida juga memiliki karapakas dibagian anterior. Contohnya adalah *Argyope* sp. (Gambar 8.34). Sedangkan Acarina merupakan anggota Arthropoda yang ukuran tubuhnya kecil dan tidak bersegmen-segmen, serta abdomennya bersatu dengan cephalothoraks. Contoh Acarina adalah caplak (*Dermacentor* sp.) (Gambar 8.35)



50,000 Photo Art

Gambar 8.34 Laba-laba (*Argyope* sp.)



Parker, Hewan Liar, 2005, hlm. 30

Gambar 8.35 Caplak (*Dermacentor* sp.)

d. Kelas Insecta

Insecta mempunyai merupakan anggota Filum Arthropoda yang mempunyai 3 pasang kaki, sehingga disebut juga **heksapoda**. Dalam

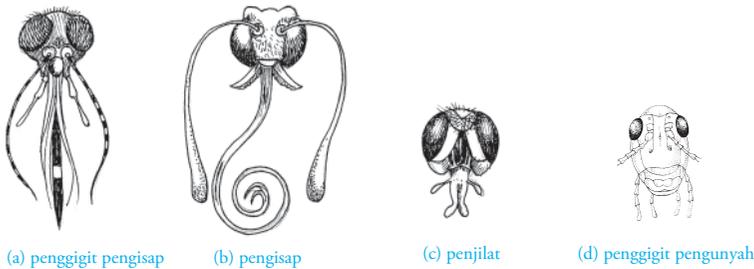
kehidupan sehari-hari kita menyebutnya sebagai **serangga**. Kelas Insecta merupakan kelas dengan keanekaragaman tertinggi di antara kelas-kelas yang lain. Penyebaran Insecta sangat luas, dari perairan hingga puncak gunung, dari khatulistiwa hingga ke kutub. Kemelimpahannya juga cukup besar. Di dunia ini sedikitnya ditemukan 750.000 jenis yang dikelompokkan ke dalam 100 suku dan 26 ordo. Cabang ilmu biologi yang khusus mempelajari hewan-hewan anggota kelas ini adalah **Entomologi**.

Kelas Insecta dibagi menjadi 2 subkelas, yaitu **Subkelas Apterygota** dan **Subkelas Pterygota**. Dasar pembagian ini adalah ada tidaknya sayap. Subkelas Apterygota merupakan serangga yang tidak bersayap, terdiri atas 4 ordo yaitu Protura, Diplura, Collembola, Thysanura. Ordo-ordo tersebut merupakan kelompok serangga yang tidak mengalami metamorfosis (**Ametabola**), contohnya adalah kutu buku (*Lepisma* sp.). Perhatikan Gambar 8.36. Sedangkan **Subkelas Pterygota** merupakan kelompok Insecta yang memiliki sayap. Kelompok bersayap ini bisa dibagi-bagi lagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan sifat-sifat tertentu.



insecta.tamu.edu/lepisma

Gambar 8.36 Kutu buku (*Lepisma* sp.)



(a) penggigit pengisap

(b) pengisap

(c) penjilat

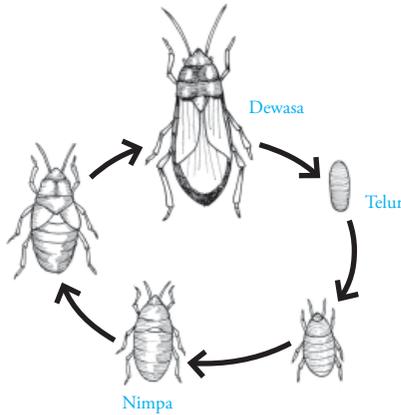
(d) penggigit pengunyah

Gambar 8.37 Tipe-tipe mulut anggota Subkelas Pterygota

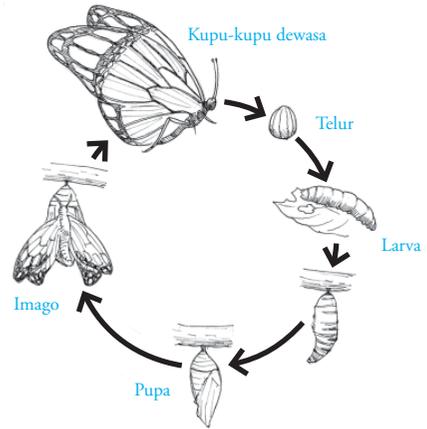
Berdasarkan tipe mulutnya, anggota Pterygota terbagi menjadi beberapa tipe (Gambar 8.37). Tipe mulut penjilat dijumpai pada Ordo Diptera, misalnya lalat (*Musca* sp.). Tipe mulut pengisap dijumpai pada Ordo Lepidoptera, misalnya *Attacus* sp. Tipe mulut penggigit-pengisap dijumpai pada Ordo Hymenoptera, misalnya lebah madu (*Apis mellifera*). Adapun tipe mulut penggigit-pengunyah dijumpai pada Ordo Orthoptera, misalnya belalang (*Valanga* sp.). Tipe-tipe mulut tersebut merupakan penyesuaian dengan fungsinya, yaitu berkaitan dengan jenis makanan yang mereka makan.

Berdasarkan proses metamorfosisnya, Pterygota dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu hemimetabola dan holometabola. **Hemimetabola** merupakan kelompok serangga bersayap yang mengalami metamorfosis tidak sempurna. Kelompok ini disusun oleh 14 ordo, di antaranya adalah Orthoptera, Hemiptera, dan Homoptera. Contoh jenisnya adalah belalang (*Valanga* sp.), capung merah (*Crocotermis* sp.), walang sangit (*Leptocoriza* sp.), dan tonggeret (*Dundubia mannifera*). Sedangkan Holometabola merupakan kelompok serangga bersayap yang mengalami metamorfosis sempurna. Kelompok ini disusun oleh 9 ordo,

seperti ordo Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, dan Hymeroptera. Contoh jenisnya adalah undur-undur (*Myrmeleon frontalis*), kunan-kunang (*Photinus sp.*), kupu-kupu jeruk (*Papilio memmon*), dan lalat rumah (*Musca domestica*). Perbedaan proses metamorfosis sempurna dan tidak sempurna dapat kalian lihat pada Gambar 8.38-8.39.



Gambar 8.38 Proses metamorfosis tidak sempurna pada Ordo Hemiptera



Gambar 8.39 Proses metamorfosis sempurna pada Ordo Lepidoptera

8. Filum Echinodermata

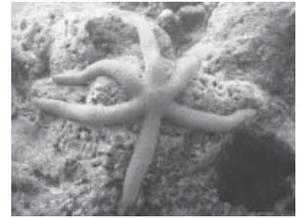
Kata Echinodermata berasal dari bahasa Latin *echinus* (duri) dan *derma* (kulit). Jadi, Echinodermata merupakan sekelompok hewan yang tubuhnya diselubungi oleh kulit yang berduri. Tubuh Echinodermata tidak memiliki segmen-segmen, umumnya simetri radial dan bilateral, sel kelamin terpisah. Kulit tubuh berdiri dan tersusun atas lempeng-lempeng zat kapur. Biasanya berukuran besar dengan bentuk badan memipih dan seperti bintang, *globuler* (bulat seperti bola), memanjang dengan permukaan oral dan aboral yang nyata. Warna tubuhnya berkilauan dan transparan. Terdapat kaki tabung atau podia yang merupakan alat tambahan pada **sistem ambulakral**. Semua anggotanya hidup di laut, mulai di daerah intertidal sampai kedalaman beberapa ribu meter. Sebagian bergerak aktif akan tetapi ada juga yang menetap seperti tumbuhan dan membentuk koloni.

Filum Echinodermata terbagi menjadi 5 kelas yaitu Asterozoa, Echinozoa, Ophiurozoa, Holothurozoa, dan Crinozoa. Untuk lebih jelasnya simak uraian berikut ini.

a. Kelas Asterozoa

Asterozoa berasal kata Yunani *aster* (bintang) dan *eiodes* (bentuk), sehingga kelompok ini sering disebut sebagai **bintang laut**. Kelas ini memiliki tubuh pipih berbentuk seperti bintang atau pentagonal, terdiri atas lima lengan atau lebih yang tersusun simetri radial. Pada ujung-ujung lengan terdapat alat sensor yang bentuknya menyerupai tentakel dengan

bintik mata pada ujungnya mengandung pigmen merah yang peka terhadap cahaya. Lekukan ambulakral membuka, berisi kaki tabung yang biasanya dilengkapi dengan *sucker* (batil penghisap). Permukaan tubuh bagian atas (aboral) ditutupi diri-diri tumpul berbentuk catut (pediselaria). Contoh anggota kelas ini adalah bintang laut biru (*Linckia* sp.), *Astropecten diplicatus*, *Archaster* sp., bintang laut merah (*Asterias* sp.), dan *Culcita* sp. Perhatikan gambar 8.40 dan 8.41.



www.terangi.or.id

Gambar 8.40 Bintang laut biru (*Linckia* sp.)

b. Kelas Echinoidea

Echinoidea disebut juga **landak laut**, berasal dari kata *echinos* (landak) dan *eidos*. Tubuhnya berbentuk *globuler*, bulat (oval), tidak memiliki lengan. Duri-duri tubuh panjang, digerakkan oleh otot dan berfungsi untuk berjalan. Lekukan ambulakral tertutup dan kaki tabung dilengkapi dengan sukers, mempunyai tiga **pediselaria** seperti rahang, mulut terletak di tengah dan dikelilingi oleh selaput peristoma. Ciri khas hewan ini adalah terdapat banyak pediselaria di seluruh permukaan tubuh, berupa duri-duri seperti batang yang panjang. Hewan ini mempunyai kerangka yang tersusun atas lempengan-lempengan kapur, membentuk cangkang yang kaku berbentuk seperti kotak. Contoh anggota kelas ini adalah landak laut (*Echinus* sp.), bulu babi (*Diadema* sp.), dan dolar pasir (*Echinarachinus* sp.). Perhatikan Gambar 8.42 dan 8.43.



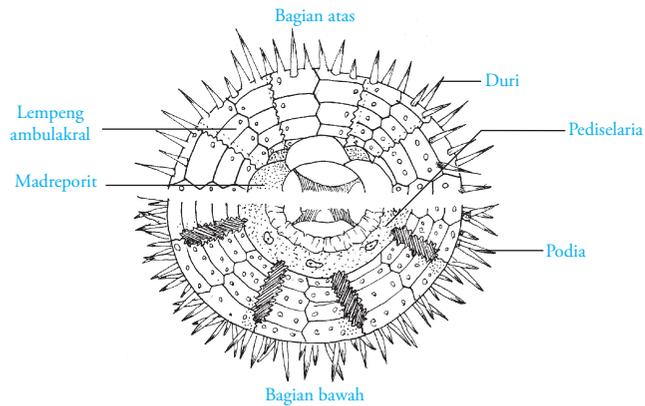
www.edge-of-reef.com

Gambar 8.41 *Culcita* sp.



Laren, et. al., Health Biologs, 1985, hlm. 409

Gambar 8.42 Landak laut (*Echinus* sp.)



Gambar 8.43 Struktur tubuh *Echinus* sp.

c. Kelas Ophiuroidea

Ophiuroidea disebut juga **bintang ular**, berasal dari kata *ophis* (ular), *oura* (ekor) dan *eidos* (bentuk). Tubuhnya memipih, seperti bintang atau pentamerous dengan lengan yang ramping, fleksibel. Tidak mempunyai kaki ambulakral dan anus, sehingga sisa makanan dikeluarkan lewat mulut. Lekukan ambulakral tertutup dan kaki tabung tanpa *sucker*. Madreporit tertapat pada permukaan oral, tidak mempunyai pediselaria. Contoh anggota kelas ini adalah *Gorgonocephalus* sp., *Ophiopolis* sp., dan *Opiotrix fragilis*. Gambar 8.44 adalah *Ophiopolis* sp., yang banyak dijumpai pada zona litoral yang berkarang.



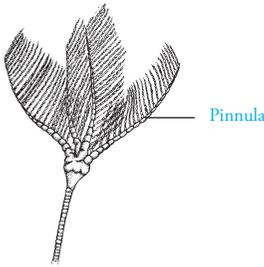
www.seawater.no

Gambar 8.44 Bintang ular (*Ophiopolis* sp.)

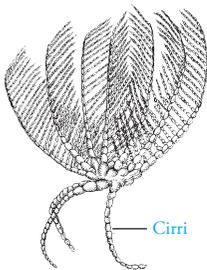


Gambar 8.45 *Holothuria* sp.

www.filmah.uff.edu



Gambar 8.46 *Ptilocrinus pinnatus*



Gambar 8.47 *Antedon* sp.

d. Kelas Holothuroidea

Holothuroidea dikenal juga dengan sebutan **ketimun laut**, berasal dari kata *holothurion* (ketimun laut) dan *eidos* (bentuk). Tubuhnya memanjang dalam sumbu oral seperti cacing, simetri bilateral, mulut dan anus terletak pada kedua ujung yang berlawanan. Hewan ini tidak mempunyai lengan dan duri juga mereduksi menjadi **spikula**. Kulitnya lunak dan tipis tanpa spina (duri) atau pediselaria. Hewan ini memiliki kaki tabung. Contoh anggota kelas ini adalah *Cucumaria* sp., *Elapidia* sp., dan teripang (*Holothuria* sp.). Perhatikan Gambar 8.45.

e. Kelas Crinoidea

Crinoidea memiliki tubuh yang menyerupai tumbuhan, sehingga sering disebut sebagai **lilia laut**. Hidup pada karang atau pada tumbuhan laut. Hewan ini memiliki lengan yang panjang menyerupai daun, berjumlah lima atau kelipatannya, disebut **pinnula**. Panjang pinnula bisa mencapai 80-200 cm. Beberapa jenis memiliki tangkai yang berasal dari daerah aboral, berfungsi melekatkan diri pada substrat. Mulutnya terletak di daerah oral, mengarah ke atas dan dikelilingi oleh tentakel-tentakel halus yang disebut **cirri**. Amburakral terdapat di permukaan oralnya. Contoh jenis dari kelas ini adalah *Holopus* sp. (lilia laut tidak bertangkai), *Ptilocrinus pinnatus* (lilia laut bertangkai), *Metaricanus intereptus* (lilia laut tidak bertangkai), dan *Antedon* sp. (lilia laut tidak bertangkai). Perhatikan gambar 8.46 dan 8.47.

Nah, sekarang kalian telah memiliki pengetahuan tentang hewan-hewan tidak bertulang belakang atau invertebrata. Pada pembahasan selanjutnya, kalian akan mempelajari hewan-hewan yang memiliki tulang belakang atau vertebrata. Namun sebelumnya kerjakan dulu *Uji Kompetensi* berikut.

UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Jelaskan pengertian dan ciri-ciri Animalia.
2. Apa yang disebut dengan invertebrata? Sebutkan 9 filum yang termasuk invertebrata.
3. Sebutkan ciri-ciri setiap filum anggota invertebrata dan berikan contoh jenisnya.
4. Di antara berbagai filum hewan-hewan tidak bertulang belakang, manakah yang memiliki keanekaragaman yang tertinggi? Jelaskan.
5. Buatlah sketsa tubuh salah satu jenis hewan invertebrata. Tuliskan keterangan masing-masing bagiannya.

Meskipun keanekaragaman jenisnya relatif lebih rendah dibandingkan invertebrata, hewan-hewan vertebrata secara ekologis memiliki peran yang sangat penting karena ukuran tubuhnya yang relatif besar. Selain itu, kelompok hewan vertebrata banyak yang dimanfaatkan manusia untuk berbagai keperluan, sehingga berbagai aspek tentang kelompok hewan ini telah banyak dipelajari oleh manusia.

C. Vertebrata

Vertebrata merupakan kelompok hewan bertulang belakang. Berbeda dengan kata “invertebrata” yang bukan merupakan kategori takson, kata “vertebrata” merupakan salah satu kategori takson di dalam Filum Chordata, yaitu sebagai **subfilum**. Ciri khas Filum Chordata adalah memiliki **notochorda** (*noto*: punggung dan *chord*: batang tali) atau **corda dorsalis** yang merupakan penyokong tubuhnya. Chordata terbagi menjadi 3 subfilum, yaitu Cephalochordata (notochorda hanya di bagian kepala saja), Urochordata atau Tunicata (notochorda hanya dalam ekor atau pada larvanya) dan Vertebrata (notochorda membentuk aksis tubuh). Pada pembahasan ini kita akan membicarakan hewan-hewan anggota Subfilum Vertebrata.

Subfilum Vertebrata adalah kelompok hewan yang memiliki tulang belakang dari dalam tubuhnya yang terbuat dari bahan tulang rawan atau tulang sejati. Chorda dorsalis membentuk aksis tubuhnya dan membentuk *vertebrae* yang tersusun *overlapping* antara satu dengan yang lainnya, sistem syaraf dorsal membentuk saluran, otak kompleks, berdarah merah, dan memiliki 2 pasang alat gerak. Beberapa kelas di dalam Filum Chordata yang akan kita bicarakan adalah Kelas Pisces, Kelas Amphibia, Kelas Reptilia, Kelas Aves, dan Kelas Mammalia. Berikut paparannya.

1. Kelas Pisces

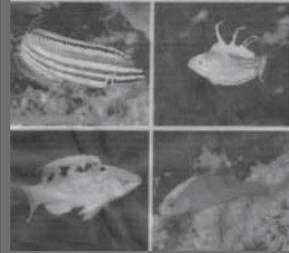
Kelas Pisces ini merupakan kelompok ikan, yaitu hewan-hewan yang hidup di perairan baik di sungai maupun di laut. Tubuh ikan dilengkapi dengan sirip-sirip yang membantu mereka berenang dan menjaga keseimbangan tubuh. Sirip ikan dibedakan atas sirip punggung, sirip dada, sirip perut, sirip anal, sirip ekor. Ikan mempunyai gurat sisi yang berfungsi untuk mengetahui tekanan air. Tubuh ikan ditutupi oleh sisik yang licin dan berlendir, sehingga dapat bergerak dengan cepat di dalam air.

Kelas Pisces dapat dibedakan menjadi dua, yaitu kelompok ikan bertulang rawan (**Subkelas Chondrichthyes**) dan kelompok ikan bertulang sejati (**Subkelas Osteichthyes**). Contoh ikan bertulang rawan adalah hiu (*Galeocerca* sp.) dan Ikan pari (*Dasyatis* sp.), sedangkan contoh ikan bertulang sejati adalah lele (*Clarias batrachus*) dan bandeng (*Chanos chanos*). Perhatikan gambar 8.48 dan 8.49. Ikan berkembangbiak dengan telur (ovivar), ada yang melalui fertilisasi internal dan beberapa ada yang melalui fertilisasi eksternal.

Untuk memperdalam pengetahuan kalian tentang ciri-ciri ikan, kerjakan rubrik *Telisik* berikut.

GALERI

Jenis-jenis Ikan Baru Ditemukan di Perairan Papua

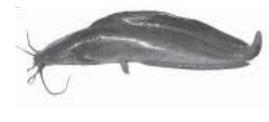


Indonesia adalah negara yang kaya akan keanekaragaman hayati, termasuk di antaranya adalah berbagai jenis hewan yang khas. Beberapa waktu yang lalu para ilmuwan Indonesia yang melakukan penelitian di perairan Papua menemukan 50 jenis biota laut baru, beberapa di antaranya adalah anggota Kelas Pisces (ikan). Beberapa jenis ikan tersebut adalah *Meiacantus* sp., *Paracheilinus walton*, *Cirrhitilabrus cenderawasih*, dan *Pseudochromis* sp.

Kedaulatan Rakyat, 19 September 2006



Gambar 8.48 Hiu (*Galeocerca* sp.)



Gambar 8.49 Lele (*Clarias batrachus*)

Ikan memiliki struktur tubuh yang terdiri atas sirip (sirip punggung, sirip dada, sirip perut, sirip anal, sirip ekor), gurat sisi, dan juga berbagai jenis sisik. Carilah referensi tentang struktur tubuh ikan yang mencakup bagian-bagian tubuh ikan secara umum dan berbagai tipe sisik pada ikan. Susunlah informasi tersebut dalam bentuk sketsa beserta keterangannya, kemudian presentasikan di depan kelas.

2. Kelas Amphibia

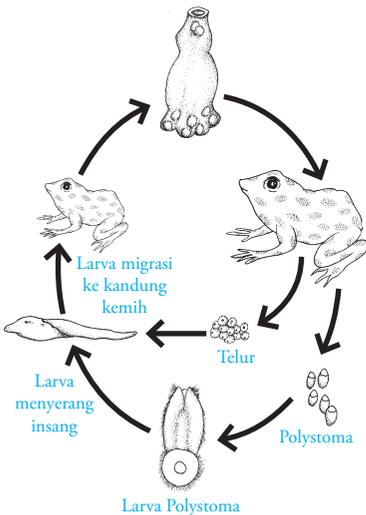
Amphibia berasal dari kata *amphi* (rangkap) dan *bios* (kehidupan). Karena itu Amphibia berarti hewan yang mempunyai dua bentuk kehidupan atau hidup di dua alam. Contoh anggota kelas ini adalah kodok bangkong (*Bufo* sp.) dan katak hijau (*Rana* sp.). Perhatikan gambar 8.50 dan 8.51.



Gambar 8.50 Kodok bangkong (*Bufo* sp.)



Gambar 8.51 Katak hijau (*Rana* sp.)



Gambar 8.52 Metamorfosis *Rana* sp.

Hewan ini merupakan hewan peralihan dari kehidupan air ke kehidupan darat. Pada saat larva waktu hidupnya di air dan bernapas dengan insang, sedangkan pada waktu dewasa hidup di darat dan bernapas dengan paru-paru. Seperti halnya ikan, amphibia merupakan hewan berdarah dingin. Tubuh Amphibia dibedakan atas kepala, badan, dan anggota gerak, tidak punya leher. Anggota gerak amphibi pada dasarnya adalah **pentadactylus** dan tidak memiliki kuku atau cakar. Kulit amphibi memiliki kelenjar mukosa atau kelenjar racun (berbintil-bintil), misalnya pada beberapa jenis katak. Dalam kehidupannya, Amphibia mengalami **metamorfosis sempurna**. Perhatikan Gambar 8.52.

3. Kelas Reptilia

Reptilia berarti hewan melata, berasal dari kata latin *reptum* (melata). Tubuh reptilia terdiri atas kepala, badan, ekor dan 2 pasang alat pergerakan. Kelas ini merupakan kelas pertama dari Superkelas Tertrapoda yang seluruh tubuhnya teradaptasi untuk kehidupan terestrial penuh, termasuk dijumpai adanya selaput embrio dan kulit yang tahan terhadap kekeringan. Sebagian besar anggota reptilia kini telah punah, namun jenis-jenis yang masih ada masih tetap merupakan fauna yang penting walaupun poplasiya relatif kecil. Perkembangbiakannya dengan telur (*ovipar*) dan ada juga yang bertelur langsung menetas (*ovovivipar*), umumnya hidup di darat dan beberapa ada yang hidup di air.

Kelas Reptilia dibedakan menjadi 4 ordo, yaitu Ordo Chelonia (misalnya penyu dan kura-kura), Ordo Rhynchocephalia (hanya memiliki 1 jenis yang masih hidup, yaitu tuatara (*Sphenodon punctatum*), Ordo Squamata (misalnya ular dan kadal), dan Ordo Crocodilia (misalnya buaya). Dasar klasifikasi ini adalah ada tidaknya lubang temporal pada tulang tengkoraknya. Ordo Chelonia merupakan subkelas Anasipda, berarti tidak ada lubang pada tulang yang menjadi bagian atas dari daerah temporal. Sedangkan ordo Rynchocephala dan Ordo Squamata termasuk Subkelas Lepidosauria. Pada tengkoraknya terdapat dua lubang pada tulang-tulang yang menjadi atapnya di daerah temporal (jika tidak ada perubahan sekunder, lubang-lubang di antara tulang langit-langit dan gigi selalu berada pada atap rongga mulut dan pada tepi rahang). Sedangkan Ordo Crocodilia merupakan anggota Subkelas Archosaurus. Tengkoraknya dengan dua lubang temporal selalu berlipat pada pelat tulang yang terbuka. Sering terdapat lubang-lubang pada tengkorak Crocodilia, yaitu di depan mata dan pada pinggiran rahang bawah, sedangkan gigi semuanya marginal. Contoh masing-masing ordo dapat kalian lihat pada Gambar 8.53-8.56.



Gambar 8.53 penyu hijau (*Chelonia mydas*)



Gambar 8.54 Tuatara (*Sphenodon punctatum*)



Gambar 8.55 Komodo (*Varanus komodoensis*)



Gambar 8.56 Buaya air tawar Irian (*Crocodilus novaeguinae*)

Berikut ini adalah rubrik *Telisik* yang dapat kalian kerjakan untuk memperdalam pengetahuan tentang Kelas Reptilia.

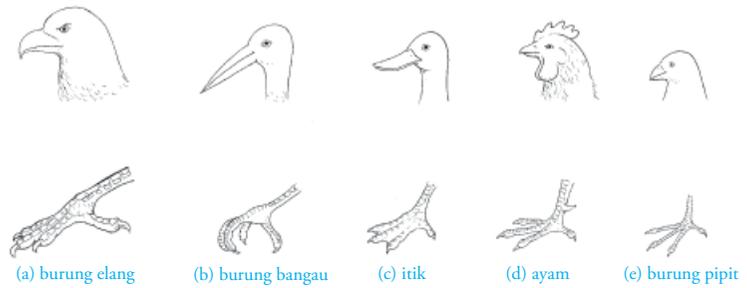
TELISIK

Gambar 8.53-8.56 menunjukkan contoh jenis hewan anggota masing-masing ordo di dalam Kelas Reptilia, yaitu Ordo Chelonia, Ordo Rhynchocephalia, Ordo Squamata, dan Ordo Crocodilia. Berdasarkan gambar tersebut dan dukungan referensi lain, cobalah bedakan ciri-ciri utama masing-masing ordo tersebut. Tulislah dengan bahasa kalian sendiri.

4. Kelas Aves _____

Dalam kehidupan sehari-hari, Aves kita kenal sebagai kelompok burung. Secara umum tubuhnya terdiri atas kepala, leher, badan, dan ekor. Tubuhnya ditutupi oleh bulu, lengan depannya mengalami modifikasi sebagai sayap yang umumnya digunakan untuk terbang. Alat gerak belakang digunakan untuk berjalan, bertengger, atau berenang, dan umumnya dilengkapi dengan 4 jari. Mulut Aves meluas sebagai paruh dan tidak bergigi. Burung mempunyai berbagai bentuk paruh

berdasarkan makanannya, begitu pula dengan berbagai macam kaki yang juga menyesuaikan dengan habitatnya. Perhatikan Gambar 8.57.



Gambar 8.57 Berbagai bentuk paruh dan kaki pada burung

Aves dibedakan menjadi 2 subkelas, yaitu Subkelas Archaeornithes dan Subkelas Neornithes. **Archaeornithes** merupakan burung purba dan saat ini telah punah. Pada paruhnya terdapat gigi-gigi, ekornya masih bertulang, serta sayapnya masih bercakar. Misalnya adalah *Archaeopteryx* sp. Sedangkan **Neornithes** merupakan kelompok burung sejati. Tulang metacarpalia bersatu membentuk **carpometacarpus**, jari kaki keduanya merupakan jari terpanjang, memiliki 13 **vertebrae caudal** atau kurang, tulang dada (sternum) dengan atau tanpa **carina**, dan ekornya berbulu serta berukuran pendek.

Neornithes merupakan kelompok burung modern yang sering kita temukan saat ini. Kelompok ini terdiri atas berbagai ordo. Ada yang merupakan burung pelari yang cepat, misalnya burung unta (*Struthio camelus*), burung terestial yang tidak dapat terbang, misalnya kiwi (*Apteryx* sp.), burung perenang di Antartika, penguin (*Aptenodytes* sp.), dan kelompok burung penyanyi, misalnya burung gelatik (*Padda oryzivora*), serta kelompok-kelompok yang lain. Perhatikan Gambar 8.58-8.60.



Gambar 8.58 Burung unta (*Struthio camelus*)



Gambar 8.59 Penguin (*Aptenodytes* sp.)



Gambar 8.60 Burung gelatik (*Padda oryzivora*)

5. Kelas Mammalia

Ciri utama mammalia adalah mempunyai kelenjar susu (*glandula mammae*) yang berguna untuk menyusui anaknya yang baru lahir. Tubuh mammalia umumnya ditutupi rambut, kulitnya dilengkapi dengan berbagai kelenjar, dan rahang umumnya dilengkapi dengan gigi. Mammalia memiliki tungkai yang beradaptasi untuk berjalan,

memanjat, menggali, berenang, terbang. Jarinya dilengkapi cakar, kuku atau teracak. Ciri-ciri tersebut menunjukkan bahwa Mammalia merupakan kelas yang paling maju di antara kelas-kelas yang lain. Kelas ini dibagi menjadi 28 ordo, dan beberapa ordo telah punah.

Mammalia umumnya berkembangbiak dengan beranak atau melahirkan (*vivipar*). **Ordo Monotremata** merupakan satu-satunya Mammalia yang bertelur (*ovipar*). Contoh yang terkenal adalah *Platypus* sp. dari Australia, hidupnya di sungai. Sedangkan contoh dari Indonesia adalah nokdiak atau landak irian (*Zaglossus bruijni*). Perhatikan Gambar 8.61.

Kelas Mammalia juga memiliki kelompok hewan yang berkantung, yaitu **Ordo Marsupialia**. Kantung (*marsupium*) ini umumnya dijumpai pada hewan betina di bagian ventral tubuh atau lipatan marsupial di sekeliling puting susu pada abdomen. Umumnya Marsupialia tidak memiliki plasenta, telurnya dibuahi secara internal, dan mulai berkembang dalam uterus. Selanjutnya anak-anaknya akan dilahirkan dalam keadaan prematur yang kemudian merambat ke kantung marsupium. Kantung tersebut merupakan tempat yang sangat dekat dengan puting susu induknya. Contoh hewan ini adalah kanguru yang hidup di Australia (*Macropus* sp.) dan contoh yang hidup di Indonesia adalah tikus berkantung ekor panjang (*Muretia longicauda*) dan tikur berkantung ekor hitam (*Abthechinus melanurus*).

Ordo Chiroptera merupakan kelompok Mammalia yang dapat terbang. Dalam kehidupan sehari-hari kita mengenalnya sebagai kelelawar. Kelelawar adalah mamal terbang, berukuran kecil, dengan lengan depan dan jari ke-2 dan ke-5 sangat panjang, disokong dengan lapisan membran kulit integumental atau bisa disebut 'sayap', yang juga menyelingkupi tungkai belakang. Pada beberapa jenis, bahkan ada yang sampai menyelingkupi ekornya. Ordo ini dibagi lagi menjadi 2 sub-ordo, yaitu **Megachiroptera** dan **Microchiroptera**. Contoh anggota Megachiroptera di Indonesia adalah kalong (*Pteropus vampyrus*) dan cecudu pisang (*Macroglossus maximus*). Sedangkan yang merupakan contoh Microchiroptera yang ada di Indonesia adalah kelelawar coklat (*Myotis* spp.) dan kelelawar ekor bebas (*Tadarida* spp.) yang merupakan pemakan serangga yang terbang. Perhatikan Gambar 8.62.

Ordo yang lain adalah **Carnivora**, merupakan mammalia pemakan daging. Kelompok ini terdiri atas hewan-hewan yang berukuran kecil sampai besar. Jari kaki mereka umumnya 5 atau paling sedikit 4 yang semuanya bercakar. Carnivora memiliki gigi taring. Contohnya adalah anjing peliharaan (*Canis* sp.), beruang madu (*Helarcos malayanus*), dan harimau (*Felis tigris*). Perhatikan Gambar 8.63.

Ordo **Primata** merupakan mammalia yang matanya stereoskopik menghadap ke depan. Contoh yang mudah kita temui di Indonesia adalah kera ekor panjang (*Macaca fascicularis*) dan orang utan (*Pongo pygmeus*). Orang utan merupakan Primata yang hanya



Gambar 8.61 Landak irian (*Zaglossus bruijni*)



Gambar 8.62 Cecudu pisang (*Macroglossus maximus*)



Gambar 8.63 Harimau (*Felis tigris*)



15,000 Educational Images

Gambar 8.64 Orang utan
(*Pongo pygmeus*)



www.hambudambudating.com

Gambar 8.65 Terumbu karang

bisa ditemui di hutan Kalimantan dan hutan Sumatera, dan sangat ini terancam punah akibat perburuan, pembalakan liar, dan kebakaran hutan. Perhatikan Gambar 8.64.

Setelah mengikuti uraian tentang hewan-hewan baik kelompok avertebrata maupun vertebrata, tentu kalian bertanya-tanya, apa peranan kelompok hewan tersebut dalam kehidupan. Hal tersebut akan kita pelajari dalam subbab berikutnya.

D. Peranan Animalia dalam Kehidupan

Berbagai jenis hewan ada yang menguntungkan bagi manusia. Di alam, anggota Porifera berperan penting sebagai penyusun biodiversitas di dasar samudera. Anggota filum ini juga mampu bersimbiosis dengan bakteri dan menghasilkan “*bioaktif*”. Bioaktif ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku obat, misalnya sebagai obat anti kanker. Filum Cnidaria juga memiliki peran penting dalam ekosistem laut. Hewan-hewan tersebut membentuk lingkungan terumbu karang (*coral reef*) yang berfungsi sebagai pelindung pantai, tempat hidup berbagai anggota Avertebrata lain, tempat berlindung dan tempat mencari makan bagi ikan, tempat bertelurnya berbagai jenis biota laut, serta tempat pemijahan ikan dan udang secara alami. Karang-karang yang berwarna-warni juga sangat indah dan menarik untuk wisata alam, khususnya bagi orang-orang yang senang bertualang di dalam laut. Perhatikan Gambar 8.65. *Jelly fish* atau ubur-ubur merupakan hewan yang dapat dikonsumsi sebagai sumber protein, karena memiliki kandungan protein yang tinggi.

Annelida juga merupakan hewan yang menguntungkan bagi kehidupan. Beberapa jenis Annelida dapat dimakan dan merupakan sumber protein hewani, misalnya cacing palolo dan cacing wawo. Jenis lain adalah cacing tanah, yang juga menguntungkan karena membantu menguraikan sampah dan menggemburkan tanah sehingga tanah menjadi subur. Filum Mollusca juga memiliki peran yang menguntungkan. Cumi-cumi, siput, tiram, kerang, dan sotong adalah sumber protein hewani yang cukup tinggi. Mutiara, yaitu permata yang dihasilkan sejenis kerang *Pecten* sp. merupakan komoditas ekspor nonmigas yang cukup penting. Sekarang mutiara banyak dibudidayakan dengan hasil berupa mutiara bulat atau setengah bulat (mutiara blister). Contoh lain adalah bekicot (*Achatina fulica*) dan siput telanjang (*Vaginula* sp.) yang banyak diekspor karena merupakan komoditi makanan yang mengandung protein tinggi.

Filum Echinodermata dapat berperan langsung bagi kehidupan manusia sebagai sumber nutrisi dan diyakini dapat menyembuhkan berbagai penyakit. Misalnya, teripang dan telur landak laut dapat dimanfaatkan sebagai sumber makanan. Teripang juga menjaga keseimbangan ekosistem laut sebagai **detritivor** dalam ekosistem laut. Filum Arthropoda juga menguntungkan bagi kehidupan. Anggota Crustacea seperti udang, kepiting, dan rajungan merupakan sumber

makanan yang berprotein tinggi bagi manusia. Anggota Crustacea yang berupa **zooplankton** merupakan salah satu bagian penting dalam mata rantai makanan bagi ekosistem perairan. Beberapa jenis lebah dan kupu-kupu membantu penyerbukan dan juga beberapa ada yang menghasilkan madu. Ada pula jenis lain yang merupakan model penelitian di bidang genetika, yaitu lalat buah (*Drosophila melanogaster*). Perhatikan Gambar 8.66.

Serangga dapat pula dimanfaatkan bagi kepentingan manusia. Salah satu pemanfaatan serangga adalah sebagai sumber makanan. Di berbagai wilayah di dunia, seperti di Afrika, Australia, Amerika Latin, dan Asia, serangga telah lama dikonsumsi sebagai makanan tradisional. Pada masa kini, beberapa jenis serangga telah menjadi menu makanan istimewa bagi kalangan terpendang di Thailand, Jepang, dan Meksiko. Diperkirakan terdapat sekitar 500 jenis serangga yang dimanfaatkan sebagai bahan makanan. Jenis serangga yang banyak dikonsumsi antara lain belalang, laron, jangkrik, lebah, semut, rayap dan beberapa serangga air dan berbagai jenis ulat.

Anggota Chordata juga banyak memberikan manfaat bagi manusia. Banyak jenis merupakan sumber protein, seperti ayam, itik, ikan, kambing, sapi dan sebagainya. Beberapa jenis yang lain menjadi sumber bahan sandang, seperti domba yang menghasilkan wol dan sapi penghasil kulit samakan. Dalam bidang kesehatan, minyak ular, minyak penyu, dan sirip ikan hiu dapat diolah menjadi obat-obatan.

Selain menguntungkan, sebagian hewan juga bisa merugikan kehidupan manusia. Nematelminthes yang hidup parasit dapat menyebabkan penyakit pada vertebrata yang menjadi hospesnya, termasuk manusia. Golongan ini menimbulkan bermacam-macam penyakit seperti penyakit kaki gajah (Elephantiasis) dan cacingan pada anak yang disebabkan oleh cacing *Ascaris lumbricoides*. Beberapa anggota Platyhelminthes juga merugikan tubuh vertebrata seperti cacing pita dan cacing hati. Mollusca juga mempunyai beberapa jenis yang merugikan, misalnya *Tredo navalis* yang merupakan kerang-kerang yang hidup pada bangunan kapal. Contoh lain adalah *Lymnea javanica* yang menjadi inang perantara cacing *Fasciola hepatica*. Beberapa jenis yang lain juga merupakan perusak tanaman, seperti bekicot dan siput telanjang. Sedangkan anggota Filum Arthropoda yang merugikan bagi kehidupan misalnya adalah Isopoda karena menggerek kayu, dan kutu ikan (*Argulus indicus*) karena menimbulkan penyakit pada ikan piaraan. Acarina juga merupakan Arthropoda yang sangat merugikan karena menyebabkan penyakit pada manusia, ternak, dan tanaman budidaya. Jenis lainnya yang merugikan adalah *Bactrocera* sp., yaitu sejenis lalat buah yang sangat merusak.

Nah, untuk menguji pemahaman kalian mengenai hewan Vertebrata serta peranan Animalia dalam kehidupan, kerjakanlah *Uji Kompetensi* berikut.



(a) betina



(b) jantan

Gambar 8.66 Lalat buah (*Drosophila melanogaster*)



Microsoft/Encarta Premium 2006



Dok. PIM

Gambar 8.67 Hewan sumber protein

UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Vertebrata merupakan kelompok hewan yang bertulang belakang. Di dalam taksonomi, apakah Vertebrata termasuk dalam kategori takson? Jelaskan.
2. Jelaskan ciri-ciri Filum Chordata.
3. Sebutkan ciri-ciri 5 kelas yang ada di dalam Filum Chordata.
4. Sebutkan 5 contoh jenis hewan bertulang belakang yang kalian ketahui. Termasuk kelas manakah hewan-hewan tersebut?
5. Jelaskan peranan Animalia dalam kehidupan.

I K H T I S A R

1. Porifera berarti hewan berpori yang hidup di air laut dan air tawar. Filum Porifera terbagi menjadi 3 kelas, yaitu Kelas Calcarea, Hexactinellida, Desmospongia.
2. Cnidaria disebut juga Coelenterata karena mempunyai rongga besar di tengah-tengah tubuh. Cnidaria mempunyai sel-sel penyengat pada bagian epidermis. Mempunyai dua bentuk tubuh dalam hidupnya, yaitu polip dan medusa. Filum Cnidaria terbagi menjadi tiga kelas yaitu Kelas Hydrozoa, Scyphozoa, Anthozoa.
3. Platyhelminthes disebut juga cacing pipih, bertubuh lunak dan berbentuk seperti pita atau daun, biasanya merugikan karena menjadi parasit pada Vertebrata. Filum Platyhelminthes terbagi menjadi tiga kelas yaitu Kelas Turbellaria, Trematoda, Cestoda.
4. Nematelminthes berarti cacing benang atau cacing tambang karena tubuh tidak beruas-ruas dan sel pencernaan sudah berkembang sempurna. Habitat cacing ini di air, tanah dan parasit pada vertebrata. Filum Nematelminthes terbagi menjadi dua kelas, yaitu Kelas Nematoda dan Nematomorpha.
5. Annelida berarti cacing cincin atau gelang, karena tubuhnya bersegmen seolah seperti sederetan cincin memanjang. Annelida bermanfaat bagi kehidupan manusia seperti penyubur tanah, sebagai sumber makanan, berperan dalam bidang medis dengan zat hirudin dan lain-lain. Filum Annelida terbagi menjadi tiga kelas, yaitu Kelas Oligochaeta, Polychaeta, Hirudinea.
6. Mollusca berarti hewan bertubuh lunak, berbentuk bulat simetris dan tidak bersegmen. Habitatnya di air laut, air tawar, dan darat. Sebagian besar jenis Mollusca mempunyai cangkang (mantel), tetapi ada yang tidak punya mantel seperti guruta. Filum Mollusca terbagi menjadi 5 kelas, yaitu Kelas Amphineura, Gastropoda, Scaphopoda, Pelecypoda, dan Cephalopoda.
7. Echinodermata berarti hewan berduri, merupakan hewan yang tidak memiliki segmen, kulitnya berduri dan tersusun atas lempeng-lempeng zat kapur. Sebagian besar anggota Echinodermata dapat bergerak aktif, tetapi ada pula yang menetap seperti tumbuhan. Filum Echinodermata terbagi menjadi lima kelas, yaitu Kelas Arachnoidea, Echinoidea, Ophiuroidea, Crinoidea, dan Holothuroidea.
8. Arthropoda merupakan hewan yang mempunyai tubuh dan kaki bersegmen-segmen. Jumlah kaki mengalami modifikasi sesuai dengan kelasnya. Hewan ini memiliki keanekaragaman terbesar di dunia. Filum Arthropoda dibagi menjadi empat kelas, yaitu Kelas Crustacea, Insecta, Myriapoda, dan Arachnida.
9. Chordata merupakan hewan yang memiliki chorda dorsalis yang memanjang menjadi kerangka sumbu tubuh. Filum Chordata terbagi menjadi lima kelas, yaitu Kelas Pisces, Amphibia, Reptilia, Aves, dan Mamalia.

Asimetris Tidak berbentuk

Daerah intertidal Daerah pantai yang mengalami pasang-surut

Detritivor Hewan pemakan detritus (sisa-sisa makhluk hidup yang telah mati)

Esofagus Kerongkongan. Suatu saluran yang meneruskan makanan, melalui gaya peristaltik, dari faring ke lambung

Fertilisasi Pembuahan. Penyatuan gamet haploid untuk menghasilkan suatu zigot yang diploid

Flagela Serabut berbentuk cambuk yang dapat bergerak

Hermaprodit Terdapat sel kelamin betina dan jantan dalam satu individu

Hospes intermediet Inang perantara

Intestinum usus

Limfa (getah bening) Cairan tak berwarna yang dihasilkan dari cairan interstisial, dalam sistem getah bening hewan invertebrata

Metamorfosis Proses pergantian dari bentuk satu ke bentuk yang lain yang sama sekali berbeda dengan bentuk sebelumnya

Migrasi Perpindahan hewan dari satu tempat ke tempat lain karena perubahan musim dan ketersediaan makanan

Parasit Hidup menumpang pada organisme lain yang menjadi inang

Simetri radial Jika dibelah melalui pusat dari arah manapun akan terbagi menjadi dua bagian yang sama ukuran dan bentuknya

Skrotum Suatu struktur di dalam testis (organ genitalia laki-laki)

Zona litoral Daerah pantai yang berbatu karang

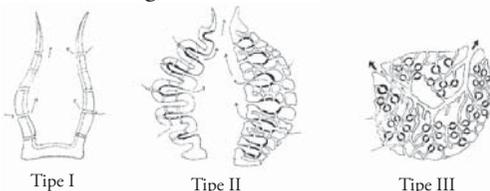
Zat anti koagulan suatu zat yang berfungsi menghambat pembekuan darah

Zooplankton Hewan-hewan mikroskopis yang hidup hidup di perairan

ULANGAN HARIAN

A Pilihlah jawaban yang paling tepat.

- Berikut yang tidak termasuk ciri-ciri umum Animalia adalah
 - organisme eukariotik
 - multiselular
 - heterotrof
 - memiliki dinding sel dan khlorofil
 - memiliki vertebrae
- Perhatikan gambar berikut.



Tipe I

Tipe II

Tipe III

Tipe saluran air yang dijumpai pada anggota Kelas Calcarea adalah

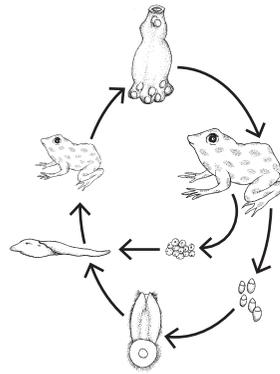
- tipe I dan II
 - tipe II dan III
 - tipe I dan III
 - tipe I, II, dan III
 - tipe I
- Berdasarkan bentuk yang dominan dalam siklus hidupnya, Filum Cnidaria dibagi menjadi tiga kelas. Bentuk polip dan medusa dijumpai pada kelas
 - Hydrozoa
 - Scyphozoa
 - Anthozoa
 - Calcarea
 - Arthropoda

4. Ada hewan yang mempunyai ciri-ciri sebagai berikut: tubuh pipih, lunak, simetri bilateral dan bersifat hermaprodit. dapat dibedakan dengan tegas antara posterior dan anterior, dorsal dan ventral, sistem pencernaan makanan gastrovaskuler, kemungkinan hewan tersebut masuk kedalam filum
 - a. Porifera
 - b. Cnidaria
 - c. Plathyhelminthes
 - d. Nemathelminthes
 - e. Arthropoda
5. *Fasciola hepatica* merupakan anggota Plathyhelminthes yang mempunyai daur hidup sebagai berikut
 - a. embrio-sporokist-mirasidium-redia-serkaria- metaserkaria
 - b. embrio-mirasidium-sporokist-metaserkaria- serkaria- redia
 - c. embrio-mirasidium-redia-serkaria-metaserkaria- sporokist
 - d. metaserkaria-embrio-redia-sporokist-mirasidium- embrio
 - e. redia-embrio-serkaria-metaserkaria-sporokist- mirasidium
6. Orang di RRC yang makan ikan yang dimasak kurang sempurna, dapat terinfeksi jenis cacing
 - a. *Schistosoma* sp.
 - b. *Fasciolopsis* sp.
 - c. *Chlonorchis sinensis*
 - d. *Fasciola hepatica*
 - e. *Taenia solium*
7. Suatu cacing pipih hidup sebagai parasit dalam usus halus manusia, sedangkan dalam daur hidupnya pernah berada dalam daging sapi. Dari ciri-ciri di atas dapat disimpulkan bahwa cacing tersebut adalah
 - a. *Taenia solium*
 - b. *Echinococcus granulosus*
 - c. *Diphyllobothrium alatum*
 - d. *Clonorchis sinensis*
 - e. *Taenia saginata*
8. Penyakit filariasis atau elephantiasis disebabkan oleh cacing anggota Kelas
 - a. Nematoda
 - b. Nematophora
 - c. Cestoda
 - d. Polychaeta
 - e. Turbellaria
9. Anggota Annelida yang dilengkapi parapodia adalah
 - a. *Pheretima* sp.
 - b. *Tubifex* sp.
 - c. *Palolo viridis*
 - d. *Neopilina* sp.
 - e. *Hirudo medicinalis*
10. Nama hewan sering dikaitkan dengan bentuk organ yang dipunyai oleh kelompok hewan tersebut. Misalnya nama *Lamella branchiata* yang termasuk Gastropoda, ada kaitannya dengan organ
 - a. kaki yang berbentuk pipih
 - b. cangkang yang berjumlah sepasang
 - c. kaki dapat dijulurkan
 - d. insang yang berjumlah dua pasang
 - e. insang yang berbentuk lempeng
11. Ditemukan hewan dengan ciri-ciri: 1) tubuh lunak dan tertutup cangkang, 2) menggunakan perut untuk berjalan, 3) jika berjalan meninggalkan jejak berupa lendir, 4) pada bagian kepala terdapat dua pasang tentakel, 5) bersifat hermaprodit. Hewan tersebut termasuk kelas
 - a. Gastropoda
 - b. Lamellibranchiata
 - c. Amphineura
 - d. Pelecypoda
 - e. Bivalvia
12. *Nautilus* sp. merupakan salah satu perkecualian dari kelas Cephalopoda karena
 - a. Memiliki daya regenerasi tinggi
 - b. Tidak mempunyai tentakel
 - c. Mempunyai kantong tinta
 - d. Mempunyai cangkang luar
 - e. Cangkang terdapat di dalam tubuh
13. Uropod, pleopod, karapaks, cephalothorax merupakan istilah untuk menyebut bagian-bagian hewan anggota kelas

- a. Insecta
 - b. Myriapoda
 - c. Arachnida
 - d. Crustacea
 - e. Apterygota
14. Serangga bersayap dua, tipe mulut pengisap, metamorfosis sempurna dan menjadi vektor demam berdarah, termasuk ordo
- a. Hemiptera
 - b. Homoptera
 - c. Neuroptera
 - d. Siphonoptera
 - e. Diptera
15. Tubuhnya memanjang dalam sumbu oral seperti cacing, simetri bilateral, mulut dan anus terletak pada kedua ujung yang berlawanan, tidak mempunyai lengan dan duri mereduksi menjadi spikula, kulitnya lunak dan tipis tanpa spina (duri) atau pediselaria. Ciri-ciri di atas adalah ciri-ciri dari hewan
- a. anggota Kelas Holothuroidea
 - b. anggota Kelas Asteroidea
 - c. anggota Kelas Crinoidea
 - d. anggota Kelas Ophiuroidea
 - e. anggota Kelas Echinoidea
16. Pupula pada Echinodermata berfungsi sebagai
- a. alat reproduksi aseksual
 - b. alat gerak respirasi
 - c. saluran makanan dan ekskresi
 - d. alat respirasi dan ekskresi
 - e. saluran air dan alat gerak.
17. Di antara kelas-kelas anggota Vertebrata, yang semua anggotanya hidup di ekosistem akuatik adalah
- a. Kelas Pisces
 - b. Kelas Amphibia
 - c. Kelas Reptilia
 - d. Kelas Aves
 - e. Kelas Mammalia
18. Contoh hewan yang termasuk anggota Sub-kelas Chondrichthyes adalah
- a. *Galeocerca* sp.
 - b. *Monopterus albus*

- c. *Clarias batrachus*
- d. *Chanos chanos*
- e. *Chelonia mydas*

19. Perhatikan gambar berikut.

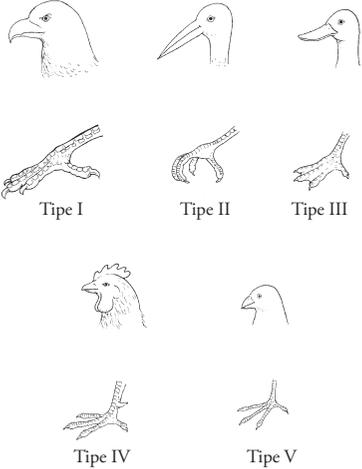


Proses perubahan bentuk seperti ini ditemui pada

- a. *Rana* sp.
 - b. *Bufo* sp.
 - c. *Sphenodon* sp.
 - d. *Varanus* sp.
 - e. *Crocodylus* sp.
20. Ditemukan hewan dengan ciri-ciri berikut:
- 1) merayap
 - 2) tubuh ditutupi sisik dari zat tanduk
 - 3) terdapat mata, lubang telinga, dan mulut
 - 4) bernapas dengan paru-paru
- Hewan dengan ciri-ciri tersebut termasuk ke dalam kelompok
- a. Pisces
 - b. Amphibia
 - c. Reptilia
 - d. Aves
 - e. Mammalia
21. Tubuh bagian atas *Chelonia* sp. dilindungi oleh
- a. sisik
 - b. karapaks
 - c. plastron
 - d. kulit tebal
 - e. duri
22. Berikut ini adalah anggota Aves yang tidak bisa terbang yaitu

- a. *Struthio camelus*
- b. *Padda oryzivora*
- c. *Galus galus*
- d. *Egreta alba*
- e. *Pycnonotus atriceps*

23. Perhatikan gambar berikut.



Tipe paruh dan kaki yang dimiliki oleh burung pemakan daging adalah

- a. tipe I
 - b. tipe II
 - c. tipe III
 - d. tipe IV
 - e. tipe V
24. Ikan paus dan lumba-lumba merupakan fauna air yang termasuk hewan
- a. Kelas Pisces
 - b. yang bernapas dengan insang
 - c. Kelas Mammalia
 - d. berdarah dingin/poikiloterm
 - e. bertulang rawan

25. Hewan berikut yang satu ordo dengan manusia adalah
- a. *Drosophila melanogaster*
 - b. *Pongo pygmeus*
 - c. *Felis tigris*
 - d. *Macroglossus maximus*
 - e. *Varanus komodoensis*

B Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.

1. Sebut dan jelaskan pembagian kelas dalam Filum Annelida. Sebutkan 2 jenis anggotanya yang bermanfaat bagi manusia.
2. Bagaimanakah proses aliran air pada Porifera tipe Rhagon? Jelaskan dengan disertai bagan.
3. Jelaskan bagaimana proses reproduksi Hydra baik secara kawin maupun tak kawin.
4. Mengapa *Taenia solium* lebih berbahaya daripada *Taenia saginata*?
5. Jelaskan daur hidup *Fasciola hepatica*.
6. Sebutkan ciri-ciri Arthropoda.
7. Jelaskan proses terbentuknya mutiara secara alami.
8. Mengapa Ordo Squamata termasuk Kelas Reptilia? Jelaskan.
9. Jelaskan pembagian subordo pada Ordo Chiroptera. Beri masing-masing satu contoh hewan tiap subordo tersebut.
10. Jelaskan peranan Animalia dalam kehidupan.

B a b IX

Ekosistem



Dok. PIM

Bayangkan kalian sedang duduk di tepi sawah, memandang hamparan nan luas dengan padi yang mulai tumbuh. Betapa indah pemandangan itu. Air yang melimpah memudahkan petani yang sedang bekerja. Di dekatnya, diantara tanaman padi, terdapat berbagai jenis hewan seperti katak, ular, ikan, belalang, burung, dan sebagainya. Terdapat pula berbagai jenis rumput dan tumbuhan lain yang seringkali dianggap sebagai gulma. Sawah, air, tumbuhan, hewan, dan komponen-komponen lain yang ada disana adalah pembentuk ekosistem. Semuanya berinteraksi dan masing-masing mempunyai peran yang spesifik. Begitulah gambaran sebuah ekosistem sawah. Menurut kalian apakah ekosistem itu? Mengapa begitu penting untuk kalian pelajari? Mari kita simak pembahasan berikut.

KATAKUNCI

- Ekosistem
- Biotik
- Abiotik
- Organik
- Anorganik
- Trofik
- Unsur
- Senyawa

KILAS

Pada bab Biologi dan Peranannya dalam Kehidupan, ekosistem dibicarakan sebagai bagian dari tingkat organisasi kehidupan. Begitu pula, di dalam bab Keanekaragaman Hayati telah dibicarakan bahwa ekosistem merupakan bagian dari keanekaragaman hayati.

GALERI

Ekologi

Ekosistem dipelajari lebih mendalam dalam cabang biologi yang disebut Ekologi. Ekologi berasal dari kata Yunani *oikos* (tempat untuk berdiam atau rumah) dan *logos* (ilmu). Ekologi adalah ilmu yang mempelajari interaksi antar-komponen ekosistem (biotik dan abiotik) yang mempengaruhi distribusi dan kelimpahan organisme.

Dalam pembahasan berikut kalian akan mempelajari berbagai komponen penyusun ekosistem, interaksi antarkomponen ekosistem, serta mengkaji mekanisme aliran energi pada suatu ekosistem. Selain membahas aliran energi, kalian juga akan mempelajari daur biogeokimia.

Setelah mempelajari bab ini kalian diharapkan dapat menjelaskan komponen-komponen ekosistem dan interaksi yang terjadi di dalamnya, menjelaskan faktor-faktor pendukung terjadinya keseimbangan ekosistem, serta menganalisis jika terjadi ketidakseimbangan hubungan antar komponen (karena faktor alami dan akibat perbuatan manusia). Selain itu, kalian juga diharapkan dapat menjelaskan mekanisme aliran energi pada suatu ekosistem, membuat charta daur biogeokimia, seperti air, karbon, nitrogen, sulfur, posfor, serta menjelaskan peran mikroorganisme atau organisme dalam berbagai daur tersebut.

A. Komponen Ekosistem

Semua jenis makhluk hidup di alam ini selalu berinteraksi dengan lingkungannya, baik dengan lingkungan fisik maupun dengan makhluk hidup yang lain. Tumbuhan membutuhkan tanah, udara, dan air untuk dapat hidup dan berfotosintesis. Hewan membutuhkan tumbuhan atau hewan lain sebagai makanannya. Selain itu hewan juga membutuhkan udara untuk bernapas dan air untuk minum.

Ketika jumlah tumbuhan berkurang, hewan pemakan tumbuhan akan kelaparan. Begitu pula, hewan-hewan yang menjadikan tumbuhan sebagai tempat tinggal akan kehilangan rumahnya. Ketika jumlah air berkurang, tumbuhan dan hewan mungkin akan mati karena kekeringan. Berbagai interaksi tersebut merupakan hubungan saling mempengaruhi yang terjadi antara makhluk hidup dengan lingkungannya dan membentuk suatu sistem yang disebut **ekosistem**. Ekosistem disusun oleh dua komponen, yaitu lingkungan fisik atau makhluk tidak hidup (**komponen abiotik**) dan berbagai jenis makhluk hidup (**komponen biotik**). Berbagai jenis makhluk hidup tersebut dapat dikelompokkan menjadi satuan-satuan makhluk hidup dan ekosistem merupakan salah satunya.

1. Komponen Abiotik

Komponen abiotik merupakan komponen penyusun ekosistem yang terdiri dari benda-benda tak hidup. Secara terperinci, komponen abiotik merupakan keadaan fisik dan kimia di sekitar organisme yang menjadi medium dan substrat untuk menunjang berlangsungnya kehidupan organisme tersebut. Contoh komponen abiotik adalah air, udara, cahaya matahari, tanah, topografi, dan iklim.

Hampir semua makhluk hidup membutuhkan **air**. Karena itu, air merupakan komponen yang sangat vital bagi kehidupan. Sebagian besar tubuh makhluk hidup tersusun oleh air dan tidak ada satupun

makhluk hidup yang tidak membutuhkan air. Meskipun demikian, kebutuhan organisme akan air tidaklah sama antara satu dengan yang lainnya. Begitu pula dengan ketersediaan air di suatu daerah, tidak sama antara daerah satu dengan yang lainnya. Hal ini juga akan mempengaruhi cara hidup organisme yang ada di daerah-daerah tersebut. Misalnya hewan yang hidup di daerah gurun akan memiliki kapasitas penggunaan air yang relatif sedikit sebagai penyesuaian terhadap lingkungan hidupnya yang miskin air. Berbagai jenis tumbuhan yang ada juga beradaptasi dengan keadaan tersebut, salah satunya dengan membentuk daun yang tebal dan sempit sehingga mengurangi penguapan. Contohnya adalah tumbuhan kaktus (Gambar 9.1).

Komponen abiotik lainnya adalah **udara**. Kita tidak bisa menyangkal bahwa peranan udara sangat penting bagi kehidupan di bumi ini. Oksigen yang kita gunakan untuk bernapas atau CO₂ yang diperlukan tumbuhan untuk berfotosintesis juga berasal dari udara. Bahkan bumi kita pun dilindungi oleh atmosfer yang merupakan lapisan-lapisan udara.

Keadaan udara di suatu tempat dipengaruhi oleh **cahaya matahari**, kelembaban, dan juga temperatur (suhu). Intensitas cahaya matahari yang diterima oleh suatu daerah akan mempengaruhi kelembaban atau kadar uap air di udara. Selain itu, cahaya matahari juga menyebabkan peningkatan suhu atau temperatur udara. Adanya perbedaan temperatur menyebabkan terjadinya perbedaan tekanan udara, sehingga udara mengalir atau bergerak membentuk angin. Kesemuanya memberikan pengaruh bagi organisme.

Cahaya matahari merupakan sumber energi utama semua makhluk hidup, karena dengannya tumbuhan dapat berfotosintesis. Sedangkan keberadaan uap air di udara akan mempengaruhi kecepatan penguapan air dari permukaan tubuh organisme. Organisme yang hidup di daerah panas (suhu udara tinggi dan kelembaban rendah) akan berupaya untuk mengurangi penguapan air dari dalam tubuh, misalnya onta yang merupakan hewan khas padang pasir. Sedangkan beruang kutub, karena hidup di lingkungan yang sangat dingin, beradaptasi dengan memiliki bulu yang tebal. Perhatikan Gambar 9.2 dan 9.3. Selain itu, perbedaan suhu udara juga bisa menimbulkan angin, yaitu aliran udara akibat perbedaan tekanan. Sehingga organisme akan menyesuaikan diri dengan kondisi tersebut. Contohnya pada tumbuhan. Tumbuhan yang hidup di daerah dengan angin yang kencang, daerah pantai misalnya, membentuk sistem perakaran yang kuat dan batang yang elastis supaya tidak mudah patah ketika diterpa angin. Contohnya jenis tumbuhan tersebut adalah cemara udang.

Selain air, udara, dan cahaya matahari, keberadaan suatu ekosistem juga dipengaruhi oleh kondisi **tanah**. Apa yang akan terjadi bila bumi kita ini hanya berisi batu dan logam, tanpa ada tanah? Tentu kita tidak akan menjumpai berbagai jenis tumbuhan dan organisme lainnya. Tanah merupakan tempat hidup bagi berbagai jenis organisme, terutama



50,000 Photo Art

Gambar 9.1 Kaktus merupakan tumbuhan yang hidup di daerah kering



50,000 Photo Art

Gambar 9.2 Onta mempunyai kulit tebal dan sedikit pori untuk mengurangi penguapan



Microsoft Encarta Premium, 2006

Gambar 9.3 Beruang kutub memiliki bulu yang tebal untuk menghangatkan badan

tumbuhan. Adanya tumbuhan akan menjadikan suatu daerah memiliki berbagai organisme pemakan tumbuhan dan organisme lain yang memakan pemakan tumbuhan tersebut. Coba kalian bandingkan tanah yang subur dengan tanah yang tandus. Di tanah yang manakah lebih banyak terdapat organisme? Tentu di tanah yang subur, bukan? Kualitas tanah bisa dilihat dari derajat keasaman (pH), tekstur (komposisi partikel tanah), dan kandungan garam mineral atau unsur haranya.

Komponen abiotik yang juga tidak kalah penting adalah topografi dan iklim. **Topografi** adalah letak suatu tempat dipandang dari ketinggian di atas permukaan air laut (*altitude*) atau dipandang dari garis bujur dan garis lintang (*latitude*). Topografi yang berbeda menyebabkan perbedaan penerimaan intensitas cahaya, kelembaban, tekanan udara, dan

suhu udara, sehingga topografi dapat menggambarkan distribusi makhluk hidup. Sedangkan **iklim** merupakan keadaan cuaca rata-rata di suatu tempat yang luas dalam waktu yang lama (30 tahun), terbentuk oleh interaksi berbagai komponen abiotik seperti kelembaban udara, suhu, curah hujan, cahaya matahari, dan lain sebagainya. Iklim mempunyai hubungan yang erat dengan komunitas tumbuhan dan kesuburan tanah. Contohnya adalah di daerah yang beriklim tropis, seperti Indonesia, memiliki hutan yang lebat dan kaya akan keanekaragaman hayati yang disebut hutan hujan tropis (Gambar 9.4) sedangkan di daerah subtropis hutan seperti itu tidak dijumpai.



Gambar 9.4 Hutan hujan tropis yang kaya akan keanekaragaman hayati

2. Komponen Biotik

Komponen biotik meliputi semua jenis makhluk hidup yang ada pada suatu ekosistem. Contoh komponen biotik adalah manusia, hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme. Menurut peranannya dalam ekosistem, komponen biotik dibedakan menjadi tiga golongan, yaitu produsen, konsumen, dan pengurai. Organisme yang berperan sebagai **produsen** adalah semua organisme yang dapat membuat makanan sendiri. Organisme ini disebut organisme autotrof, contohnya adalah tumbuhan hijau (Gambar 9.5). Sedangkan organisme yang tidak mampu membuat makanan sendiri (heterotrof) berperan sebagai **konsumen**.

Tumbuhan merupakan organisme autotrof karena dapat membuat makanan sendiri melalui **fotosintesis**. Dalam proses ini, bahan anorganik diubah menjadi senyawa organik dengan bantuan sinar matahari. Melalui proses fotosintesis, gas CO₂ hasil buangan organisme lain diubah oleh tumbuhan menjadi zat gula, oksigen, dan energi, sesuai dengan reaksi berikut.



Gambar 9.5 Tumbuhan hijau berperan sebagai produsen

Selain mampu mencukupi kebutuhannya akan energi, produsen juga berperan sebagai sumber energi bagi organisme lain. Energi yang dihasilkan produsen akan dimanfaatkan oleh organisme lain melalui proses makan dan dimakan. Hewan pemakan tumbuhan memperoleh energi dari tumbuhan yang dimakannya. Sedangkan hewan pemakan tumbuhan tersebut juga bisa dijadikan sumber energi bagi hewan lain yang memakannya. Organisme yang memperoleh makanan dengan cara demikian disebut konsumen. Jadi, organisme yang berperan sebagai konsumen adalah organisme yang tidak dapat membuat makanan sendiri (organisme heterotrof).

Berdasarkan jenis makanan yang dikonsumsi, konsumen dibedakan menjadi tiga macam yaitu herbivora, karnivora, dan omnivora. **Herbivora** adalah organisme pemakan tumbuhan. Contohnya adalah kerbau, sapi, kambing, kelinci, dan zebra (Gambar 9.6). **Karnivora** adalah organisme pemakan hewan (daging). Misalnya singa, serigala, harimau, kucing, dan elang (Gambar 9.7). Sedangkan **omnivora** adalah organisme pemakan segala jenis makanan, baik tumbuhan maupun hewan. Contoh omnivora adalah ayam, itik, dan manusia (Gambar 9.8).



Dok. PIM

Gambar 9.6 Sapi dan kerbau merupakan hewan herbivora



Microsof. Enarta Premium, 2006

Gambar 9.7 Contoh hewan karnivora

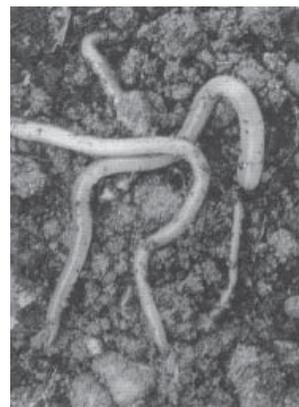


Dok. PIM

Gambar 9.8 Manusia termasuk omnivora

Selain produsen dan konsumen, terdapat pula organisme yang berperan sebagai pengurai. Pernahkah kalian berpikir bagaimana tumbuhan dan hewan yang mati di suatu tempat dapat hilang setelah beberapa waktu kemudian? Hilangnya tumbuhan dan hewan yang telah mati ini disebabkan oleh aktivitas **organisme pengurai** atau **dekomposer**. Mereka berperan menguraikan (melakukan dekomposisi) sisa-sisa organisme yang sudah mati (detritus). Karena memakan detritus, organisme ini disebut juga **detritivora**.

Organisme pengurai memperoleh makanan dengan cara merombak sisa produk organisme dan organisme yang mati dengan enzim pencernaan yang dimilikinya. Hasil perombakan ini kemudian diserap sebagai makanan. Kegiatan pengurai memungkinkan senyawa sederhana didaur ulang, sehingga dapat digunakan kembali oleh organisme autotrof atau produsen. Contoh organisme yang termasuk pengurai adalah cacing tanah, jamur, dan bakteri, lipan, luing, kutu kayu, rayap, nematoda, dan larva serangga. Perhatikan Gambar 9.9.



Hewitt, dkk., 2006, hlm. 47

Gambar 9.9 Contoh organisme pengurai

Nah, sekarang kalian sudah mengenal berbagai komponen ekosistem. Untuk menambah pengetahuan kalian, kerjakan kegiatan dalam rubrik *Telisisik* berikut.

TELISIK

Buatlah kelompok yang terdiri dari tiga orang. Kujungilah kebun atau lapangan yang ada di sekitar sekolah kalian. Buatlah sebuah kotak persegi berukuran 1,5 m × 1,5 m dengan menggunakan tali. Amati komponen-komponen biotik dan abiotik yang ada dalam kotak tersebut. Isikan hasil pengamatan kalian pada sebuah tabel. Berikut contoh tabelnya.

Komponen Penyusun Ekosistem

No.	Jenis makhluk hidup (komponen biotik)	Jumlah	Jenis makhluk tak hidup (komponen abiotik)	Jumlah
1.
2.
3.
4.
5.
dst.

Berdasarkan data pengamatan kalian, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Komponen biotik apakah yang kalian temukan?
2. Komponen abiotik apakah yang kalian temukan?
3. Apakah perbedaan antara komponen biotik dan abiotik?
4. Buat laporan hasil pengamatan kalian dan presentasikan di depan kelas.

c. Satuan-Satuan Makhluk hidup

Ketika kalian mengamati komponen-komponen pembentuk ekosistem, kalian mendapatkan beberapa komponen biotik yang sejenis. Misalnya dalam kebun berukuran 3m×7m terdapat tiga jenis pohon, yaitu dua pohon akasia, tiga pohon kelapa, dan tiga pohon jati. Kalian juga menemukan sekelompok semut dan sekelompok burung. Nah, sebatang pohon, seekor semut, dan seekor burung tersebut merupakan individu (Gambar 9.10). Sedangkan dua pohon akasia, tiga pohon kelapa, tiga pohon jati, sekelompok semut, dan sekelompok burung merupakan populasi (Gambar 9.11).

Individu berasal dari bahasa Latinu *in* (tidak) dan *dividus* (dapat dibagi). Jadi, **individu** diartikan sebagai satu organisme hidup yang berdiri sendiri dan secara fisiologis bersifat bebas serta tidak mempunyai hubungan organik dengan sesamanya. Populasi juga berasal dari bahasa Latin, yaitu *populus* (semua yang bertempat tinggal pada suatu tempat). Sehingga pengertian **populasi** adalah sekelompok individu sejenis (satu spesies) yang menempati suatu daerah pada waktu tertentu. Makhluk hidup dikatakan sejenis apabila mempunyai persamaan bentuk tubuh, dapat melakukan perkawinan, dan mampu menghasilkan keturunan yang fertil.



Dok. PPM

Gambar 9.10 Satu ekor ayam disebut individu



Dok. PPM

Gambar 9.11 Sekelompok ayam disebut populasi

Besarnya populasi dapat dinyatakan sebagai **densitas** atau **kerapatan**, yaitu jumlah individu anggota populasi di suatu luasan tertentu. Perhatikan persamaan berikut.

$$\text{densitas} = \frac{\text{jumlah individu}}{\text{luas daerah}}$$

Densitas populasi pada suatu daerah dapat berubah setiap saat, tergantung beberapa faktor, seperti emigrasi, migrasi, natalitas, dan mortalitas.

Untuk mengetahui cara menentukan besarnya populasi, diskusikan kasus di bawah ini.

DISKUSI

Pada suatu padang rumput terdapat dua populasi kijang. Di daerah A terdapat 3.000 ekor kijang dan luas daerah tersebut adalah 2 km². Sedangkan di daerah B yang memiliki luas 3 km² terdapat kijang sebanyak 1.500 ekor kijang. Selama 1 tahun, 150 ekor kijang beremigrasi ke daerah B, terjadi kelahiran sebanyak 200 ekor, dan terjadi kematian sebanyak 75 ekor. Sedangkan di daerah B 50 ekor kijang beremigrasi ke daerah A, terjadi kelahiran 100 ekor, dan kematian sebanyak 25 ekor. Berapa kerapatan populasi kijang di daerah A dan B mula-mula? Berapa populasi kijang di daerah A dan B setelah kurun waktu 1 tahun? Presentasikan hasil diskusi kalian di depan kelas.

Di alam, populasi makhluk hidup saling berinteraksi satu sama lain. Kumpulan beberapa populasi tersebut adalah **komunitas**. Perhatikan Gambar 9.12. Contohnya adalah komunitas padang rumput. Komunitas tersebut disusun oleh berbagai populasi rumput, populasi kijang, dan populasi harimau. Kata komunitas berasal dari Bahasa Latin *commune* (umum). Kesatuan komunitas dengan lingkungan hidupnya yang saling berinteraksi dengan faktor lingkungan disebut **ekosistem**.



15,000 Educational Images

Gambar 9.12 Suatu komunitas disusun oleh beberapa populasi

GALERI

Habitat dan Nisia

Di dalam habitatnya, setiap individu atau populasi mempunyai peranan tertentu (produsen, konsumen, dan pengurai (dekomposer). Dua atau lebih jenis makhluk hidup dapat mempunyai peran yang sama. Contohnya adalah berbagai jenis tumbuhan yang hidup di hutan. Untuk memenuhi kebutuhannya akan unsur hara, air, dan cahaya matahari, berbagai jenis tumbuhan yang berukuran kecil hidup menempel pada pepohonan. Ada yang hidup sebagai epifit di pangkal pohon, batang, dan bagian kanopi, serta ada pula yang hidup sebagai parasit. Habitat yang spesifik tersebut dikenal dengan **nisia** atau **relung ekologi** (*ecological niche*).

Kumpulan dari berbagai komunitas pada suatu zona habitat disebut **bioma**. Bioma di bumi bisa dikelompokkan menjadi bioma darat (terrestrial) dan bioma perairan (akuatik). Bioma terrestrial terjadi karena daratan memiliki variasi geografis seperti ketinggian di atas permukaan laut dan garis lintang. Di daratan terdapat 6 bioma yaitu bioma gurun, bioma padang rumput, bioma hutan hujan tropis, bioma hutan 4 musim, bioma taiga, dan bioma tundra. Contoh bioma yang ada di Indonesia adalah hutan hujan tropis.

Kesemua bioma yang ada di bumi atau semua zona kehidupan di bumi disebut **biosfer** (lapisan kehidupan). Biosfer meliputi semua lapisan kehidupan, dari dasar laut yang dalam sampai lapisan udara di mana masih terdapat kehidupan. Biosfer merupakan kumpulan semua komunitas dan ekosistem yang ada di planet bumi, meliputi semua bagian dari lapisan bumi paling atas, yaitu air, kulit bumi, dan atmosfer.

Menarik bukan apa yang telah kalian pelajari tentang satuan-satuan makhluk hidup? Untuk menindaklanjuti ketertarikan tersebut, coba kalian kerjakan kegiatan berikut.

TELISIK

Bioma merupakan kumpulan beberapa tipe ekosistem. Beberapa contoh bioma darat telah kita bicarakan. Nah, untuk melengkapi pemahaman kalian, carilah informasi yang lebih lengkap mengenai bioma, baik bioma terrestrial maupun akuatik. Cari pula informasi mengenai berbagai tipe ekosistem yang ada di dalamnya. Presentasikan hasilnya di depan kelas.

Untuk mengetahui sejauh mana penguasaan kalian tentang komponen ekosistem, jawablah soal-soal dalam *Uji Kompetensi* berikut.

UJI KOMPETENSI

Jawablah soal-soal berikut dengan tepat.

- Sebutkan dan jelaskan pengertian ekosistem serta faktor-faktor yang mempengaruhi keadaan ekosistem di suatu daerah.
- Seorang siswa melakukan pendataan mengenai keadaan kebun sekolah dengan mengambil sampel berukuran 1m^2 . Data yang diperolehnya adalah sebagai berikut.

a. pohon kelapa	i. daun kelapa
b. rumput	j. tanah
c. batu kerikil	k. semut
d. pasir	l. lalat
e. suhu udara 25°C	m. kelembaban 20%

- | | |
|-------------------|----------|
| f. sinar matahari | n. angin |
| g. cacing tanah | o. embun |
| h. capung | |

Kelompokkan data-data tersebut menjadi komponen abiotik dan komponen biotik.

- Sebut dan berikan contoh pengelompokan organisme berdasarkan makanan yang dikonsumsinya.
- Jelaskan pengertian individu, populasi, komunitas, ekosistem, bioma, dan biosfer. Lengkapi masing-masing dengan contoh.
- Apakah perbedaan antara komunitas dan ekosistem? Jelaskan.

Kalian telah memahami pengertian ekosistem dan komponen-komponen penyusunnya. Komponen-komponen tersebut saling berinteraksi membentuk hubungan yang dinamis. Hubungan dinamis di antara komponen tersebut menyebabkan terjadinya keseimbangan lingkungan. Mari kita pelajari bersama.

B. Hubungan Antar-komponen Ekosistem

Di dalam ekosistem, komponen-komponen biotik dan abiotik saling berinteraksi dan masing-masing memiliki fungsi atau peran tertentu. Hubungan tersebut bisa berupa hubungan antar-komponen biotik (makhluk hidup) maupun hubungan semua komponen antara komponen biotik dan abiotik secara menyeluruh. Di dalam hubungan antarorganisme terdapat **aliran energi**, yaitu transfer energi dari produsen ke konsumen melalui rantai makanan. Sedangkan hubungan komponen biotik dan komponen abiotik adalah bagian dari **siklus kimia**, yaitu siklus unsur-unsur kimia penyusun makhluk hidup dan makhluk tak hidup. Kedua proses tersebut, aliran energi dan siklus kimia, merupakan **fenomena** yang tidak dapat dijelaskan pada tingkat-an organisasi kehidupan di bawah ekosistem. Karenanya ekosistem merupakan tingkatan yang paling **inklusif** dalam organisasi kehidupan.

1. Aliran Energi di Dalam Ekosistem

Energi memasuki sebagian besar ekosistem dalam bentuk cahaya matahari yang kemudian diubah oleh organisme autotrof menjadi energi kimia. Energi tersebut kemudian diteruskan ke organisme heterotrof dalam bentuk senyawa-senyawa organik. Proses ini terjadi melalui peristiwa **makan dan dimakan** yang terjadi di dalam rantai makanan.

a. Pola-Pola Interaksi

Untuk memenuhi kebutuhannya akan makanan, setiap organisme melakukan interaksi tertentu dengan organisme lain. Pola-pola interaksi yang terjadi dapat berupa persaingan (kompetisi), pemangsaan (predasi), dan kerjasama (simbiosis).

Persaingan atau **kompetisi** terjadi di antara beberapa organisme yang membutuhkan bahan makanan yang sama. Kebutuhan untuk memperoleh sumber makanan atau nutrien sebanyak-banyaknya menyebabkan terjadinya persaingan pada suatu komunitas. Kompetisi merupakan satu pola interaksi yang menyebabkan kerugian bagi salah satu pihak yang kalah bersaing. Contoh kompetisi adalah persaingan antarprodusen (berbagai jenis tumbuhan) untuk memperoleh air, sinar matahari, atau bahan organik lainnya. Pada tingkat di atasnya yaitu konsumen primer (konsumen yang mengonsumsi produsen secara langsung), juga terjadi persaingan yaitu dalam mendapatkan tumbuhan. Selain antarprodusen dan antarkonsumen primer, antarkonsumen sekunder bahkan sampai pengurai atau detritivorpun juga melakukan kompetisi. Kompetisi bisa terjadi antara individu satu dengan individu



Gambar 9.13 Kompetisi yang terjadi antara tanaman padi dan rumput liar

www.museum.kyushu-u.ac.jp



Gambar 9.14 Predasi yang terjadi antara singa dan mangsanya

Microsoff Encarta Premium, 2006



Gambar 9.15 Contoh simbiosis mutualisme.

Microsoff Encarta Premium, 2006



Gambar 9.16 Ikan hiu dan remora, contoh simbiosis komensalisme

Kimbrell, 1983, hlm. 1033

lainnya dalam satu populasi. Kompetisi seperti ini disebut **kompetisi interspesifik**. Selain itu, kompetisi ini juga dapat terjadi antara satu jenis populasi dengan jenis populasi lainnya dalam satu komunitas, disebut **kompetisi intraspesifik**. Tanaman padi dan rumput, misalnya, karena sama-sama membutuhkan makanan berupa unsur hara, maka mereka akan bersaing untuk hidup di sebuah sawah. Akibatnya, rumput liar yang hidup di areal pertanian padi oleh manusia dianggap sebagai gulma (tanaman pengganggu). Perhatikan Gambar 9.13.

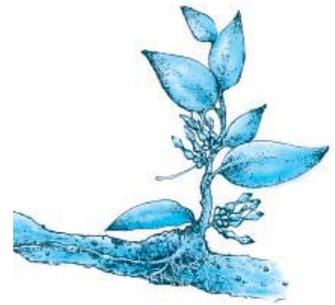
Selain melakukan persaingan, beberapa organisme mendapatkan makanan dengan memangsa organisme lain. Contohnya adalah singa yang memakan kijang atau rusa (Gambar 9.14). Pola interaksi semacam ini disebut **predasi**. Organisme yang memakan organisme lain disebut **predator** atau **pemangsa**, sedangkan organisme yang dimakan disebut **prey** atau **mangsa**. Pada suatu ekosistem, hewan herbivora (misalnya sapi, kerbau, belalang, atau ulat) merupakan predator bagi produsen. Hewan karnivora (harimau, singa, atau anjing) atau binatang lain yang memangsa herbivora juga merupakan predator.

Beberapa makhluk hidup dapat hidup berdampingan tanpa melakukan kompetisi atau predasi. Pola interaksi seperti ini disebut **simbiosis**, dan organisme yang melakukannya disebut **simbion**. Pernahkah kalian memperhatikan tanaman anggrek yang tumbuh di sebuah pohon? Itu adalah salah satu contoh simbiosis. Simbiosis antara dua jenis makhluk hidup dibedakan menjadi tiga macam, yaitu simbiosis mutualisme, komensalisme, dan parasitisme.

Simbiosis mutualisme adalah hubungan simbiosis yang saling menguntungkan. Contohnya adalah pada simbiosis antara *red-billed oxpeckers* (sejenis burung jalak) dan impala (sejenis rusa). Perhatikan Gambar 9.15. Burung tersebut memperoleh keuntungan dengan memakan kutu yang ada di tubuh impala. Sebaliknya, impala juga memperoleh keuntungan karena kutu ditubuhnya menjadi bersih.

Berbeda dengan simbiosis mutualisme, pada **simbiosis komensalisme** tidak semua simbion memperoleh keuntungan. Simbiosis ini hanya menguntungkan salah satu simbion, tetapi simbion yang lainnya tidak merasa dirugikan. Contoh bentuk simbiosis ini adalah yang terjadi antara ikan remora dengan ikan hiu. Dengan hidup bersama ikan hiu, ikan remora akan terlindungi dari pemangsa dan juga mendapatkan makanan dari serpihan-serpihan kulit hiu. Sedangkan ikan hiu sendiri tidak merasa dirugikan dengan kehadiran ikan remora. Perhatikan gambar 9.16.

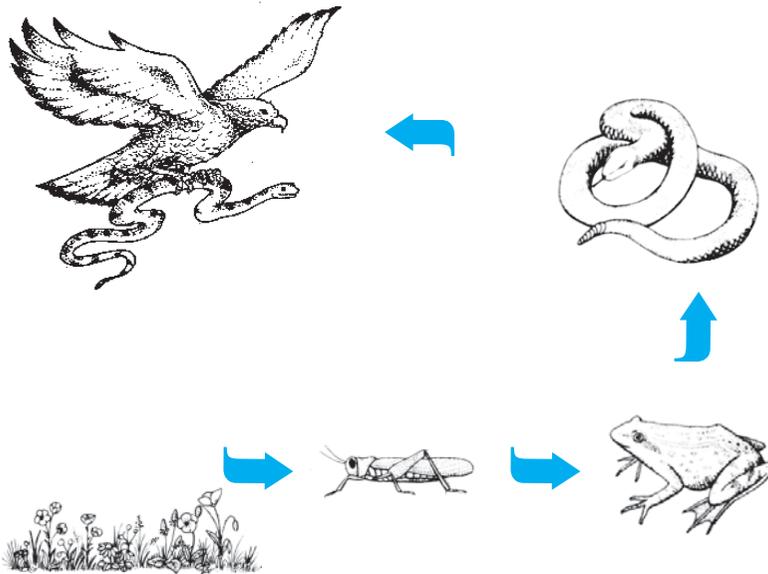
Sedangkan simbiosis yang terjadi antara benalu dan pohon yang ditumpanginya merupakan contoh **simbiosis parasitisme**. Perhatikan gambar 9.17. Benalu mendapatkan makanan dengan menyerap air dan garam mineral atau hasil fotosintesis pohon yang ditumpanginya. Dengan demikian, pohon merupakan simbion yang dirugikan, sedangkan benalu merupakan simbion yang mendapatkan keuntungan. Contoh lainnya adalah simbiosis antara kutu anjing dengan anjing, dan jamur yang hidup pada udang. Organisme yang hidup menempel dan mengambil makanan dari organisme yang ditempelinya disebut **parasit**, sedangkan organisme yang menjadi tempat hidup parasit disebut **inang** atau **hospes**.



Gambar 9.17 Benalu bersifat parasit pada pohon inangnya.

b. Rantai Makanan dan Piramida Ekologi

Proses makan dan dimakan yang diikuti perpindahan energi dari satu organisme ke organisme lain dalam tingkatan tertentu disebut **rantai makanan** (*food chain*). Perhatikan gambar 9.18. Tingkatan dalam rantai makanan disebut juga **trofik**. Tingkat trofik yang secara mendasar mendukung tingkatan lainnya dalam suatu ekosistem terdiri dari organisme autotrof yang berperan sebagai **produsen primer**. Produsen primer meliputi tumbuhan, alga, dan banyak spesies bakteri.



Gambar 9.18 Contoh rantai makanan

Produsen primer utama pada sebagian besar ekosistem terestrial adalah tumbuhan. Sedangkan di dalam **zona limnetik** danau dan dalam lautan terbuka, fitoplankton (alga dan bakteri) adalah autotrof

GALERI

Tumbuhan Epifit

Tumbuhan yang hidup menumpang pada tumbuhan lain disebut epifit. Tumbuhan yang hidup menumpang pada tanaman inang ini bisa disebut tidak bersifat parasit karena mereka mampu berfotosintesis sendiri. Sedangkan tumbuhan inang hanya dijadikan sebagai tempat hidup (substrat). Contoh tumbuhan epifit adalah berbagai jenis lumut dan anggrek yang hidup di pepohonan.

GALERI

Komunitas Khusus di Dasar Laut

The Black smokers atau celah air panas di bagian dasar laut dalam merupakan komunitas yang unik. Salah satu pengecualian khusus dalam komunitas ini adalah dalam hal produsen dalam rantai makanannya. Bakteri kemoautotrof yang mendapatkan energi dari oksidasi hidrogen sulfida (H_2S) merupakan produsen utama dalam ekosistem ini. Berbeda dengan produsen yang umumnya didukung oleh energi cahaya matahari, produsen dalam ekosistem ini mendapat dukungan energi berupa energi kimia. Namun demikian, karena bakteri tersebut memerlukan oksigen untuk mengoksidasi hidrogen sulfida, maka ekosistem celah air panas secara total tidak bergantung pada energi kimia saja. Hal ini disebabkan oleh kenyataannya bahwa oksigen hanya dapat diperoleh dari fotosintesis.

Campbell, Reece, Mitchell, 2004,
hlm. 390-391

yang paling penting, sementara alga multiseluler dan tumbuhan akuatik kadang-kadang merupakan produsen primer yang lebih penting di **zona litoral** dalam ekosistem air tawar maupun air laut. Akan tetapi di dalam **zona afotik** di laut dalam, sebagian besar kehidupan bergantung pada produksi fotosintetik di dalam **zona fotik**. Dalam hal ini energi dan nutrisi turun ke bawah dalam bentuk plankton yang mati dan detritus lainnya.

Tingkat trofik di atas produsen primer adalah **konsumen primer** atau **konsumen tingkat I**. Konsumen ini merupakan organisme herbivora. Konsumen primer ini akan dimakan oleh tingkat trofik selanjutnya, yaitu **konsumen sekunder** atau **konsumen tingkat II** yang sebagian besar berupa organisme karnivora. Konsumen sekunder ini akhirnya akan dimakan oleh **konsumen tersier** atau **konsumen tingkat III**. Beberapa ekosistem bahkan memiliki tingkat trofik yang lebih tinggi lagi.

Beberapa konsumen, **detritivora**, mendapatkan energinya dengan memakan detritus. Detritus adalah sisa-sisa organisme yang mati, misalnya feses, daun yang gugur, dan bangkai dari semua tingkat trofik. Detritus ini akan mengembalikan senyawa-senyawa organik kembali ke tanah menjadi senyawa-senyawa anorganik sehingga dapat dimanfaatkan kembali oleh organisme autotrof. Proses dekomposisi menjadi proses yang vital karena membuat siklus energi dapat berlangsung terus-menerus.

Berdasarkan komponen tingkat trofiknya, rantai makanan dibedakan menjadi dua, yaitu rantai makanan perumput dan rantai makanan detritus. **Rantai makanan perumput** merupakan rantai makanan yang diawali dari tumbuhan pada trofik awalnya. Contohnya tumbuhan dimakan belalang, belalang dimakan burung, burung dimakan ular, dan ular dimakan burung elang. Sedangkan **rantai makanan detritus** tidak dimulai dari tumbuhan, tetapi dimulai dari detritus sebagai trofik awalnya. Contoh rantai makanan detritus adalah seresah atau dedaunan dimakan cacing tanah, cacing tanah dimakan ikan, dan ikan dimakan manusia.

Detritivora seringkali menjadi penghubung utama antara produsen dan konsumen dalam suatu ekosistem. Di ekosistem sungai, misalnya, banyak bahan organik yang dibutuhkan oleh konsumen disediakan oleh tumbuhan terestrial. Bahan organik tersebut masuk ke dalam ekosistem sungai sebagai guguran dedaunan dan serpihan-serpihan lain yang jatuh ke dalam air atau tercuci oleh aliran permukaan. Seekor siput air (*Lymnaea* sp.) mungkin bisa memakan detritus tersebut di dasar sungai dan kemudian siput tersebut dimakan ikan. Contoh lain adalah organisme prokariotik yang menguraikan sampah-sampah organik berupa dedaunan di lantai hutan.

Kalian tentu ingin menambah pengetahuan tentang rantai makanan? Coba kalian lakukan *Percobaan* berikut.

Membuat Model Ekosistem untuk Memahami Rantai Makanan

A. Dasar Teori

Ekosistem merupakan suatu hubungan yang saling mempengaruhi antara komponen biotik dan abiotik. Seperti populasi dan komunitas, batas ekosistem umumnya tidak jelas. Ekosistem dapat berupa suatu mikrokosmos laboratorium, misalnya **terarium**, hingga makrokosmos berupa danau dan hutan, dan biosfer. Biosfer merupakan suatu ekosistem global, yaitu gabungan semua ekosistem local yang ada di bumi.

Di dalam suatu ekosistem, kita dapat mengamati adanya aliran energi dari organisme satu ke organisme lain melalui peristiwa makan dan dimakan. Untuk mempermudah pengamatan ini, kita dapat membuat terarium sebagai model.

B. Tujuan

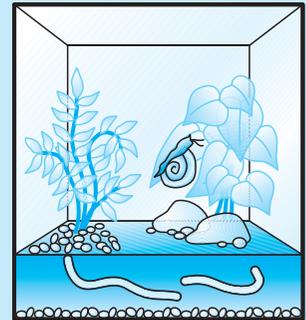
Memahami rantai makanan dengan pengamatan pada model ekosistem

C. Alat dan Bahan

1. akuarium kaca
2. tanah, kerikil, pasir
3. air
4. bermacam-macam hewan dan tumbuhan, seperti cacing tanah, bekicot, capung, katak, tumbuhan lumut, paku, atau tumbuhan dikotil yang kecil

D. Langkah Percobaan

1. Bersihkan akuarium, lalu masukkan kerikil, tanah, dan pasir pada bagian tertentu.
2. Masukkan air secukupnya, dan masukkan cacing tanah, tumbuhan, dan hewan-hewan lainnya
3. Susunlah terrarium tersebut seperti gambar berikut.
4. Amati dan catat interaksi yang terjadi di dalam terrarium tersebut selama beberapa hari.

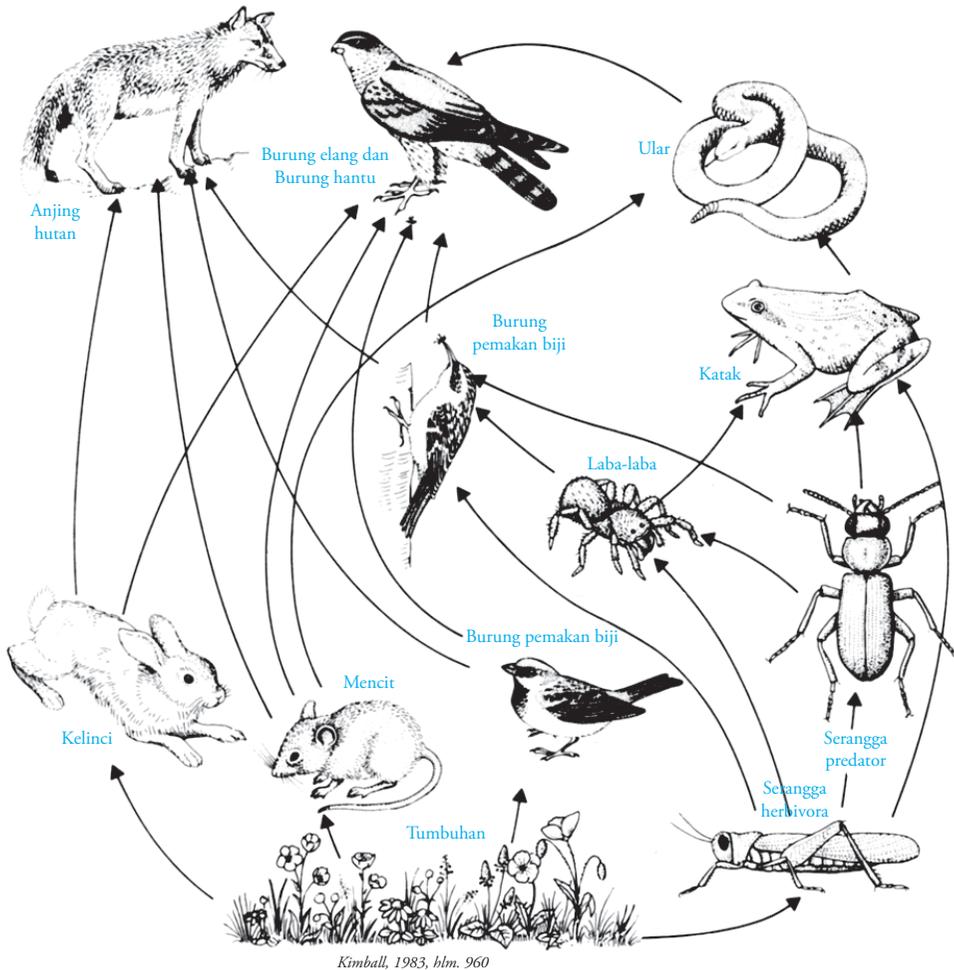


E. Pembahasan

1. Sebutkan tingkatan trofik yang ada dan buatlah bagan semua hubungan antarorganisme yang terdapat di dalam akuarium yang menunjukkan adanya rantai makanan.
2. Adakah konsumen karnivora yang tidak dimakan oleh organisme lain?
3. Menurut pendapat kalian, apakah yang akan terjadi jika salah satu konsumen dihilangkan dari terarium tersebut?
4. Buatlah kesimpulan hasil pengamatan kalian.
5. Tulislah laporan percobaan kalian secara berkelompok dan kumpulkan pada guru kalian.

Dari hasil percobaan tersebut, apakah setiap organisme hanya memakan satu jenis organisme saja? Tentu tidak. Dalam rantai makanan, konsumen pada tingkat trofik tertentu tidak hanya memakan satu jenis organisme yang ada di tingkat trofik bawahnya. Akan tetapi, setiap organisme dapat memakan dua atau lebih organisme lain. Ini menyebabkan terjadinya beberapa rantai makanan di dalam ekosistem saling berhubungan satu sama lain. Hubungan antar-rantai makanan tersebut membentuk susunan yang lebih kompleks, disebut **jaring-jaring**

makanan (*food web*). Sehingga rantai makanan dari produsen → konsumen primer → konsumen sekunder → dan seterusnya, sebenarnya hanyalah penyederhanaan dari beberapa permutasi yang dapat dimiliki oleh interaksi makan dan dimakan. Contoh jaring-jaring makanan yang terjadi pada suatu ekosistem dapat kalian lihat pada Gambar 9.19.



Gambar 9.19 Jaring-jaring makanan terdiri dari beberapa rantai makanan

Dari gambar tersebut, coba kalian diskusikan permasalahan berikut.

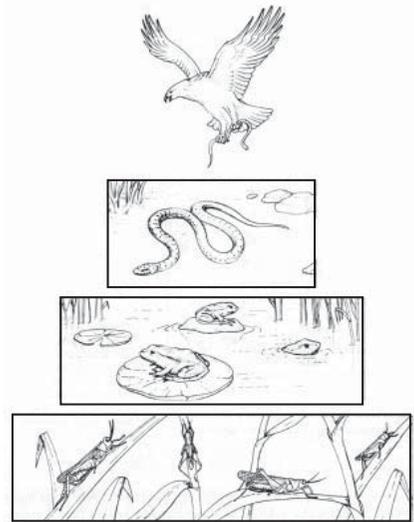
DISKUSI

Diskusikan bersama teman sebangku kalian pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Berdasarkan gambar jaring-jaring makanan pada Gambar 9.19, tuliskan semua rantai makanan yang ada.
2. Coba kalian amati dan catat hewan-hewan pada ekosistem sawah dan ekosistem kolam di sekitar kalian. Lalu, buatlah diagram jaring-jaring makanan seperti gambar tersebut.
3. Presentasikan hasil diskusi kalian di depan kelas. Mintalah pendapat teman dan guru kalian.

Interaksi di dalam ekosistem yang sehat menunjukkan adanya **keseimbangan dinamis**. Lalu bagaimana keseimbangan tersebut terjadi, mengapa interaksi makan dan dimakan di dalam jaring-jaring makanan tersebut bisa seimbang? Hal ini terjadi karena adanya proporsi yang sesuai pada setiap tingkatan trofik di dalam rantai makanan.

Kalian telah memahami bahwa pada rantai makanan terdapat tingkat trofik tertentu. Organisme yang menempati tingkat trofik di bagian bawah merupakan sumber makanan bagi organisme di tingkat trofik selanjutnya. Untuk menjaga keseimbangan antara bahan makanan dan pemangsa, organisme di tingkat trofik atas mempunyai jumlah yang lebih sedikit dari organisme di tingkat trofik bawahnya. Sebagai contoh, pada rantai makanan rumput, jumlah rumput pada suatu ekosistem lebih banyak dari jumlah hewan herbivora. Begitu pula, jumlah hewan herbivora lebih banyak daripada hewan karnivora. Keadaan ini dapat digambarkan dalam piramida makanan seperti Gambar 9.20.

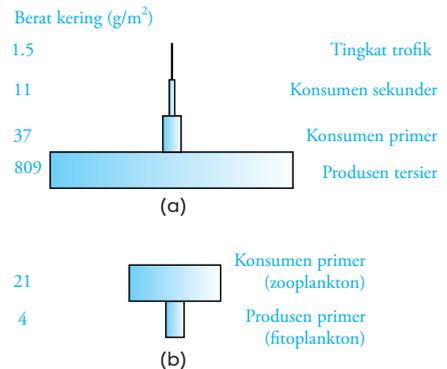


Gambar 9.20 Piramida makanan

Piramida tersebut merupakan salah satu jenis piramida ekologi. **Piramida ekologi** merupakan gambaran yang menunjukkan hubungan struktur trofik dan fungsi trofik. Berdasarkan fungsinya, piramida ekologi dibedakan menjadi tiga macam, yaitu piramida jumlah, piramida biomassa, dan piramida energi.

Piramida jumlah didasarkan pada jumlah individu pada setiap tingkatan trofik. Organisme yang menempati tingkat dasar adalah produsen selalu memiliki jumlah jauh lebih banyak daripada konsumen primer (tingkat trofik di atasnya). Sementara jumlah konsumen primer lebih banyak dari jumlah konsumen sekunder. Konsumen sekunder ini jumlahnya pun lebih banyak dari konsumen tersier. Organisme yang berada di puncak piramida mempunyai jumlah paling sedikit dibandingkan organisme di tingkat bawahnya. Perhatikan kembali Gambar 9.20.

Jika piramida jumlah didasarkan pada jumlah individu pada setiap tingkatan trofik, **piramida biomassa** didasarkan pada pengukuran massa individu per m^2 pada setiap tingkatan trofik. Biomassa merupakan ukuran massa organisme hidup pada waktu tertentu. Biomassa pada setiap tingkat trofik dicari sebagai rata-rata massa organisme pada suatu daerah dengan luas tertentu. Pada piramida biomassa, massa rata-rata produsen lebih besar dari massa rata-rata konsumen di atasnya. Piramida biomassa umumnya menyempit secara tajam dari produsen di bagian dasar ke karnivora tingkat teratas. Pada beberapa ekosistem akuatik terjadi piramida biomassa terbalik karena konsumen primer melebihi produsen. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 9.21.



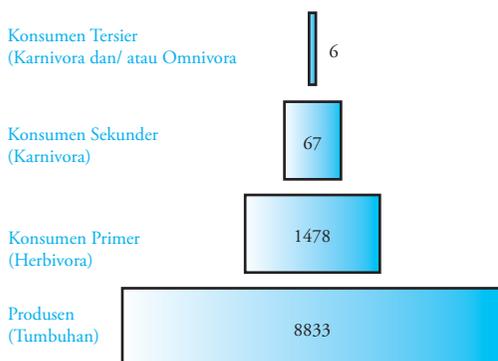
Gambar 9.21 Piramida biomassa (a) Piramida biomassa yang ideal (b) Piramida biomassa yang terbalik

Jenis piramida ekologi yang ketiga adalah piramida energi. Kalian telah memahami bahwa proses makan dan dimakan yang terjadi pada sebuah ekosistem juga diikuti oleh perpindahan energi. Kalian masih ingat Hukum Kekekalan Energi bukan? Menurut **Hukum Kekekalan Energi**, energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Semua energi yang ada di bumi sebenarnya berasal dari satu sumber yaitu matahari. Energi cahaya matahari diubah menjadi makanan oleh produsen melalui proses fotosintesis. Energi ini kemudian dimanfaatkan oleh konsumen primer dan berlanjut sampai konsumen tersier.

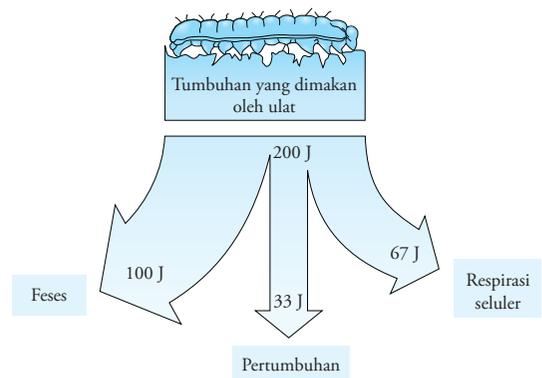
Satu hal yang perlu diingat adalah tidak semua konsumen memanfaatkan energi dari makanan yang didapatnya. Keadaan ini mengisyaratkan adanya pengurangan energi pada setiap tingkatan trofik pada suatu piramida. Piramida semacam ini disebut sebagai **piramida energi**. Piramida energi mampu memberikan gambaran akurat tentang kecepatan aliran energi dalam suatu ekosistem atau **produktivitas** pada tingkat trofik. Tingkatan trofik pada piramida energi didasarkan pada energi yang dikeluarkan individu dan dinyatakan dalam kilokalori/m²/waktu. Contoh piramida energi dapat kalian lihat pada Gambar 9.22.

Energi dapat berada dalam berbagai bentuk. Misalnya energi kimia, energi potensial, energi kinetik, energi panas, energi listrik, dan lain-lain. Namun, semua bentuk energi tersebut berasal dari satu sumber yaitu matahari. Perubahan bentuk energi ke bentuk energi lain ini dinamakan **transformasi energi**. Sedangkan perpindahan energi dari satu tempat ke tempat lain disebut **transfer energi** atau **aliran energi**.

Dalam suatu ekosistem, energi matahari diubah oleh produsen menjadi makanan bagi konsumen primer. Oleh konsumen primer, makanan yang diperoleh diubah kembali menjadi energi. Konsumen sekunder juga melakukan hal yang sama setelah memakan konsumen primer. Namun, tidak semua makanan yang dikonsumsi diubah menjadi energi. Perhatikan Gambar 9.23, yang menggambarkan pembagian energi di dalam sebuah mata rantai pada rantai makanan.



Gambar 9.22 Contoh piramida energi



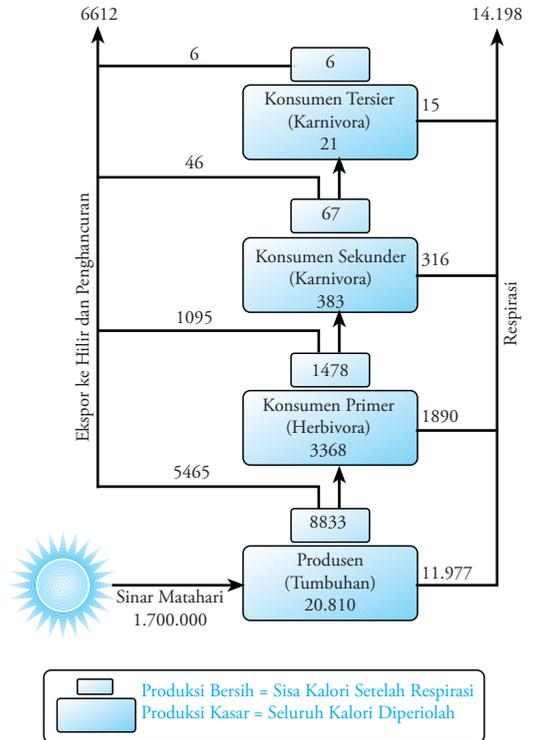
Gambar 9.23 Pembagian energi pada salah satu tingkatan trofik rantai makanan

Selama proses transfer energi, selalu terjadi pengurangan jumlah energi setiap melewati suatu tingkat trofik. Selama terjadi aliran energi dalam suatu rantai makanan, terjadi pula aliran materi. Materi berupa unsur-unsur dalam bentuk senyawa kimia yang merupakan materi dasar makhluk hidup dan tak hidup. Bagan terjadinya transfer energi pada suatu ekosistem dapat kalian lihat pada Gambar 9.24.

Pergerakan energi dan materi melalui ekosistem saling berhubungan karena keduanya berlangsung melalui transfer zat-zat di dalam rantai makanan. Dari 200 J energi yang dikonsumsi oleh ulat, misalnya, hanya sekitar 33 J (seperenam) yang digunakan untuk pertumbuhannya, sedangkan sisanya dibuang sebagai feses atau digunakan untuk respirasi seluler. Tentunya, energi yang terkandung dalam feses tersebut tidak hilang dari ekosistem karena masih dapat dikonsumsi oleh detritivora. Akan tetapi, energi yang digunakan untuk respirasi hilang dari ekosistem. Dengan demikian, jika radiasi cahaya matahari merupakan sumber utama energi untuk sebagian ekosistem, maka kehilangan panas pada respirasi adalah tempat pembuangan energi. Hal inilah yang menyebabkan energi dikatakan mengalir melalui ekosistem dan bukan didaur di dalam ekosistem. Hanya energi kimia yang disimpan untuk pertumbuhan (atau produksi keturunan) oleh herbivora yang tersedia sebagai makanan bagi konsumen sekunder. Energi berbeda dengan materi karena energi tidak dapat didaur ulang (disiklus ulang). Sehingga suatu ekosistem harus terus-menerus diberi tenaga dari sumber eksternal (matahari). Dengan demikian, energi mengalir melewati ekosistem, sementara materi bersiklus di dalam ekosistem tersebut.

2. Siklus Biogeokimia

Aliran energi pada suatu ekosistem berjalan dalam satu arah. Energi ekosistem berasal dari energi matahari yang digunakan produsen untuk berfotosintesis. Sehingga, energi tersebut diubah menjadi energi kimia dan kemudian diteruskan ke konsumen dalam bentuk senyawa-senyawa organik dalam makanannya, dan dibuang dalam bentuk panas. Unsur-unsur kimia, seperti karbon dan nitrogen, bersiklus di antara komponen-komponen abiotik dan biotik ekosistem. Organisme fotosintetik mendapatkan unsur-unsur ini dalam bentuk anorganik dari udara, tanah, dan air, dan mengasimilasi unsur-unsur tersebut menjadi molekul organik, yang sebagian kemudian dikonsumsi oleh hewan. Unsur itu dikembalikan dalam bentuk anorganik ke udara, tanah, dan air melalui metabolisme tumbuhan dan hewan, serta melalui organisme lain, seperti bakteri dan fungi, yang menguraikan buangan organik dan organisme yang mati.



Gambar 9.24 Aliran energi dari satu organisme ke organisme lain (kkal/m²/tahun)

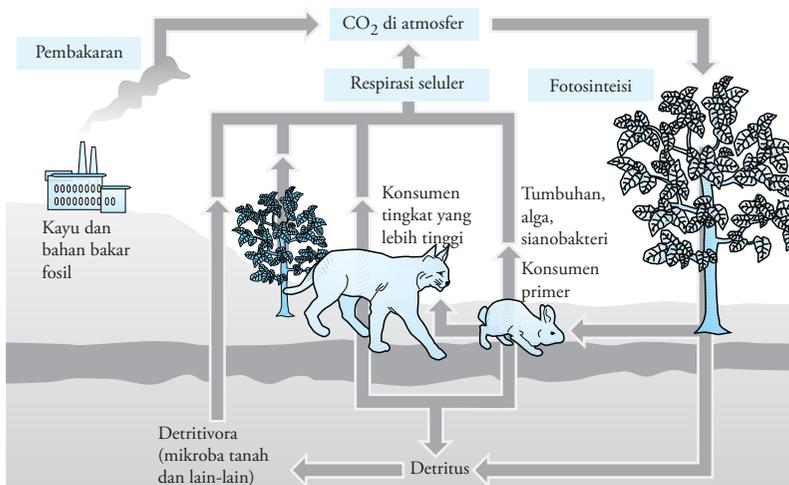
Karena pergerakan unsur-unsur yang merupakan nutrisi di dalam ekosistem terjadi secara berulang melalui komponen biotik dan abiotik (geologis), maka proses tersebut juga disebut **siklus biogeokimia** (*biogeochemical cycle*). Pada siklus tersebut, unsur atau senyawa kimia mengalir dari komponen abiotik ke komponen biotik, lalu kembali lagi ke komponen abiotik. Siklus unsur-unsur tersebut tidak hanya melalui makhluk hidup, tetapi melibatkan juga reaksi-reaksi kimia dalam lingkungan abiotik.

Proses-proses biologis dan geologis menggerakkan nutrisi di antara komponen-komponen organik dan anorganik. Lintasan spesifik suatu bahan kimia melalui suatu siklus biogeokimia bervariasi menurut unsur yang dimaksud pada struktur trofik suatu ekosistem. Dalam uraian berikut kita akan membahas beberapa siklus, yaitu siklus karbon, siklus fosfor, siklus nitrogen, dan siklus air.

a. Siklus Karbon

Karbon merupakan bahan dasar penyusun **senyawa organik**. Di dalam organisme hidup terdapat 18% karbon. Kemampuan saling mengikat pada atom-atom karbon (C) merupakan dasar bagi keragaman molekul dan ukuran molekul yang sangat diperlukan dalam kehidupan. Selain terdapat dalam bahan organik, karbon juga ditemukan dalam **senyawa anorganik**, yaitu gas karbondioksida (CO_2) dan batuan karbonat (batu kapur dan koral) dalam bentuk kalsium karbonat (CaCO_3). Organisme autotrof (tumbuhan) menangkap karbon dioksida dan mengubahnya menjadi karbohidrat, protein, lipid, dan senyawa organik lainnya. Bahan organik yang dihasilkan tumbuhan ini merupakan sumber karbon bagi hewan dan konsumen lainnya.

Pada setiap tingkatan trofik rantai makanan, karbon kembali ke atmosfer atau air sebagai hasil **pernapasan (respirasi)**. Produsen, herbivora, dan karnivora selalu bernapas dan menghasilkan gas karbon dioksida. Setiap tahun, tumbuhan mengeluarkan sekitar sepertujuh dari keseluruhan CO_2 yang terdapat di atmosfer. Meskipun konsentrasi CO_2 di atmosfer hanya sekitar 0,03%, namun karbon mengalami siklus yang cepat, sebab tumbuhan mempunyai kebutuhan yang tinggi akan gas CO_2 . Walaupun begitu, sejumlah karbon dipindahkan dari siklus itu dalam waktu yang lebih lama. Hal ini mungkin terjadi karena karbon terkumpul di dalam kayu dan bahan organik lain yang tahan lama, termasuk batu bara dan minyak bumi. **Perombakan** oleh detritivor akhirnya mendaur ulang karbon ke atmosfer sebagai CO_2 . Selain itu pembakaran kayu dan bahan bakar fosil juga ikut berperan, karena api dapat mengoksidasi bahan organik atau kayu menjadi CO_2 dengan lebih cepat. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 9.25.



Gambar 9.25 Siklus karbon.

b. Siklus Fosfor

Keberadaan fosfor pada organisme hidup sangat kecil, tetapi peranannya sangat diperlukan. Atom fosfor hanya ditemukan dalam bentuk senyawa fosfat (PO_4^{-3}). Fosfat diserap oleh tumbuhan dan digunakan untuk sintesis organik. Fosfor banyak dikandung oleh **asam nukleat**, yaitu bahan yang menyimpan dan mentranslasikan sandi genetik. Atom fosfor juga merupakan dasar bagi ATP (*Adenosine Tri Phospat*) berenergi tinggi yang digunakan untuk respirasi seluler dan fotosintesis. Selain itu merupakan salah satu mineral penyusun tulang dan gigi.

Fosfor merupakan komponen yang sangat **langka** dalam organisme tak hidup. Produktivitas ekosistem darat dapat ditingkatkan jika fosfor dalam tanah ditingkatkan. Peristiwa pelapukan batuan oleh fosfat akan menambah kandungan fosfat di dalam tanah. Contohnya adalah akibat hujan asam (Gambar 9.26). Setelah produsen menggabungkan fosfor ke dalam bentuk biologis, fosfor dipindahkan ke konsumen dalam bentuk organik. Setelah itu, fosfor ditambahkan kembali ke tanah melalui ekskresi fosfat oleh hewan dan bakteri pengurai detritus. Humus dan partikel tanah mengikat fosfat sedemikian rupa, sehingga siklus fosfor terlokalisasi dalam ekosistem. Namun, fosfor dapat dengan mudah terbawa aliran air yang pada akhirnya terkumpul di laut. Erosi yang terjadi akan mempercepat pengurasan fosfat di samping pelapukan batuan yang sejalan dengan hilangnya fosfat.

Fosfat yang berada di lautan secara perlahan terkumpul dalam endapan yang kemudian bergabung dalam batuan. Ketika permukaan air laut mengalami penurunan atau dasar laut mengalami kenaikan, batuan yang mengandung fosfor ini menjadi bagian dari ekosistem darat. Dengan demikian, fosfat mengalami siklus di antara tanah, tumbuhan, dan konsumen dalam waktu tertentu. Diagram terjadinya siklus fosfor dapat kalian lihat pada Gambar 9.27.



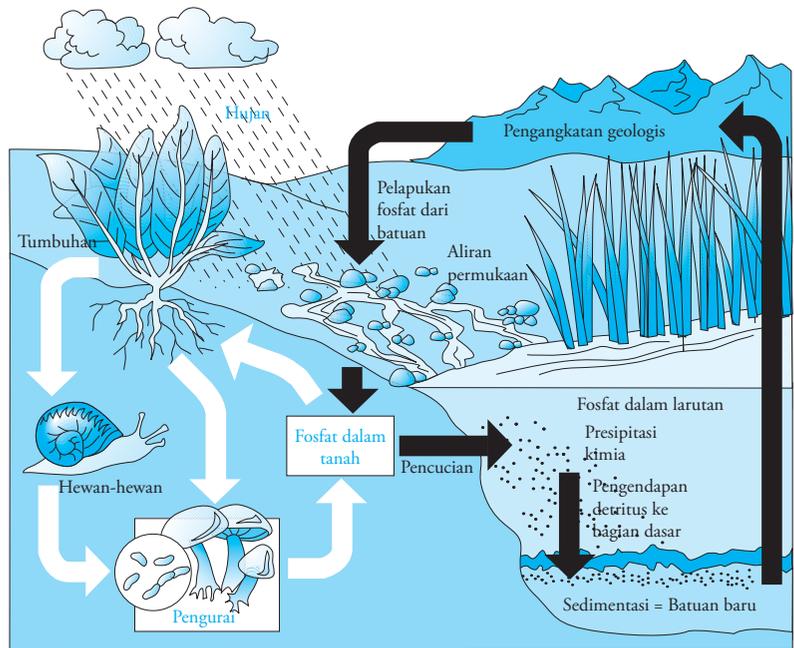
(a)



(b)

Kimball, 1983, hlm. 990

Gambar 9.26 Pelapukan batuan akibat hujan asam
(a) sebelum terkena hujan asam
(b) setelah terkena hujan asam



Gambar 9.27 Siklus fosfor.

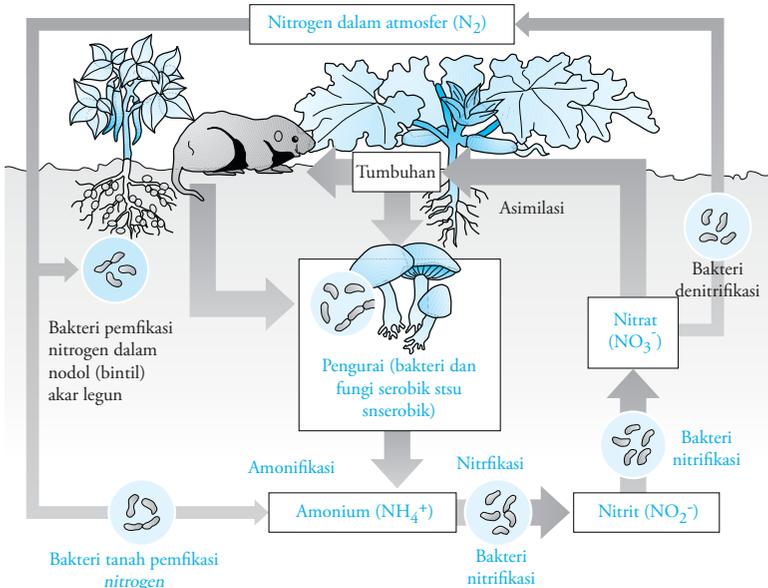
c. Siklus Nitrogen

Atmosfer mengandung lebih kurang 80% atom nitrogen dalam bentuk gas nitrogen (N_2). Di dalam organisme, nitrogen ditemukan dalam semua **asam amino** yang merupakan penyusun protein. Bagi tumbuhan, nitrogen tersedia dalam bentuk amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-) yang masuk ke dalam tanah melalui air hujan dan pengendapan debu-debu halus atau butiran lainnya. Beberapa tumbuhan, seperti seperti *Bromeliaceae* epifit yang ditemukan di hutan hujan tropis, memiliki akar udara yang dapat mengambil NH_4^+ dan NO_3^- secara langsung dari atmosfer.

Jalur lain penambahan nitrogen dalam ekosistem adalah melalui fiksasi nitrogen (*nitrogen fixation*). **Fiksasi nitrogen** merupakan proses perubahan gas nitrogen (N_2) menjadi mineral yang digunakan untuk mensintesis senyawa organik seperti asam amino. Nitrogen difiksasi oleh bakteri *Rhizobium*, *Azotobacter*, dan *Clostridium* yang hidup bebas dalam tanah. Selain dari sumber alami, sekarang ini fiksasi nitrogen dibuat secara industri yang digunakan sebagai pupuk. Pupuk bernitrogen ini memberikan sumbangan utama dalam siklus nitrogen di suatu ekosistem akibat kegiatan pertanian.

Meskipun tumbuhan dapat menggunakan amonium secara langsung, tetapi sebagian besar amonium dalam tanah digunakan oleh bakteri aerob tertentu sebagai sumber energi. Aktivitas ini mengubah amonium menjadi nitrat (NO_3^-) kemudian menjadi nitrit (NO_2^-). Proses ini disebut **nitrifikasi**. Nitrat yang dibebaskan bakteri ini kemudian diubah oleh tumbuhan menjadi bentuk organik, seperti asam amino

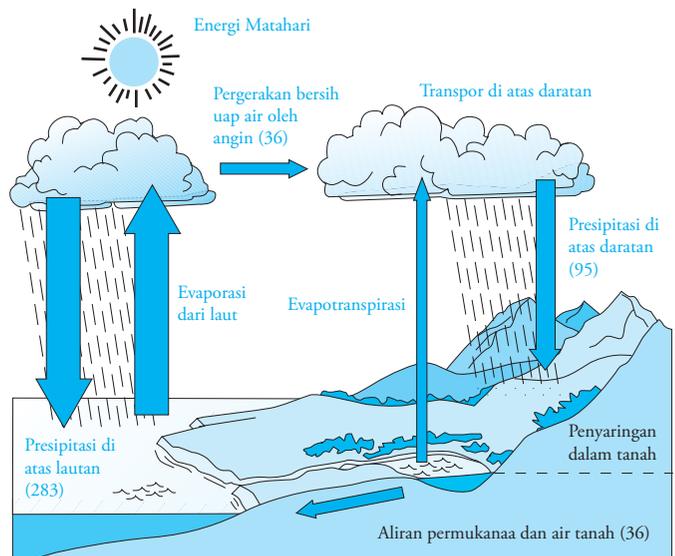
dan protein. Beberapa hewan akan mengasimilasi nitrogen organik dengan cara memakan tumbuhan atau hewan lain. Pada kondisi tanpa oksigen (anaerob), beberapa bakteri dapat memperoleh oksigen untuk metabolisme dari senyawa nitrat. Proses ini disebut **denitrifikasi**. Akibat proses ini, beberapa nitrat diubah menjadi N_2 yang kembali ke atmosfer. Perombakan dan penguraian nitrogen organik kembali menjadi amonium yang disebut **amonifikasi** dilakukan oleh bakteri dan jamur pengurai. Proses-proses tersebut akan mendaur ulang sejumlah besar nitrogen di dalam tanah. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 9.28.



Gambar 9.28 Siklus nitrogen

d. Siklus Air

Air merupakan **komponen penting** bagi kehidupan. Selain itu, aliran air dalam ekosistem berperan mentransfer zat-zat dalam siklus biogeokimia. Siklus air digerakkan oleh energi matahari melalui **penguapan** (evaporasi) dan terjadinya **hujan** (presipitasi). Di lautan, jumlah air yang menguap lebih besar dari curah hujan. Kelebihan uap air ini dipindahkan oleh angin ke daratan. Di atas daratan, persipitasi melebihi evaporasi. Aliran air permukaan dan air tanah dari darat menyeimbangkan aliran uap air dari lautan ke darat. Perhatikan Gambar 9.29.



Gambar 9.29 Siklus air

Siklus air memiliki sifat khas dibandingkan siklus biogeokimia yang lain. Sebagian besar siklus ini terjadi melalui proses fisik, bukan kimia. Dalam proses-proses tersebut air berbentuk H₂O, sedangkan di dalam fotosintesis terjadi perubahan air secara kimiawi.

Nah, sampai di sini pemahaman kalian tentang ekosistem sudah semakin mantap. Sebelum kalian mengerjakan soal-soal dalam rubrik *Uji Kompetensi*, terlebih dahulu kerjakanlah rubrik *Telisisik* berikut.

TELISIK

Manusia merupakan salah satu faktor biotik pada sebuah ekosistem. Aktivitas kegiatan manusia dapat memberikan dampak positif maupun negatif bagi keseimbangan ekosistem di suatu daerah. Dari berbagai media, baik buku, majalah, koran, maupun internet, buatlah sebuah kliping yang berisi berbagai artikel yang menggambarkan hubungan manusia dengan kelangsungan ekosistem. Kemudian, analisislah dampak yang ditimbulkan oleh manusia terhadap kelangsungan ekosistem. Dampak tersebut dapat dikelompokkan menjadi beberapa topik, yaitu pertumbuhan populasi manusia dan gangguan siklus biogeokimia, aktivitas manusia yang mengganggu habitat dan keanekaragaman hayati, kegiatan pertanian dan gangguan rantai makanan, dan gangguan fisik berupa perubahan tatanan komponen ekosistem. Kumpulkan hasil pekerjaan kalian kepada guru.

Sekarang saatnya menguji kemampuan kalian dalam menguasai materi. Kerjakanlah soal-soal dalam rubrik *Uji Kompetensi* berikut.

UJI KOMPETENSI

Jawablah soal-soal berikut dengan tepat.

1. Jelaskan pola-pola interaksi yang terjadi di dalam ekosistem. Lengkapi masing-masing dengan contoh.
2. Rantai makanan dibedakan menjadi dua jenis. Sebutkan dan jelaskan dengan contoh.
3. Apakah pengertian piramida ekologi? Sebutkan dan jelaskan macam-macam piramida ekologi.
4. Gambarkan dalam bentuk diagram terjadinya transfer energi dari satu organisme ke organisme lain.
5. Apakah pengertian siklus biogeokimia? Jelaskan berbagai macam siklus biogeokimia dengan penjelasannya dalam bentuk gambar.

I K H T I S A R

1. Ekosistem disusun oleh dua komponen, yaitu lingkungan fisik atau makhluk tidak hidup (komponen abiotik) dan berbagai jenis makhluk hidup (komponen biotik).
2. Komponen abiotik merupakan keadaan fisik dan kimia di sekitar organisme yang menjadi medium dan substrat untuk menunjang berlangsungnya kehidupan organisme tersebut. Contoh komponen abiotik adalah air, udara, cahaya matahari, tanah, topografi, dan iklim.
3. Komponen biotik meliputi semua jenis makhluk hidup yang ada pada suatu ekosistem. Contoh komponen biotik adalah manusia, hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme.
4. Ekosistem merupakan salah satu satuan makhluk hidup. Berbagai jenis makhluk hidup dapat dikelompokkan ke dalam satuan-satuan makhluk hidup, meliputi individu, populasi, komunitas, ekosistem, bioma, dan biosfer.
5. Di dalam ekosistem terdapat aliran energi, yaitu transfer energi dari produsen ke konsumen melalui rantai makanan. Sedangkan hubungan komponen biotik dan komponen abiotik adalah bagian dari siklus kimia, yaitu siklus unsur-unsur kimia penyusun makhluk hidup dan makhluk tak hidup.
6. Rantai makanan ialah perpindahan materi dan energi dari makhluk hidup satu ke makhluk hidup lain melalui proses makan dan dimakan dengan urutan tertentu. Rantai makanan ini terdiri atas rantai makanan perumput dan detritus. Berbagai rantai makanan bergabung membentuk jaring-jaring makanan.
7. Piramida ekologi merupakan gambaran yang menunjukkan hubungan struktur trofik dan fungsi trofik. Berdasarkan fungsinya, piramida ekologi dibedakan menjadi tiga macam, yaitu piramida cacah, piramida biomassa, dan piramida energi.
8. Siklus biogeokimia adalah siklus unsur atau senyawa yang mengalir dari komponen abiotik ke biotik dan kembali lagi ke komponen abiotik. Beberapa siklus biogeokimia yang bersifat global adalah siklus karbon, siklus fosfor, siklus nitrogen, dan siklus air.

S E N A R A I K A T A

Emigrasi Keluarnya beberapa individu anggota populasi dari satu daerah ke daerah lain, sehingga mengurangi ukuran populasi yang ditinggalkannya

Imigrasi Masuknya beberapa individu dari luar daerah ke dalam suatu populasi, sehingga akan menambah ukuran populasi yang dimasukinya.

Natalitas Lahirnya individu-individu di dalam sebuah populasi, sehingga menambah ukuran populasi

Mortalitas Matinya individu-individu di dalam sebuah populasi, sehingga mengurangi ukuran populasi

Fenomena Suatu penampakan atau kejadian

Inklusif Tidak eksklusif

Zona limnetik Daerah lapisan air terbuka, jaraknya agak jauh dari tepi danau, dan mendapatkan cahaya yang cukup

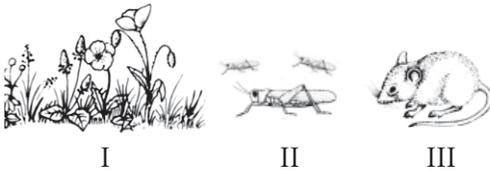
Zona litoral Daerah dangkal dekat pantai

Zona afotik Daerah di laut dalam yang tidak menerima penetrasi cahaya matahari

Zona fotik Daerah di laut yang menerima penetrasi cahaya matahari

A Pilihlah jawaban yang paling tepat.

1. Berbagai interaksi saling mempengaruhi yang terjadi antara makhluk hidup dengan lingkungannya disebut
 - a. simbiosis
 - b. ekosistem
 - c. aliran energi
 - d. kompetisi
 - e. siklus biogeokimia
2. Yang bukan merupakan komponen abiotik adalah
 - a. air dan udara
 - b. cahaya matahari
 - c. cacing tanah
 - d. topografi
 - e. iklim.
3. Perhatikan gambar berikut.

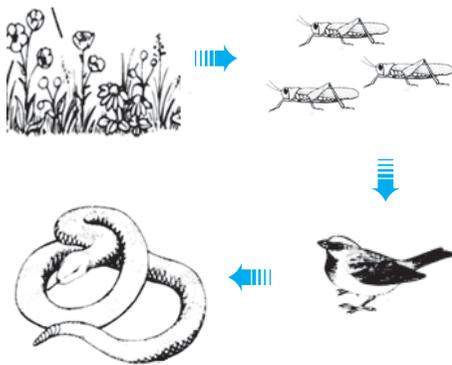


Organisme yang berperan sebagai produsen ditunjukkan oleh gambar

- a. II
 - b. I
 - c. III
 - d. V
 - e. IV
4. Organisme yang mendapatkan makanan dengan menguraikan sisa-sisa organisme yang telah mati disebut

- a. detritus
 - b. dekomposer
 - c. herbivora
 - d. karnivora
 - e. konsumen
5. Satuan makhluk hidup yang paling kecil disebut
 - a. komunitas
 - b. individu
 - c. populasi
 - d. biosfer
 - e. bioma
 6. Perbedaan komunitas dan ekosistem adalah
 - a. ekosistem merupakan bagian komunitas
 - b. komunitas lebih luas dari ekosistem
 - c. komunitas terdiri dari faktor abiotik dan biotik, ekosistem terdiri dari faktor biotik
 - d. ekosistem tersusun dari faktor biotik dan abiotik, komunitas tersusun dari faktor biotik
 - e. komunitas tersusun dari makhluk hidup, ekosistem tersusun dari makhluk tak hidup
 7. Bila pada suatu ekosistem terjadi peningkatan populasi secara berlebihan pada salah satu komponen biotiknya, maka dampaknya akan berpengaruh kepada
 - a. seluruh komponen biotik yang ada saja
 - b. komponen biotik yang populasinya meningkat
 - c. komponen abiotik yang mempengaruhi organisme tersebut
 - d. komponen abiotik dan biotik yang ada
 - e. meningkat dan menurunnya komponen abiotik lainnya
 8. Jika suatu populasi rusa bersaing untuk mendapatkan air dengan populasi gajah, pola interaksi yang terjadi disebut

- kompetisi intraspesifik
 - kompetisi interspesifik
 - kompetisi spesifik
 - simbiosis mutualisme
 - simbiosis komensalisme
9. Hubungan dua makhluk hidup yang hidup bersama, tetapi salah satu pihak dirugikan disebut simbiosis
- parasit-hospes
 - mutualisme
 - komensalisme
 - parasitisme
 - paramutualisme
10. Perhatikan gambar rantai makanan berikut.



Pada rantai makanan tersebut, padi, belalang, burung, dan ular berturut-turut berperan sebagai

- produsen, konsumen sekunder, konsumen tersier, konsumen primer
 - konsumen primer, produsen, konsumen tersier, konsumen sekunder
 - produsen, konsumen primer, konsumen sekunder, konsumen tersier
 - produsen, konsumen tersier, konsumen sekunder, pengurai
 - konsumen sekunder, konsumen primer, produsen, pengurai
11. Tingkatan dalam rantai makanan disebut
- rantai makanan
 - jaring-jaring makanan
 - trofik
 - terarium
 - keseimbangan dinamis

12. Gambaran yang menunjukkan gambaran akurat tentang kecepatan aliran energi dalam suatu ekosistem adalah piramida
- makanan
 - ekologi
 - biomassa
 - energi
 - jumlah
13. Pernyataan yang benar tentang siklus energi adalah
- energi matahari diubah oleh konsumen menjadi makanan
 - semua makanan yang dikonsumsi produsen diubah menjadi energi
 - setiap melewati satu tingkatan trofik, jumlah energi selalu berkurang
 - selama terjadi transfer energi tidak diikuti transfer materi
 - transfer energi terjadi dari konsumen ke produsen
14. Pemasok utama energi di dalam hampir semua ekosistem adalah
- tumbuhan hijau
 - radiasi cahaya matahari
 - bakteri fotosintetik
 - produsen primer
 - air dan unsur hara di dalam tanah
15. Pada setiap tingkatan trofik rantai makanan, karbon kembali ke atmosfer atau air melalui
- respirasi
 - perombakan
 - fotosintesis
 - pembakaran bahan organik
 - evaporasi
16. Peran fosfor dalam tubuh organisme adalah sebagai
- mineral penyusun protein
 - penyusun senyawa organik
 - mineral penyusun tulang dan gigi
 - pelapuk batuan
 - mineral penyusun darah
17. Proses perubahan gas nitrogen (N_2) menjadi mineral yang digunakan untuk mensintesis senyawa organik disebut

- a. nitrifikasi
 - b. fiksasi nitrogen
 - c. denitrifikasi
 - d. amonifikasi
 - e. nitrogenasi
18. Siklus air digerakkan oleh tenaga matahari melalui
- a. evaporasi
 - b. presipitasi
 - c. transpirasi
 - d. evaporasi dan presipitasi
 - e. evaporasi dan transpirasi
19. Unsur yang selalu ditemukan di dalam organisme adalah
- a. nitrogen sebagai penyusun asam amino
 - b. amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-)
 - c. karbon sebagai penyusun asam amino
 - d. nitrogen sebagai penyusun ATP
 - e. fosfor sebagai mineral penyusun tulang dan gigi
20. Siklus biogeokimia yang memiliki sifat yang khas adalah siklus
- a. karbon
 - b. nitrogen
 - c. air
 - d. fosfor
 - e. karbon

B Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.

1. Sebutkan komponen abiotik dan biotik penyusun ekosistem. Jelaskan pula pengaruh setiap komponen terhadap adaptasi makhluk hidup di suatu ekosistem.
2. Apa yang akan terjadi jika di bumi ini tidak ada organisme yang berperan sebagai pengurai? Jelaskan.
3. Jelaskan perbedaan komunitas dan ekosistem.
4. Apa yang akan terjadi jika ular sawah yang merupakan pengendali populasi tikus diburu hingga habis? Jelaskan.
5. Bandingkan rantai makanan perumput dan rantai makanan detritus. Berikan contohnya.
6. Jelaskan dan beri contoh pola-pola interaksi yang terjadi di dalam ekosistem.
7. Apa yang dimaksud dengan rantai makanan? Jelaskan.
8. Buatlah skema jaring-jaring makanan yang mungkin terjadi pada ekosistem hutan.
9. Jelaskan perbedaan antara piramida jumlah, piramida biomassa, dan piramida energi.
10. Gambarkan skema terjadinya siklus air.

B a b X

Permasalahan Lingkungan dan Upaya Mengatasinya



Masalah-masalah lingkungan sering mengemuka dan menjadi berita hangat dalam keseharian kita. Mungkin kalian pernah mendengar berita kebakaran hutan di Sumatera dan Kalimantan, yang hampir selalu terjadi setiap tahun. Atau berita tentang banjir lumpur panas di Sidoarjo yang terjadi pada akhir bulan Mei 2006 yang lalu. Dua contoh tersebut merupakan permasalahan lingkungan yang terjadi akibat perbuatan manusia. Sebagai konsekuensinya, untuk menghindari dampak yang lebih berbahaya, pelestarian lingkungan merupakan upaya yang sangat penting untuk dilakukan. Nah, untuk mempelajarinya kalian bisa menyimak uraian berikut.

KATAKUNCI

- Lingkungan
- Pencemaran
- Polutan
- Biotik
- Abiotik
- Dampak

KILAS

Pada bab ekosistem kalian telah mempelajari interaksi makhluk hidup dengan lingkungannya. Dalam berinteraksi dengan lingkungan, berbagai aktivitas kehidupan manusia berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan.



Microsof Encarta Premium 2006

Gambar 10.1 Hutan yang masih alami

Pada bab ini kalian akan mempelajari berbagai kerusakan dan pencemaran yang terjadi di lingkungan, mendiskusikan penyebabnya, serta menemukan alternatif pemecahannya. Kalian juga akan melakukan pengamatan terhadap pengaruh bahan polutan atas kelangsungan hidup suatu organisme. Setelah itu, kalian akan mempelajari upaya-upaya pelestarian lingkungan dan etika berlingkungan. Kalian pun akan menganalisis jenis-jenis limbah dan melakukan daur ulang limbah sebagai salah satu usaha mengatasi permasalahan lingkungan.

Tujuan pembelajaran ini adalah kalian mampu menemukan faktor-faktor penyebab kerusakan lingkungan dan membuat usulan alternatif pemecahannya. Selain itu, kalian diharapkan mampu mengenali perilaku manusia yang tidak ramah lingkungan, memberikan contoh bahan-bahan polutan dan dampaknya bagi lingkungan, serta menghayati dan mengamalkan etika lingkungan. Selain itu, kalian juga diharapkan mampu mendata dan mengklasifikasikan jenis-jenis limbah dan menjelaskan parameter kualitas limbah sebagai polutan, serta mendesain dan membuat produk daur ulang limbah.

A. Perubahan Lingkungan

Lingkungan dapat diartikan sebagai suatu kesatuan ruang, dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya yang memengaruhi kelangsungan hidup dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya. Sebagai makhluk hidup, manusia merupakan komponen dalam ekosistem. Dengan begitu, kehidupannya juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tempat hidupnya.

Dalam keadaan normal, lingkungan membentuk suatu keseimbangan yang disebut **keseimbangan dinamis** (*dynamic equilibrium*). Dalam kondisi keseimbangan ini, komponen-komponen yang menyusun ekosistem saling mendukung satu sama lain. Komponen-komponen tersebut terdiri atas komponen biotik dan komponen abiotik atau lingkungan. Komponen biotik terdiri atas makhluk hidup, seperti manusia, hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme. Sedangkan lingkungan abiotik terdiri atas benda-benda tidak hidup, seperti tanah, air, udara, kelembaban, dan suhu atau temperatur. Lingkungan abiotik merupakan faktor penting yang mendukung kehidupan.

Contoh lingkungan yang seimbang adalah hutan (Gambar 10.1). Di dalam ekosistem hutan yang masih alami, terdapat pohon-pohon atau tumbuhan lain yang berperan sebagai produsen. Sebagai produsen, tumbuhan merupakan penghasil makanan (energi) dan oksigen, karena mampu melakukan fotosintesis. Fotosintesis menghasilkan karbohidrat sebagai sumber energi bagi konsumennya, termasuk manusia. Tumbuhan juga mempunyai fungsi sebagai tempat berlindung atau tempat tinggal bagi berbagai jenis hewan. Selain untuk makanan, sumber daya hutan juga dimanfaatkan manusia untuk memenuhi keperluan lain, seperti aneka jenis kayu dan rotan yang digunakan untuk bahan bangunan dan peralatan rumah tangga.

Dengan kecerdasan yang dimiliki, serta ilmu pengetahuan dan teknologinya, manusia mampu membuat peradaban dan mengubah bentang alam. Semua aktivitas tersebut akhirnya memengaruhi keseimbangan lingkungan, dan seringkali menimbulkan kerusakan lingkungan. Meskipun kerusakan lingkungan dapat disebabkan oleh faktor alam dan manusia, tetapi manusialah yang berperan penting karena pada dasarnya manusia sangat bergantung pada lingkungan. Manusia memelihara dan menjaga lingkungan karena mendapatkan berbagai manfaat. Dari lingkungan, semua kebutuhan manusia dapat terpenuhi. Lingkungan juga merupakan sumber air dan oksigen yang merupakan unsur vital dalam kehidupan. Tetapi ironisnya, dalam usaha memenuhi kesejahteraan hidupnya, perilaku manusia justru seringkali menurunkan kualitas lingkungan dan menimbulkan berbagai kerusakan.

1. Perubahan Lingkungan dan Dampaknya

Perubahan lingkungan yang disebabkan oleh manusia akan memengaruhi keseimbangan alam. Apabila hal ini terjadi, maka kualitas lingkungan akan menurun, dan pada akhirnya manusia juga yang akan merasakan akibatnya. Berbagai perusakan lingkungan yang sering dilakukan manusia adalah penebangan hutan secara liar, konversi lahan subur menjadi permukiman, serta efek samping intensifikasi pertanian.

Manusia memang bergantung pada alam, sehingga wajar apabila kita mengambil berbagai sumber daya hutan, seperti menebang pohon untuk diambil kayunya. Penebangan hutan harus memerhatikan kelestarian lingkungan, misalnya dengan **sistem tebang pilih** dan diikuti **reboisasi**. Sehingga hutan mampu tumbuh kembali. Namun yang sering dilakukan manusia adalah sebaliknya, yaitu penebangan hutan secara liar (*illegal logging*). Perhatikan Gambar 10.2. **Penebangan liar** ini dilakukan oleh oknum-oknum yang hanya berorientasi pada kepentingan pribadi dan mengabaikan kelestarian lingkungan. Eksploitasi alam secara tidak bertanggungjawab ini pada akhirnya akan mengurangi berbagai fungsi hutan, terutama berkurangnya kemampuan hutan sebagai **penahan air**. Akibatnya, **daya dukung** hutan menjadi berkurang dan memengaruhi kehidupan satwa liar di dalamnya dan juga kehidupan manusia. Selain itu, akibat penebangan liar, hutan pun menjadi gundul, sehingga apabila musim hujan tiba dapat timbul bencana seperti banjir dan tanah longsor.

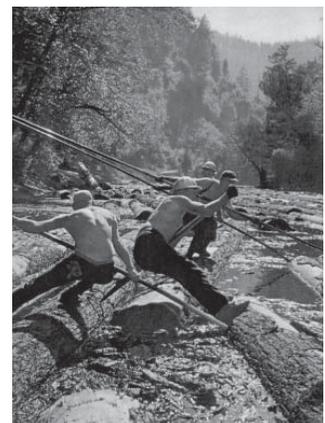
Selain penebangan hutan, untuk memenuhi kebutuhan hidupnya manusia juga membangun rumah atau permukiman. Karena pertumbuhan penduduk yang sangat tinggi, maka ketersediaan lahan yang terbatas menyebabkan **daya tampung** lingkungan menurun. Dan pada akhirnya karena kebutuhan yang sangat tinggi akan rumah tinggal, manusia rela melakukan pembangunan rumah di tanah-tanah yang subur, misalnya sawah, ladang, kebun, bahkan membuka hutan. Konversi lahan subur menjadi area permukiman ini menyebabkan

GALERI

Lumpur Panas Sidoarjo

Tragedi banjir lumpur di Sidoarjo pada Mei 2006 berawal dari tujuan eksploitasi gas bumi oleh PT Lapindo Brantas. Tetapi karena kesalahan prosedur penambangan, terjadi kebocoran pada pipa utamanya, sehingga keluarnya gas diikuti semburan lumpur panas. (www.kompas.com)

Akibat daya sembur yang kuat dari dalam tanah, semburan lumpur tersebut sulit dibendung. Bahkan menenggelamkan areal persawahan dan permukiman. Banjir lumpur panas ini adalah contoh kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Karena lingkungan meliputi faktor-faktor abiotik, biotik, dan kultural, maka pada akhirnya masalah ini bukan hanya menjadi masalah lingkungan, tetapi merambat menjadi masalah sosial pula.



Gambar 10.2 Penebangan liar atau *illegal logging*

Microsoft Encarta Premium 2006

berkurangnya lahan pertanian, sehingga mengancam ketahanan pangan nasional.

Sebagai makhluk **heterotrof**, manusia memerlukan makanan dari tumbuhan dan hewan. Untuk mencukupi kebutuhan pangan tersebut, manusia melakukan budidaya tanaman atau pertanian. Namun, karena lahan pertanian berkurang seiring pertambahan penduduk dan konversi lahan pertanian menjadi perumahan, maka untuk memenuhi kebutuhan pangan tersebut kita melakukan berbagai upaya, misalnya dengan menerapkan **intensifikasi pertanian**. Tujuannya adalah peningkatan produksi pertanian tanpa harus menambah luas lahan (ekstensifikasi pertanian). Penerapan intensifikasi pertanian dengan **Panca Usaha Tani**, di satu sisi dapat meningkatkan ketersediaan pangan, tetapi di sisi lain bisa merugikan manusia sendiri. Pemakaian pupuk dan pestisida yang berlebihan untuk meningkatkan hasil produksi dapat menyebabkan terjadinya polusi atau pencemaran. Pemilihan bibit unggul atau mementingkan komoditas tertentu menyebabkan petani hanya menanam satu jenis tanaman dalam satu lahan (pertanian monokultur). **Pertanian monokultur** akan menurunkan keanekaragaman organisme sehingga menyebabkan terganggunya keseimbangan ekosistem dan berpotensi menyebabkan terjadinya ledakan hama tertentu. Misalnya hama wereng atau tikus yang menyerang area tanaman padi.

Selain akibat ulah manusia, perubahan lingkungan juga terjadi karena peristiwa alam. Contoh peristiwa alam yang mengubah lingkungan tersebut adalah letusan gunung berapi, badai, angin, gempa bumi, musim kemarau yang panjang, kebakaran hutan, banjir, dan tanah longsor. Di antara peristiwa tersebut juga ada yang dipengaruhi oleh campur tangan manusia, misalnya kemarau panjang, kebakaran hutan, banjir, dan tanah longsor yang dipicu oleh penebangan hutan.

Perubahan akibat faktor alam bersifat mendadak dan sulit diatasi. Umumnya menimbulkan dampak yang serius bagi lingkungan. Letusan gunung berapi yang disertai muntahan lahar, awan panas, gas, partikel debu, dan hujan abu (Gambar 10.3), menimbulkan kerusakan berupa rusaknya lingkungan dan matinya tumbuhan, hewan, serta manusia.

Kemarau panjang juga merupakan peristiwa alam yang menimbulkan perubahan lingkungan. Kemarau menimbulkan kekeringan, sehingga banyak tumbuhan yang mati. Di bidang pertanian timbul dampak negatif berupa gagal panen atau penurunan produksi. Di daerah Jawa Barat, misalnya, areal pertanian seluas 1 hektar yang biasanya menghasilkan 3 ton beras, mengalami penurunan produksi menjadi 9 kwintal beras per hektar akibat kekeringan. Namun demikian, terjadinya kemarau panjang dan perubahan iklim yang ekstrim bisa pula terjadi akibat aktivitas manusia, seperti pemanasan global dan penipisan lapisan ozon.



Glenn, Susan Toole, 1999, lhm. 371

Gambar 10.3 Letusan gunung berapi adalah salah satu penyebab kerusakan lingkungan

Kemarau panjang juga bisa memicu **kebakaran hutan**, seperti yang terjadi di Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi (Gambar 10.4). Dampaknya adalah hilangnya keanekaragaman hayati, terjadi kabut asap, dan pemanasan global atau *global warming*. Perlu kalian ketahui, kebakaran hutan di daerah tropis seperti negara kita ini bukan murni terjadi akibat peristiwa alam, tetapi dipicu oleh kegiatan manusia seperti pembukaan hutan dengan pembakaran dan kecerobohan manusia meninggalkan sumber api ketika beraktivitas di dalam hutan. Sedangkan di daerah *temperate* atau daerah empat musim, kebakaran hutan merupakan salah satu kejadian alami yang merupakan ciri ekosistem tersebut. Di sana, kebakaran merupakan salah satu mekanisme alam untuk menjaga keseimbangan dinamisnya.



Gambar 10.4 Kebakaran Hutan

2. Upaya Manusia Mengatasi Perubahan Lingkungan

Berbagai dampak perubahan lingkungan ada yang dapat diatasi, namun ada pula yang sulit diatasi. Kerusakan akibat aktivitas manusia dapat diatasi dengan mencegahnya, sedangkan yang terjadi karena faktor alam lebih sulit dihindari.

Salah satu usaha manusia untuk mengatasi kerusakan lingkungan adalah dengan tidak melakukan penebangan hutan secara liar. Penebangan harus mengikuti aturan hukum yang telah diatur dan ditentukan oleh pemerintah. Penebangan kayu di hutan harus dilakukan dengan sistem tebang pilih. Misalnya pohon jati boleh ditebang hanya jika telah berumur lebih dari 50 tahun. Konversi lahan pertanian untuk permukiman juga sebisa mungkin dihindari. Pembangunan rumah atau permukiman penduduk dilakukan pada tempat-tempat yang tidak produktif, sehingga tidak mengurangi areal pertanian. Di dalam menerapkan intensifikasi pertanian, sebaiknya dibarengi dengan penerapan **pertanian multikultur**. Artinya, selain menanam tanaman utama (padi, jagung, gandum), juga diselingi tanaman sela dengan cara **tumpang sari**, seperti palawija atau kacang-kacangan. Tanaman kacang-kacangan (Suku Leguminosae) mampu mengembalikan kesuburan tanah karena pada bintil-bintil akarnya terdapat simbiosis *Rhizobium* sp. yang mampu mengembalikan senyawa nitrogen ke dalam tanah. Pertanian multikultur juga menjaga keanekaragaman hayati, sehingga terciptalah keseimbangan ekosistem.

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi juga diperlukan untuk mengatasi berbagai perubahan lingkungan. Untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, manusia mengembangkan berbagai industri bertingkat, yaitu:

- a. **Industri primer**, yaitu industri yang mengupayakan kebutuhan dari alam secara langsung, seperti pertanian, pertambangan, perkebunan, kehutanan, peternakan, dan perikanan.

- b. **Industri sekunder**, yaitu industri yang mengolah hasil industri primer, seperti industri makanan, industri tekstil, industri kertas, industri pengolahan minyak bumi, dan industri logam.
- c. **Industri tersier**, yaitu industri yang menghasilkan jasa atau pelayanan, seperti industri farmasi dan komunikasi, transportasi, dan perdagangan.

Sistem industri bertingkat tersebut akan mengurangi eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan. Meski demikian, perkembangan industri juga harus dikelola dengan memerhatikan kelestarian lingkungan, karena industri tidak saja mengubah lingkungan, namun juga dapat menimbulkan polusi (pencemaran).

Sampai di sini kalian sudah mempelajari berbagai hal berkaitan dengan kerusakan lingkungan. Kerusakan lingkungan bisa terjadi karena faktor alam maupun akibat aktivitas manusia. Untuk menambah pengetahuan kalian, kerjakan kegiatan dalam rubrik *Telisik* berikut.

TELISIK

Buatlah kelompok yang terdiri dari 4 orang, kemudian diskusikan hal-hal berikut.

1. Amati kerusakan-kerusakan lingkungan yang ada di sekitar tempat tinggal kalian. Tuliskan contoh-contohnya, baik kerusakan yang terjadi secara alami maupun akibat ulah manusia.
2. Bandingkan antara kedua jenis kerusakan tersebut, mana yang lebih berbahaya?
3. Apa penyebab masing-masing kerusakan lingkungan tersebut? Bagaimana upaya mengatasinya?
4. Carilah artikel mengenai kerusakan lingkungan dari surat kabar atau internet.
5. Bandingkan kerusakan lingkungan yang kalian temukan secara langsung dan yang kalian baca dari berbagai artikel tersebut.
6. Dari data hasil pengamatan kalian dan dari informasi di berbagai artikel, tuliskan faktor-faktor penyebab kerusakan lingkungan dan usulkan upaya-upaya untuk mengatasinya. Tuliskan hasil diskusi kalian dalam tabel berikut.

Jenis Kerusakan Lingkungan, Penyebab, dan Alternatif Pemecahannya

No	Jenis kerusakan	Faktor penyebab	Alternatif pemecahannya
1			
2			
3			
dst			

Setelah menyelesaikan diskusi, untuk meningkatkan pemahaman kalian tentang kerusakan lingkungan, jawablah beberapa pertanyaan berikut.

UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Dalam keadaan normal, lingkungan membentuk suatu keseimbangan yang disebut keseimbangan dinamis. Jelaskan pengertian keseimbangan dinamis.
2. Jelaskan faktor-faktor penyebab kerusakan lingkungan.
3. Sebutkan contoh perubahan lingkungan dan dampaknya.
4. Apa perbedaan daya dukung dan daya tampung lingkungan? Jelaskan.
5. Jelaskan berbagai upaya untuk mengatasi perubahan lingkungan.

Berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alami dapat menurunkan kualitas lingkungan sampai tingkat tertentu. Lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya. Penyebabnya antara lain adalah adanya polutan yang mengakibatkan pencemaran lingkungan.

B. Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan atau polusi terjadi di suatu tempat, ketika di sana terdapat suatu perubahan yang tidak diinginkan. Perubahan-perubahan tersebut meliputi perubahan udara, daratan, dan air secara fisik maupun kimia. Penyebab pencemaran adalah kegiatan manusia terutama di bidang industri, yang menghasilkan limbah atau hasil buangan sisa produksi (Gambar 10.5). **Limbah** adalah suatu benda atau zat yang mengandung substansi yang berbahaya bagi makhluk hidup, baik manusia, hewan, tumbuhan, maupun mikroorganisme. Selain aktivitas industri, limbah juga dihasilkan dari kegiatan rumah tangga, bengkel-bengkel, laboratorium, dan penggunaan pupuk yang berlebihan di bidang pertanian. Apabila limbah-limbah tersebut dibuang begitu saja ke lingkungan tanpa didahului proses pengolahan atau dibuang pada tempat-tempat yang tidak seharusnya, maka akan timbul pencemaran.

Limbah dan zat-zat lain penyebab pencemaran secara umum disebut sebagai polutan atau **zat pencemar**. Polutan atau faktor penyebab polusi bisa berupa makhluk hidup, zat, senyawa, dan energi. Sehingga polutan tersebut dapat kita kelompokkan menjadi polutan biologi, polutan fisika, dan polutan kimia. **Polutan biologi** adalah polutan yang berupa makhluk hidup terutama kelompok mikroorganisme, seperti bakteri dan virus yang sering terdapat pada kotoran, sisa-sisa makanan, dan jasad organisme yang lain. **Polutan fisika** atau polutan energi adalah polutan yang disebabkan oleh faktor-faktor fisik seperti panas, dingin, dan radiasi. Sedangkan **polutan kimia** adalah polutan yang mengandung zat atau senyawa kimia, misalnya limbah yang banyak mengandung logam merkuri (Hg), gas CO₂, gas CFC, debu logam berat, asbestos, pestisida, gas CO, gas H₂S, partikel SO₂, NO₂, dan batubara.



Gambar 10.5 Cerobong pabrik merupakan salah satu sumber pencemaran udara

www.commons.wikimedia.org

Suatu bahan disebut polutan apabila jumlahnya melebihi jumlah normal (di atas nilai ambang batas), dan berada pada waktu dan tempat yang tidak seharusnya.

1. Ragam Pencemaran Lingkungan

Pencemaran dapat terjadi di semua aspek lingkungan, yaitu meliputi berbagai tempat di bumi. Berdasarkan tempat terjadinya atau lingkungan yang dicemarinya, pencemaran dapat kita kelompokkan menjadi beberapa macam. Ragam atau macam pencemaran tersebut adalah pencemaran air, pencemaran udara, pencemaran tanah, dan pencemaran suara.

a. Pencemaran Air

Air merupakan salah satu komponen abiotik utama yang sangat diperlukan untuk kehidupan. Semua makhluk hidup memerlukan air, baik itu manusia, hewan, maupun tumbuhan. Air mempunyai berbagai fungsi dan juga merupakan habitat hewan dan tumbuhan tertentu. Oleh manusia air digunakan untuk minum, memasak, mandi, dan untuk mengairi daerah persawahan. Air yang jernih dan tidak tercemar mempunyai tiga kriteria, yaitu tidak berwarna, berbau, dan tidak berasa. Apabila salah satu kriteria tersebut tidak terpenuhi, maka air dikatakan tercemar atau terkena polusi. Pencemaran air meliputi pencemaran di darat dan di dalam perairan (air tawar dan air laut).

Sumber-sumber pencemaran air dapat berasal dari limbah rumah tangga, limbah industri, limbah pertanian, limbah pertambangan minyak lepas pantai, kebocoran kapal tanker pengangkut minyak, atau sampah-sampah organik. Limbah-limbah tersebut masuk ke lingkungan air dan mengganggu keseimbangan dinamisnya.

Limbah rumah tangga dihasilkan dari aktivitas kehidupan sehari-hari, bisa berupa sampah maupun senyawa-senyawa kimia. Sampah rumah tangga sebagian besar berupa limbah organik (daun, sisa-sisa makanan), kertas, dan sabun serta detergen. Apabila limbah tersebut langsung dibuang ke sungai atau kolam, dapat menyebabkan pencemaran air. Akibatnya, banyak organisme air yang mati atau mengalami gangguan.

Apabila sungai digunakan oleh masyarakat untuk mandi, mencuci pakaian, atau untuk memasak, maka pencemaran yang ditimbulkannya akan sangat berbahaya dan dapat menimbulkan berbagai penyakit akibat bakteri dan virus. Selain itu, sampah-sampah yang dibuang ke sungai akan menyumbat aliran air dan dapat menyebabkan banjir, seperti di lingkungan perkotaan yang sistem pembuangan sampahnya tidak teratur (Gambar 10.6).

Limbah industri juga dapat menyebabkan pencemaran air. Polutan tersebut berupa zat-zat buangan yang sangat berbahaya, seperti logam berat (Hg), zat-zat radioaktif, sampah, dan kotoran (dari pengolahan hasil ternak), dan polutan panas (*thermal water waste*). Sebagian besar industri membuang limbah cairnya langsung ke sungai tanpa diolah



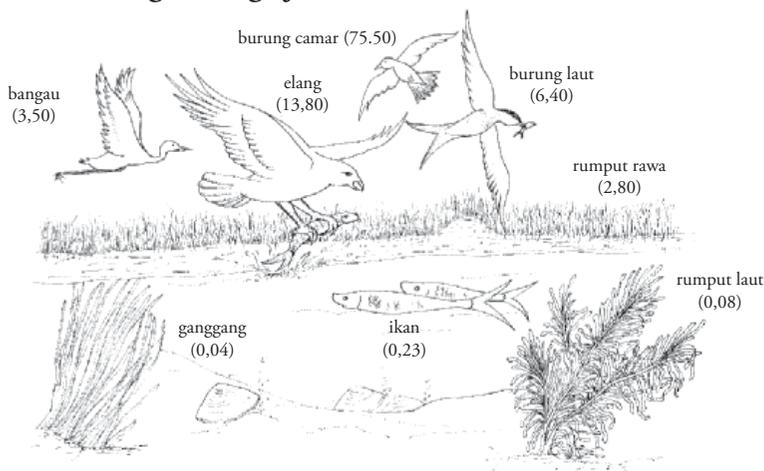
National Geographic Indonesia, Juli 2006, blm 114

Gambar 10.6 Pencemaran air oleh limbah rumah tangga

terlebih dahulu. Limbah tersebut sangat berbahaya dan pada manusia berpotensi menimbulkan kanker. Bahkan limbah yang sudah diolah sekalipun ternyata masih mengandung bahan yang beracun, seperti Hg, Pb, Cr, Cu, Zn, dan Ni. Contoh kasus pencemaran ini adalah pencemaran air raksa atau merkuri (Hg) di Teluk Minamata, Jepang. Tragedi Minamata tersebut banyak menelan korban jiwa karena logam berat ternyata masuk ke tubuh ikan-ikan yang ada di perairan Teluk Minamata, dan setelah ditangkap para nelayan ikan-ikan tersebut kemudian dikonsumsi oleh manusia. Akhirnya senyawa Hg tersebut sampai di tubuh manusia dan menyebabkan gangguan kesehatan yang lantas dikenal dengan **penyakit minamata**. Penyakit tersebut menyerang sistem saraf dan dapat menimbulkan kematian. Kasus semacam minamata juga pernah terjadi di Teluk Buyat, Minahasa.

Pencemaran air juga disebabkan oleh **limbah pertanian**, misalnya sisa pemakaian pupuk buatan, pestisida, dan herbisida yang berlebihan. Polutan tersebut mengalir ke luar daerah persawahan, terbawa sampai ke sungai dan menyebabkan matinya organisme air, seperti ikan, plankton, siput, serta hewan lain dan juga manusia yang menggunakan air tersebut. Pupuk yang ikut masuk ke aliran sungai atau danau akan menyebabkan *blooming* Alga dan tanaman air lainnya seperti enceng gondok (*Eichhornia crassipes*), yaitu pertumbuhan yang sangat cepat akibat penimbunan pupuk di perairan (Gambar 10.7). Penimbunan pupuk yang menyebabkan *blooming* ini disebut **eutrofikasi**. Kasus ini pernah terjadi di danau Rawa Pening, Jawa Tengah dan di tempat-tempat lain di Indonesia. Akibat pertumbuhan alga dan tanaman air lainnya adalah terjadinya pendangkalan perairan.

Contoh limbah pertanian yang juga menimbulkan polusi adalah DDT (*dichloro diphenyl trichloroethan*), yaitu sejenis pestisida. Bila masuk ke dalam tubuh organisme, zat organoklorin di dalam DDT akan mengalami penumpukkan atau terakumulasi. Proses ini disebut **biological accumulation**. Di dalam rantai makanan, kadar DDT ini akan semakin meningkat pada tubuh organisme di setiap tingkat trofik, dan konsentrasi tertinggi berada pada puncak konsumen. Proses ini disebut **biological magnification**. Perhatikan Gambar 10.8.



Gambar 10.7 Blooming enceng gondok akibat eutrofikasi

Gambar 10.8 Biological magnification DDT pada rantai makanan

Biological magnification dapat terjadi karena DDT merupakan insektisida yang sangat efektif terhadap serangga, tetapi tidak beracun bagi hewan lain seperti burung dan mammalia. Senyawanya juga sangat stabil. Senyawa tersebut tidak larut dalam air, tetapi dapat larut dalam minyak atau lemak. Dalam dosis besar, DDT bisa membunuh serangga, tetapi dalam dosis kecil ia tidak mematikan. Sehingga serangga tersebut masih bisa bertahan hidup dan akhirnya muncul jenis-jenis yang resisten atau kebal terhadap DDT. Konsentrasi DDT 1 ppm di dalam tubuh serangga bisa berlipat menjadi 2000 kali lebih besar bila serangga-serangga tersebut dimakan oleh katak. Dan dalam tubuh burung yang memakan katak tersebut, konsentrasi DDT bisa jadi 8000 kalinya. Begitu seterusnya, hingga konsentrasi DDT semakin meningkat di dalam rantai makanan.

Selain tidak dapat diuraikan dan tidak dapat dikeluarkan dari dalam tubuh, DDT juga merugikan bagi organisme yang memakannya. Selain bersifat merusak jaringan dan berpotensi menimbulkan kanker, senyawa ini juga menghambat proses pengapuran kulit telur pada burung. Akibatnya, berbagai populasi burung bisa mengalami penurunan akibat telur-telurnya gagal menetas. Bahkan, karena sifatnya yang tidak terurai, DDT bisa terbawa air sampai ke perairan yang jaraknya sangat jauh dari sumber pencemaran. Penggunaan DDT di perkebunan apel di Amerika, misalnya, ternyata mempengaruhi kehidupan burung Pinguin di Benua Antartika, karena DDT tersebut terbawa arus laut melalui Samudera Pasifik.

Polutan pencemaran air yang lain adalah **limbah pertambangan**. Tambang minyak lepas pantai dan tumpahan minyak mentah dari kapal tanker yang bocor menimbulkan pencemaran di laut. Tumpahan minyak tersebut dapat membunuh organisme laut, seperti ikan, anjing laut, dan berbagai jenis burung laut. Tumpahan minyak tersebut juga bisa menghalangi penetrasi cahaya matahari ke dalam laut, sehingga berbagai jenis tumbuhan laut tidak dapat melakukan proses fotosintesis.

Penyebab pencemaran air juga bisa berupa sampah-sampah organik. Kehadiran sampah-sampah organik di perairan menyebabkan pertumbuhan populasi bakteri pembusuk, sehingga meningkatkan kadar BOD (*biochemical oxygen demand*) dan menurunkan kadar COD (*chemical oxygen demand*). COD rendah berarti kandungan O₂ di dalam air menurun, sehingga mengganggu aktivitas kehidupan air. Akibatnya, banyak organisme air yang mati. Jika pencemaran bahan organik meningkat, kita akan menemui cacing *Tubifex* sp. bergerombol dan berwarna putih kemerah-merahan. Cacing ini merupakan **bioindikator** parahnya pencemaran oleh bahan organik dari pemukiman penduduk.

Pada rubrik *Percobaan* berikut, kalian akan mengamati ekosistem sungai dan menentukan kualitas ekosistem tersebut dikaitkan dengan pencemaran air.

Menentukan Kualitas Ekosistem Sungai

A. Dasar Teori

Sungai merupakan ekosistem perairan yang dinamis. Air sungai selalu berganti dan mengalir dari hulu ke hilir membawa berbagai benda atau senyawa-senyawa yang ikut hanyut atau larut di dalam alirannya. Tetapi ketika melewati daerah pemukiman penduduk atau lingkungan kumuh di perkotaan, air sungai tersebut tidak lagi lancar mengalir karena tersumbat oleh berbagai macam sampah. Akibat aliran yang terhenti, air sungai tidak lagi jernih, tetapi seringkali justru menimbulkan bau yang tidak sedap. Ini berarti kualitas air sungai tersebut mengalami penurunan.

Penurunan kualitas air sungai menunjukkan telah terjadinya pencemaran lingkungan. Berbagai limbah industri maupun limbah rumah tangga merupakan komponen utama polutan air sungai. Keberadaan polutan tersebut di samping menyumbat aliran air, menimbulkan bau dan pemandangan tidak sedap, juga menimbulkan perubahan faktor fisik seperti suhu dan pH. Perubahan lingkungan fisik tersebut akhirnya memengaruhi kehidupan pelbagai jenis organisme air, seperti ikan dan tumbuhan air.

B. Tujuan

Menemukan berbagai data kondisi air sungai dan kesehatan ekosistemnya.

C. Alat dan Bahan

- | | |
|--------------------------------------|---------------------|
| 1. alat tulis | 4. galah panjang |
| 2. pH meter atau indikator universal | 5. botol atau ember |
| 3. termometer | |

D. Langkah Percobaan

1. Tentukan sungai yang letaknya tidak jauh dari sekolah. Pilihlah lokasi yang aman dan sungai tersebut tidak terlalu dalam.
2. Bagilah sungai tersebut menjadi 3 zona pengamatan, yaitu sungai sebelum melewati permukiman penduduk (zona I), sungai di sepanjang pemukiman penduduk (zona II), dan sungai setelah melewati pemukiman penduduk (zona III).
3. Bagilah kelas kalian menjadi 3 kelompok. Setiap kelompok melakukan pengamatan di salah satu zona tersebut.
4. Amati kondisi aliran sungai dan warna airnya. Amati pula jenis-jenis hewan dan tumbuhan yang ada di sana dan bagaimana keadaannya.
5. Amati berbagai jenis sampah yang mungkin ada, dan ambilah sampah-sampah tersebut.
6. Ambilah sampel air sungai dengan ember atau botol, kemudian ukurlah suhunya dengan termometer dan ukurlah pHnya dengan pH meter atau indikator universal.
7. Isikan data pengamatan kalian dalam tabel berikut.

Nama sungai :

Lokasi :

Tanggal pengamatan :

Kelompok kerja :

Zona pengamatan :

Tabel Pengamatan Ekosistem Sungai

Sifat fisik sungai				Organisme		Jenis sampah	
arus	warna/ bau	Suhu (°C)	pH	hewan	tumbuhan	organik	anorganik
				1.	1.	1.	1.
				2.	2.	2.	2.
				3.	3.	3.	3.
				4. dst	4. dst	4. dst	4. dst

8. Gabungkanlah data ketiga zona pengamatan ke dalam satu tabel.

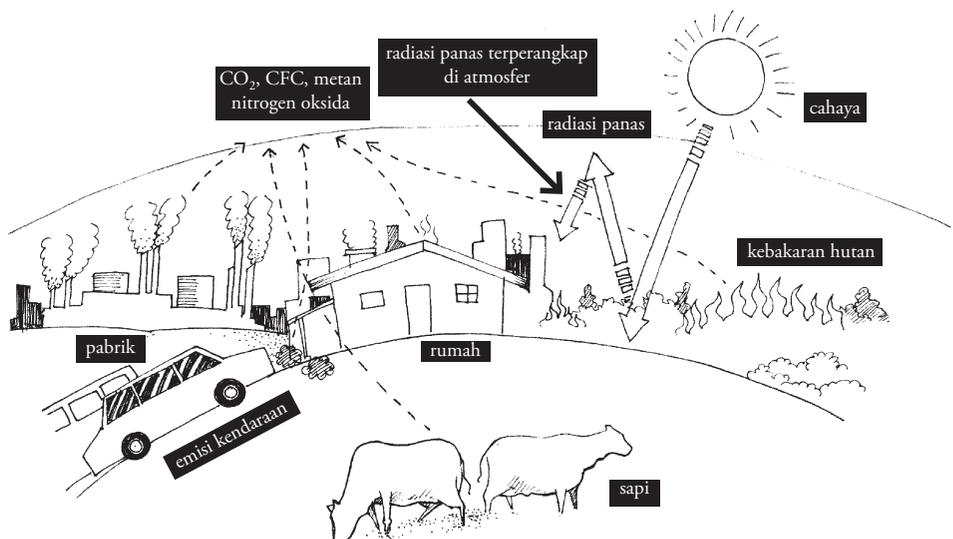
E. Pembahasan

1. Berdasarkan pengamatan kalian, bagaimana kondisi ekosistem sungai tersebut? Apakah ekosistem tersebut masih sehat atau sudah tercemar?
2. Adakah perbedaan kondisi sungai di ketiga zona pengamatan tersebut? Apa penyebabnya?
3. Apa yang dapat kalian usulkan untuk menjaga kelestarian lingkungan sungai tersebut beserta ekosistemnya?

b. Pencemaran Udara

Pencemaran udara disebabkan oleh berbagai aktivitas manusia, baik kegiatan rumah tangga (pembakaran sampah), kegiatan industri (asap dari cerobong pabrik), maupun kegiatan pertanian (penyemprotan insektisida). Kebakaran hutan juga merupakan bentuk lain polusi udara. Asap rokok dan asap dari kendaraan bermotor juga merupakan sumber pencemaran udara.

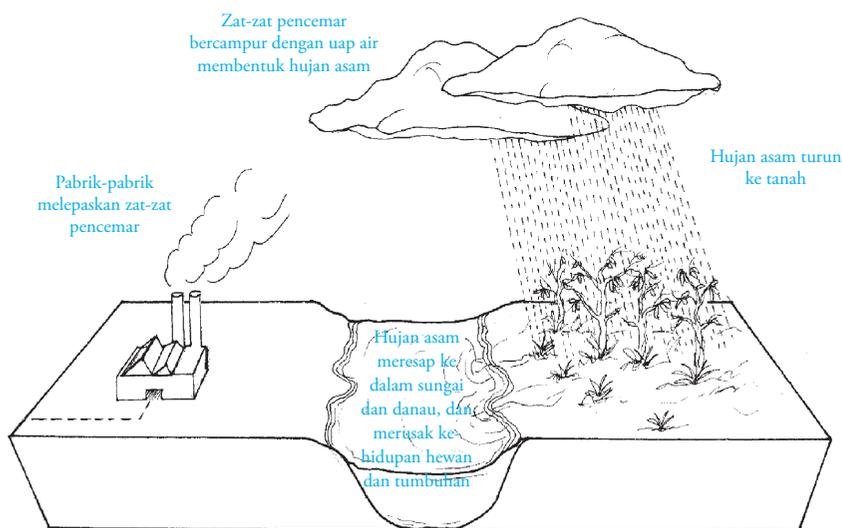
Pencemaran udara dapat berupa gas, seperti **karbon monoksida** (CO) dan **karbon dioksida** (CO₂). Gas CO ini tidak berbau dan tidak berwarna, serta bersifat racun. Gas ini berasal dari pembakaran tidak sempurna pada kendaraan berbahan bakar bensin dan solar. Karbon monoksida juga dihasilkan dari pembakaran sampah dan dari industri, terutama industri baja dan besi. CO berikatan dengan **hemoglobin** di dalam darah, membentuk COHb yang berbahaya dan pada kadar 750 ppm bersifat mematikan. Sedangkan gas CO₂ sebenarnya adalah komponen normal udara, tetapi bila terjadi gangguan pada daur karbon maka konsentrasi CO₂ akan meningkat. Peningkatan kadar CO₂ disebabkan oleh pembakaran kayu, batu bara, gas alam, di dalam hutan. Akibat peningkatan kadar CO₂ adalah terjadinya **efek rumah kaca** (*green house effect*). Perhatikan Gambar 10.9.



Gambar 10.9 Efek rumah kaca

Efek rumah kaca adalah suatu kondisi suhu bumi yang terus meningkat akibat pemantulan kembali oleh lapisan CO_2 di atmosfer. Peningkatan suhu yang dirasakan di seluruh bagian bumi ini disebut **pemanasan global** (*global warming*). Efek rumah kaca dikhawatirkan dapat memicu mencairnya es di kutub sehingga terjadi peningkatan tinggi permukaan laut dan mampu menenggelamkan pulau-pulau atau daerah dataran rendah. Efek lainnya adalah perubahan iklim sehingga terjadi pergeseran curah hujan dan kekeringan di beberapa tempat.

Polutan yang juga berupa gas adalah H_2S dan SO_2 . H_2S merupakan gas beracun, terdapat di kawasan gunung berapi, terutama saat sedang aktif. Selain itu, H_2S juga dihasilkan dari pembakaran minyak bumi dan batu bara. Pembakaran batubara yang mengandung sulfur juga menghasilkan sulfur dioksida (SO_2) dan nitrogen dioksida (NO_2). Kedua gas tersebut bereaksi membentuk asam dan suatu saat akan jatuh sebagai hujan asam. Hujan asam ini akan menyebabkan korosi (karatan) pada besi, dan perubahan morfologi pada daun, batang, dan juga dapat mengganggu pernapasan pada manusia dan hewan. Perhatikan Gambar 10.10.



Gambar 10.10 Terjadinya hujan asam

Selain berupa gas, polusi udara juga disebabkan oleh partikel-partikel. SO_2 dan NO_2 bersama dengan partikel cair membentuk embun, membentuk awan dekat tanah yang dapat mengganggu pernapasan. Jenis polutan lainnya adalah senyawa CFC (*Chloro Fluoro Carbon*) yang biasa digunakan pada pendingin ruangan, dan lemari es. Sumber CFC lainnya adalah perlengkapan yang menggunakan penyemprot aerosol, proses pembuatan karet busa, proses pembuatan plastik, AC, dispenser, dan *hairdryer*. Di atmosfer, CFC akan berikatan dengan ozon di lapisan stratosfer, sehingga molekul ozon terurai dan membentuk lubang di beberapa tempat di bumi, seperti di atas

Antartika dan kutub utara. Lubang tersebut akan mengurangi fungsi lapisan ozon sebagai penahan sinar Ultra Violet (UV). Sinar UV dari matahari bila sampai ke bumi dapat menimbulkan kanker kulit dan gangguan rantai makanan di laut.

Untuk meningkatkan pemahaman kalian tentang pencemaran udara, lakukanlah *Percobaan* berikut.

PERCOBAAN

Menentukan Pengaruh Polusi Udara terhadap Kehidupan Tumbuhan

A. Dasar Teori

Tumbuhan merupakan organisme yang mampu memanfaatkan gas CO₂ dan tenaga matahari untuk berfotosintesis. Namun demikian, tidak semua jenis gas di udara bermanfaat bagi tumbuhan, karena ada beberapa yang bersifat racun bagi tumbuhan. Di samping berfotosintesis, tumbuhan juga melakukan pernapasan atau respirasi. Apabila gas-gas beracun tersebut terserap pada saat respirasi, kehidupan tumbuhan akan terganggu.

Berbagai jenis tumbuhan sensitif terhadap pencemaran udara. Jenis-jenis tumbuhan tersebut hanya dapat hidup di tempat dengan udara yang masih bersih, dan akan mati bila mengalami pencemaran. Contohnya adalah tumbuhan lumut epifit (Bryophyta) dan lumut kerak (Lichens), sehingga sering digunakan sebagai bioindikator pencemaran udara. Selain itu ada pula berbagai jenis tumbuhan yang toleran terhadap pencemaran, misalnya lidah mertua (*Sensivera trifasciata*) dan berbagai jenis tumbuhan peneduh yang hidup subur di tengah lajur jalan yang padat akan kendaraan.

B. Tujuan

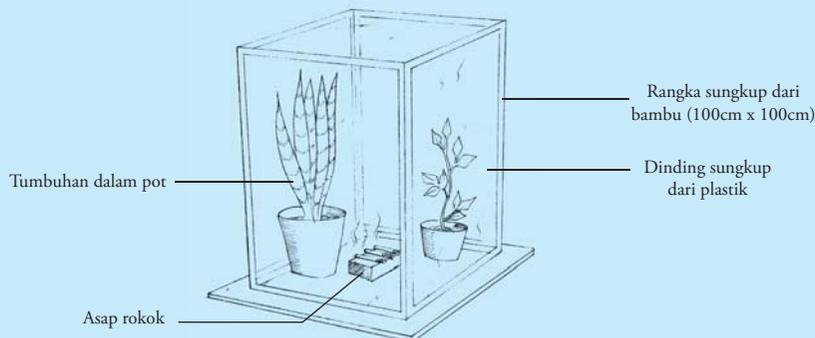
Menentukan daya tahan tumbuhan terhadap pencemaran udara.

C. Alat dan Bahan

1. Dua jenis tanaman di dalam pot, salah satunya adalah tanaman lidah mertua (*Sensivera trifasciata*)
2. sungkup dari bambu dan plastik
3. rokok
4. korek api

D. Langkah Percobaan

1. Bagilah kelas kalian menjadi beberapa kelompok kerja. Masing-masing kelompok melakukan langkah-langkah berikut.
2. Masukkan tiap jenis tanaman ke dalam sungkup.
3. Letakkan kedua sungkup tersebut di tempat yang mendapatkan cukup cahaya untuk fotosintesis
4. Ke dalam setiap sungkup, masukkan 3 batang rokok kemudian sulut rokok tersebut sehingga mengeluarkan asap. Tutup sungkup rapat-rapat. Perhatikan gambar berikut.



5. Berikan perlakuan tersebut setiap pagi atau sore selama 3 hari.
6. Amati kedua tanaman tersebut setiap hari.
7. Tuliskan hasilnya dalam tabel berikut

Pengaruh asap Rokok terhadap Kehidupan Tanaman

Hari ke-	Keadaan tanaman	
	<i>Sensivera trifasciata</i>
1		
2		
3		

E. Pembahasan

1. Berdasarkan pengamatan kalian, bagaimana pengaruh asap rokok terhadap kehidupan kedua jenis tanaman tersebut?
2. Gas-gas apa yang terkandung di dalam asap rokok?
3. Mengapa tanaman lidah mertua lebih tahan terhadap asap rokok?
4. Bila perlakuan tersebut diberikan secara terus-menerus, apa yang akan terjadi dengan kedua jenis tanaman tersebut?
5. Bahaslah data-data percobaan kalian dan carilah referensi pendukungnya.
6. Buatlah laporan dan diskusikan di dalam kelas.

c. Pencemaran Tanah

Limbah rumah tangga seperti sampah plastik yang sukar hancur, botol-botol, karet sintesis, pecahan kaca, dan kaleng, merupakan penyebab pencemaran tanah. Sampah-sampah tersebut tidak dapat diuraikan oleh bakteri atau mikroba tanah. Karena bersifat racun, limbah-limbah tersebut bisa juga menyebabkan kematian organisme tanah.

Selain limbah rumah tangga, limbah pertanian seperti sisa penggunaan pupuk buatan, pestisida, dan herbisida juga dapat menyebabkan pencemaran tanah. Limbah-limbah tersebut sukar terurai dan dapat bertahan lama di dalam tanah, sehingga **residu** atau sisa limbah tersebut dapat membahayakan kehidupan organisme tanah. Residu DDT di dalam tanah dapat membunuh mikroba pengurai yang sangat penting peranannya bagi proses pembusukan, dan akibatnya kesuburan tanah akan terganggu. Bila tanah yang tercemar tersebut tersiram air hujan, maka polutan di dalamnya akan larut dan akhirnya mencemari perairan.

Kegiatan industri pertambangan juga dapat menimbulkan pencemaran tanah. Salah satu kegiatan penambangan yang memiliki pengaruh besar mencemari tanah adalah penambangan batu bara, penambangan emas, besi, dan sebagainya. Penggunaan senyawa-senyawa untuk memisahkan biji emas, misalnya merkuri (Hg), juga sangat membahayakan organisme yang tercemarinya.

d. Pencemaran Suara

Pencemaran suara disebabkan oleh kebisingan atau bunyi-bunyi yang mengganggu atau merusak pendengaran manusia, memiliki intensitas di atas 50 desibel (dB). Sumber pencemaran suara antara lain

Pengaruh Musik terhadap Kecerdasan

Penelitian di Amerika menunjukkan bahwa musik dapat memengaruhi fisiologi organisme. Tanaman yang setiap hari diperlakukan dengan diputar musik rock ternyata mengalami gangguan pertumbuhan. Sedangkan yang diperlakukan dengan musik klasik menunjukkan tidak ada gangguan, dan justru arah pertumbuhannya menuju ke sumber suara tersebut. Apabila musik klasik diperdengarkan pada kandungan seorang wanita hamil, maka bayi yang akan lahir akan memiliki tingkat kecerdasan yang tinggi.

kendaraan bermotor, kapal terbang, deru mesin pabrik, dan radio *tape* yang berbunyi keras. Pencemaran suara merupakan pencemaran serius, karena dapat menimbulkan cacat pendengaran permanen.

e. Pencemaran Bahan Radioaktif

Penyebab pencemaran radio aktif adalah debu radioaktif yang berasal dari bom nuklir serta reaktor-reaktornya. Bahaya yang ditimbulkannya adalah radiasi sinar α , β , δ dan partikel-partikel neutron yang lain hasil reaksi fusi dan reaksi fisi. Pengaruh paparan radioaktif terhadap gen adalah menimbulkan terjadinya **mutasi gen**. Bila mutasi terjadi pada sel tubuh atau sel somatis, maka berpotensi menimbulkan kanker atau tumor.

2. Dampak Pencemaran Lingkungan dan Upaya Mengatasinya

Pencemaran lingkungan menimbulkan dampak yang serius bagi kehidupan manusia dan keseimbangan lingkungan. Pencemaran air akibat limbah rumah tangga menyebabkan kematian organisme air, karena limbah tersebut bersifat racun. Akibat buruk yang lain adalah timbulnya penyakit gatal-gatal dan diare, terutama pada masyarakat yang memanfaatkan air sungai untuk kehidupan sehari-hari. Pencemaran air akibat limbah pertanian juga menyebabkan kematian organisme yang hidup di air sungai dan penyakit gatal-gatal pada manusia.

Sedangkan limbah industri yang masuk ke perairan, selain menyebabkan kematian bagi organisme air juga menimbulkan penyakit, seperti penyakit minamata yang terjadi akibat manusia mengkonsumsi ikan-ikan yang ternyata mengalamai akumulasi logam merkuri pada tubuhnya. Pencemaran akibat tumpahan minyak di laut juga berdampak buruk bagi organisme laut. Selain itu sampah-sampah organik juga bisa mengakibatkan kematian organisme air, seperti ikan, Crustacea, dan Mollusca.

Selain pencemaran air, pencemaran udara juga menimbulkan kerugian bagi lingkungan. Gas CO_2 dan CO merupakan penyebab gangguan pernapasan, seperti sesak napas dan batuk-batuk. Gas H_2S yang keluar dari aktivitas gunung berapi menyebabkan udara terasa panas atau suhu terlalu tinggi dan sesak nafas. Kadar CO_2 meningkat menyebabkan efek rumah kaca. Partikel-partikel SO_2 dan NO_2 mengakibatkan hujan asam. Akibat hujan asam adalah kerusakan hutan, tanaman pertanian dan perkebunan, korosi pada besi atau logam, serta bangunan-bangunan menjadi berwarna kuning. Pemakaian gas CFC juga menyebabkan dampak berupa penipisan lapisan ozon.

Dampak negatif dari pencemaran tanah juga merupakan permasalahan lingkungan yang serius. Pencemaran tanah akibat limbah rumah tangga menyebabkan kematian mikroorganisme tanah (bakteri pengurai yang berfungsi sebagai dekomposer), sehingga tanah menjadi tandus dan kesuburannya menurun. Dampak yang sama juga ditimbulkan oleh limbah pertanian dan pertambangan, yang juga menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia, misalnya gangguan pernapasan.

Pencemaran yang lain seperti pencemaran suara dan pencemaran bahan radioaktif juga perlu diatasi. Suara yang melebihi ambang batas kebisingan dapat menyebabkan gangguan pendengaran atau cacat pendengaran permanen. Sedangkan pencemaran radioaktif dapat menyebabkan mutasi gen yang menimbulkan kanker atau tumor.

Nah, untuk menghindari berbagai dampak pencemaran lingkungan manusia perlu melakukan berbagai upaya. Perhatikan Tabel 10.1. Berbagai upaya tersebut merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan oleh setiap anggota masyarakat. Karena pada dasarnya kerusakan lingkungan ditimbulkan oleh aktivitas manusia dan akan memberikan dampak bagi kehidupan manusia sendiri. Untuk menghindari berbagai akibat yang lebih buruk, kita harus bersahabat dengan lingkungan.

Tabel 10.1 Upaya Mengatasi Pencemaran Lingkungan

No	Macam pencemaran	Sumber pencemaran	Upaya mengatasinya
1.	Pencemaran air	<ul style="list-style-type: none"> Limbah rumah tangga: kertas, daun, sabun detergen, kotoran, dan lain-lain Limbah industri: logam berat (Hg), zat-zat radioaktif, sampah, kotoran, dan polutan panas Limbah pertanian: sisa pupuk buatan, pestisida, herbisida Limbah pertambangan: tumpahan minyak di laut Sampah anorganik: PO_4, SO_3, NO, Ni, Pb, Fe, Hg 	<ul style="list-style-type: none"> Membuang limbah pada tempatnya, dan melakukan daur ulang (<i>recycling</i>) Dibuat unit pengolahan limbah Pemakaian pupuk buatan, pestisida, dan herbisida harus sesuai aturan Mengembangkan pertanian organik. Kapal tanker pengangkut minyak diupayakan tidak bocor, dan sistem penyimpanan menggunakan dua tangki (tangki untuk minyak, dan tangki untuk menyimpan air) Pembuangan sampah anorganik harus pada tempatnya
2.	Pencemaran udara	<ul style="list-style-type: none"> Kegiatan rumah tangga: pembakaran sampah Kegiatan industri: asap dari cerobong pabrik Knalpot motor atau mobil Kegiatan pertanian: penyemprotan pestisida, herbisida, insektisida 	<ul style="list-style-type: none"> Sampah-sampah dipisahkan dan didaur ulang Cerobong asap diberi filter (alat penyangring) Knalpot motor dan mobil diberi filter untuk mengurangi emisi gas CO Pemakaian insektisida, herbisida harus sesuai dengan dosis (aturan) Penyemprotan dilakukan pada pagi hari sehingga tidak terbawa oleh angin

		<ul style="list-style-type: none"> • Api dari puntung rokok atau sumber api lain yang ditinggalkan di hutan • Gas H₂S (Hidrogen Sulfida) yang keluar dari lava gunung berapi, pembakaran batubara dan minyak bumi • Senyawa CFC yang berasal dari AC, dispenser, almari es, hairdye, dan lain-lain 	<ul style="list-style-type: none"> • Jika beraktivitas di hutan, pastikan tidak meninggalkan puntung rokok dan sumber api lainnya dengan sembarangan • Sebaiknya menggunakan masker wajah untuk menghindari gas H₂S • Lokasi pabrik batubara dan pembakaran minyak bumi jauh dari pemukiman penduduk • Membatasi penggunaan alat-alat yang menggunakan CFC
3.	Pencemaran tanah	<ul style="list-style-type: none"> • Kegiatan rumah tangga: sampah plastik, botol-botol, karet sintesis, pecahan kaca, dan kaleng • Kegiatan pertanian: pemakaian pupuk buatan, sisa pestisida yang berlebihan • Kegiatan pertambangan: hasil penambangan batu bara, emas, besi, dan lain-lain 	<ul style="list-style-type: none"> • Daur ulang atau penggunaan kembali • Sebaiknya pemakaian pupuk pertanian sesuai dengan aturan/dosis • Limbah pertambangan harus dibuang pada tempatnya atau didaur ulang
4.	Pencemaran suara	<ul style="list-style-type: none"> • Suara bising (kebisingan) dari percakapan normal, keributan orang, suara kereta api, suara mesin pabrik, suara petir, suara pesawat yang tinggal landas 	<ul style="list-style-type: none"> • Sebaiknya gunakan penutup telinga • Lokasi pabrik atau stasiun KA, bandara pesawat terbang jauh dari permukiman penduduk
5.	Pencemaran bahan radioaktif	<ul style="list-style-type: none"> • Debu radioaktif yang berasal dari bom nuklir dan reaktor nuklir 	<ul style="list-style-type: none"> • Dibuatkan sistem pengamanan reaktor nuklir • Sebelum dibuang ke lingkungan, sisa-sisa radioaktif harus dinetralkan

Untuk memantapkan pemahaman kalian tentang pencemaran lingkungan, jawablah beberapa pertanyaan berikut.

UJI KOMPETENSI

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Apa yang dimaksud dengan pencemaran lingkungan? Apa bedanya dengan perubahan lingkungan?
2. Sebut dan jelaskan macam pencemaran lingkungan.
3. Jelaskan pengertian *biological magnification* dan contoh kasusnya pada penggunaan DDT. Apa kaitannya dengan *biological accumulation*?
4. Jelaskan proses terjadinya efek rumah kaca.
5. Jelaskan dampak pencemaran lingkungan dan upaya mengatasinya.

Permasalahan lingkungan merupakan masalah yang dihadapi oleh masyarakat di seluruh dunia. Hal itu merupakan konsekuensi dari aktivitas kehidupan manusia yang menimbulkan berbagai dampak pada lingkungan. Dampak tersebut berupa perubahan atau kerusakan dan pencemaran lingkungan yang terjadi di berbagai wilayah, terutama akibat eksploitasi sumber daya alam. Karenanya, kebijakan pemerintah dan peran masyarakat merupakan faktor penting untuk menjaga kelestarian lingkungan.

C. Pelestarian Lingkungan

Dalam ilmu lingkungan kita mengenal istilah *pollution knows no national boundaries* atau polusi tidak mengenal batas-batas negara. Pada kasus kebakaran hutan misalnya, kabut asap yang terjadi akibat terbakarnya hutan di Kalimantan, dampaknya tidak hanya dirasakan oleh masyarakat di Pulau Kalimantan saja tetapi masyarakat di negara tetangga, seperti Brunei Darussalam, Malaysia, dan Singapura juga turut kena getahnya. Contoh lain adalah penggunaan DDT pada perkebunan apel di Amerika yang ternyata dampaknya dirasakan pula oleh burung penguin di Benua Antartika. Sehingga, untuk menangani berbagai masalah global tersebut, dibutuhkan kerjasama internasional.

Lingkungan hidup dalam pengertian ekologi tidak mengenal batas wilayah, baik wilayah negara maupun wilayah administratif. Akan tetapi, lingkungan hidup yang berkaitan dengan pengelolaan harus jelas batas wilayah wewenang pengelolaannya. Lingkungan yang dimaksud adalah lingkungan hidup Indonesia. Secara hukum, lingkungan hidup Indonesia meliputi ruang tempat negara Republik Indonesia melaksanakan kedaulatan dan hak berdaulat serta yurisdiksinya. Dalam hal ini, lingkungan hidup Indonesia tidak lain adalah wilayah yang menempati posisi silang antara dua benua dan dua samudera dengan iklim tropis dan cuaca serta musim yang memberikan kondisi alam dan kedudukan dengan peranan strategis yang tinggi nilainya sebagai tempat rakyat dan bangsa Indonesia menyelenggarakan kehidupan bermasyarakat, berbangsa, dan bernegara dalam segala aspeknya. Dengan demikian, wawasan dalam menyelenggarakan pengelolaan lingkungan hidup Indonesia adalah **Wawasan Nusantara**.

Dalam usaha mengelola lingkungan hidup, pemerintah Indonesia mengeluarkan berbagai peraturan dan kebijakan untuk mendorong pelestarian lingkungan. Contohnya adalah disusunya undang-undang lingkungan hidup, kebijakan pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*), dan pembangunan berwawasan lingkungan (*ecodevelopment*). Dalam pelaksanaannya, peran masyarakat merupakan hal yang sangat penting demi tercapainya lingkungan yang lestari.

Di Indonesia, dasar hukum pelestarian lingkungan adalah UU No. 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistemnya dan UU No. 51 Tahun 1993 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL). Penyusunan dokumen AMDAL

merupakan kewajiban bagi setiap industri atau kegiatan pembangunan yang berpotensi menimbulkan dampak serius bagi lingkungan. Tujuannya adalah memperkecil pengaruh negatif terhadap lingkungan, memaksimalkan pengaruh positif kegiatan manusia bagi lingkungan, serta mendeteksi secara dini terjadinya pencemaran lingkungan.

Dasar hukum yang lain adalah UU No. 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan hidup yang merupakan pengganti UU No. 4 tahun 1982 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup. **Pengelolaan lingkungan** adalah upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan penataan, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan, dan pengendalian lingkungan hidup. Sasaran pengelolaan lingkungan hidup adalah :

1. Tercapainya keselarasan, keserasian, dan keseimbangan antara manusia dan lingkungan hidup.
2. Terwujudnya manusia Indonesia sebagai insan lingkungan hidup yang memiliki sikap dan tindak melindungi dan membina lingkungan hidup.
3. Terjaminnya kepentingan generasi masa kini dan generasi masa depan.
4. Tercapainya kelestarian fungsi lingkungan hidup.
5. Terkendalinya pemanfaatan sumber daya secara bijaksana.
6. Terlindunginya Negara Kesatuan Republik Indonesia terhadap dampak usaha dan/atau kegiatan di luar wilayah negara yang menyebabkan pencemaran dan/atau perusakan lingkungan hidup.

Dalam berinteraksi dengan lingkungan, kita harus memahami etika lingkungan hidup dan menerapkan konsep pengelolaan lingkungan dalam keseharian kita. Kita menyadari bahwa manusia tidak akan dapat sepenuhnya mencegah terjadinya gangguan keseimbangan lingkungan atau penurunan kualitasnya. Namun setidaknya kita dapat mengurangi kerusakan-kerusakan yang terjadi sehingga lingkungan kita nyaman untuk dihuni dan diwariskan untuk generasi yang akan datang. Di sinilah pentingnya etika lingkungan. **Etika lingkungan** adalah kebijakan moral manusia dalam bergaul dengan lingkungannya. Etika ini diperlukan agar manusia mempertimbangkan setiap aktivitasnya dengan cermat, sehingga tidak merugikan keseimbangan lingkungan. Dalam menerapkan etika lingkungan, perlu diperhatikan beberapa prinsip, yaitu:

1. Manusia merupakan bagian dari lingkungan yang tidak terpisahkan, sehingga perlu menyayangi semua kehidupan dan lingkungannya.
2. Manusia sebagai bagian dari lingkungan, hendaknya selalu berupaya menjaga kelestarian, keseimbangan, dan keindahan alam.
3. Diperlukan kebijaksanaan dalam menggunakan sumber daya alam yang terbatas, termasuk bahan energi.
4. Lingkungan disediakan bukan untuk manusia saja, melainkan juga untuk makhluk hidup yang lain.

5. Ditetapkannya undang-undang sebagai bentuk kepedulian pemerintah terhadap lingkungan.

Di dalam masyarakat terdapat aturan-aturan untuk menjaga kelestarian lingkungan. Contohnya adalah pada masyarakat adat tertentu di Indonesia. Di desa-desa terpencil atau sekitar hutan ada wilayah tertentu yang dikeramatkan, sehingga penduduk tidak berani melakukan tindakan yang merusak. Sekedar mengambil kayu bakarpun tidak berani, apalagi melakukan penebangan secara liar. Kita mengenal adanya hutan adat, yaitu suatu kawasan hutan yang dijaga oleh masyarakat dengan aturan-aturan adat yang ketat sehingga keberadaan hutan tersebut tetap lestari. Sikap masyarakat dalam menjaga kelestarian lingkungannya ini disebut dengan **kearifan lokal** (*local indigenous, local ecological wisdom, atau local ecological knowledge*).

Sebagai anggota masyarakat, di manapun kita berada tetap harus berperan aktif dalam upaya pelestarian lingkungan. Contoh sederhananya adalah dengan membuang sampah pada tempatnya, memanfaatkan tanah kosong dengan menanam berbagai jenis tumbuhan di halaman rumah ataupun di dalam pot, menggunakan bahan atau produk-produk yang ramah lingkungan, dan tidak melakukan tindakan-tindakan yang merugikan lingkungan. Sekecil apapun peran kita, akan sangat berarti bagi kelestarian lingkungan hidup kita.

Nah, sampai di sini tentu kalian telah mengetahui akan pentingnya menjaga keharmonisan dengan lingkungan. Untuk menambah pengetahuan kalian, lakukanlah kegiatan berikut.

GALERI

Hutan Adat Wonosadi

Wonosadi adalah nama sebuah hutan adat di Kecamatan Ngawen, Kabupaten Gunung Kidul, DIY. Berbeda dengan daerah Gunung Kidul umumnya, wilayah sekitar Wonosadi tidak pernah mengalami kekeringan pada musim kemarau. Di sana terdapat banyak mata air dan sumur. Masyarakat di sekitar Wonosadi menyadari pentingnya keberadaan hutan tersebut sebagai sumber air. Sehingga sampai sekarang Wonosadi tetap terjaga, utuh dengan berbagai keanekaragaman flora dan faunanya yang khas. Di puncak hutan berbukit tersebut, terdapat pohon munggur (*Samanea saman*) yang berumur ratusan tahun. Tumbuh pula berbagai jenis liana yang khas, ada yang lebar batangnya mencapai 25 cm.

TELISIK

Dalam mempelajari etika lingkungan, kita mengenal apa yang disebut dengan kearifan lokal. Cobalah temukan, adakah hal tersebut di lingkungan tempat tinggal kalian? Temuilah tokoh masyarakat yang dituakan atau dipatuhi, kemudian lakukanlah wawancara. Tanyakanlah hal-hal yang berkaitan dengan aturan-aturan hidup atau etika lingkungan yang mereka pegang teguh atau ajaran dari leluhur. Tulislah hasil wawancara kalian dan presentasikan di depan kelas.

Salah satu upaya menjaga kelestarian lingkungan adalah dengan sedapat mungkin mengurangi limbah atau sampah yang kita hasilkan dalam aktivitas kehidupan. Salah satu upaya mengurangi limbah tersebut adalah melalui daur ulang.

D. Penanganan Limbah

Aktivitas yang dilakukan oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari, seperti pertanian, aktivitas rumah tangga, industri, dan kegiatan pertambangan banyak menghasilkan limbah. Limbah merupakan sumber daya alam yang telah kehilangan fungsinya. Limbah disebut juga sebagai **entropi**, yaitu sisa energi yang tidak dimanfaatkan. Keberadaan

Plastik yang Dapat Diurai

Sampah plastik umumnya tidak dapat diurai oleh bakteri, karena bakteri hanya mengurai sampah-sampah organik. Para ilmuwan kemudian melakukan percobaan untuk membuat plastik yang dapat diurai. Plastik tersebut dibuat dengan bahan dasar tepung jagung yang dicampur dengan polietilen (bahan dasar plastik yang tidak dapat diurai oleh mikroorganisme). Tetapi apabila kandungan tepung tersebut ditingkatkan menjadi 50-60%, konsekuensinya adalah plastik tersebut menjadi tidak kuat, mudah menyerap air kemudian hancur. Karena itulah sampai sekarang para ilmuwan masih terus melakukan penelitian terkait dengan plastik tersebut.

limbah di dalam lingkungan sangat mengganggu, baik dalam hal keindahan, kenyamanan, maupun kesehatan. Dalam hal keindahan, tumpukan sampah yang menggunung merupakan pemandangan yang mengganggu. Sedangkan gangguan kenyamanan misalnya dialami oleh penduduk yang tinggal di dekat jalur lalu lintas kendaraan, atau dekat stasiun maupun bandara. Adapun gangguan kesehatan, dialami oleh penduduk dekat lokasi pabrik yang setiap hari menghirup limbah pabrik berupa gas yang keluar dari cerobong asap pabrik.

Akumulasi limbah (sisa hasil buangan) mempunyai potensi sebagai polutan (penyebab polusi). Oleh karena itu, adanya limbah perlu mendapat perhatian saksama dan penanganan semaksimal mungkin, sebelum menimbulkan kerugian-kerugian yang lebih besar bagi masyarakat. Berdasarkan komponen penyusunnya, limbah dibagi menjadi dua, yaitu limbah organik dan limbah anorganik. **Limbah organik** merupakan limbah yang berasal dari bagian organisme, yang dapat terurai secara alami. Limbah ini banyak dihasilkan dari rumah tangga, seperti sampah dari dapur, sayuran yang telah membusuk, daun, dan kulit buah. Limbah tersebut dapat dimanfaatkan menjadi pupuk dan sumber energi alternatif yang disebut **biogas**. Sedangkan **limbah anorganik** relatif sulit terurai, dan mungkin beberapa bisa terurai tetapi memerlukan waktu yang lama. Limbah tersebut berasal dari sumber daya alam (SDA) yang tidak dapat diperbarui atau yang berasal dari pertambangan seperti minyak bumi, batubara, besi, timah, dan Nikel. Limbah anorganik umumnya berasal dari kegiatan industri tetapi bisa juga dari sampah rumah tangga seperti kaleng bekas, botol, plastik, dan karet sintesis. Limbah anorganik dapat didaur-ulang menjadi bahan yang lebih berguna.

Supaya limbah organik maupun anorganik tidak menimbulkan suatu permasalahan lingkungan, maka perlu adanya penanganan khusus. Contoh penanganan limbah tersebut adalah dengan penggunaan kembali (*reuse*) dan daur ulang (*recycle*). Benda-benda yang semula merupakan sampah, ternyata dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain atau diolah menjadi bahan yang bermanfaat. Adanya produk-produk hasil daur ulang membuat eksploitasi alam dapat dikurangi. Dengan begitu, selain mengurangi dampak pencemaran, daur ulang bisa juga mengurangi berbagai perubahan lingkungan.

Sebelum kalian mempelajari daur ulang limbah, lakukanlah kegiatan berikut.

TELISIK

Kegiatan ini bersifat individual dan dilakukan sebagai pekerjaan rumah. Cobalah kalian mendesain sebuah produk daur ulang atau pemanfaatan kembali barang-barang bekas. Tentukan terlebih dahulu bahan limbah yang akan dimanfaatkan. Kemudian siapkan alat dan bahan sesuai keperluan yang direncanakan. Buatlah produk yang berguna dari bahan utama berupa limbah tersebut. Presentasikan produk daur ulang kalian di depan kelas.

bakteri *Metalothrypus methanica*. Bahan bakunya adalah kotoran hewan, sisa-sisa tanaman, atau campuran keduanya. Prosesnya adalah dengan mencampurkan sampah organik dan air, kemudian dicampur dengan bakteri *M. methanica*, dan disimpan di dalam tempat yang kedap udara lantas dibiarkan selama dua minggu.

c. Daur Ulang Kertas

Daur ulang kertas-kertas dari sampah rumah tangga, kegiatan administrasi, kertas pembungkus, maupun media cetak dapat menghasilkan kertas yang dapat dimanfaatkan sebagai kertas buram, kertas pembungkus kado, atau aneka kerajinan yang lain. Perhatikan gambar 10.12.



Gambar 10.12 Aneka kertas macam produk daur ulang kertas

2. Daur Ulang Limbah Anorganik

Limbah anorganik yang dapat didaur ulang yaitu sampah plastik, logam, kaca, plastik, dan kaleng. Limbah tersebut terlebih dahulu diolah melalui *sanitary landfill*, *incineration* (pembakaran), dan *pulverisation* (penghancuran). *Sanitary landfill* yaitu suatu metode pengolahan sampah terkontrol dengan sistem sanitasi yang baik. Sedangkan pada *incineration* sampah dibakar di dalam alat yang disebut **insinerator**. Hasil pembakarannya berupa gas dan residu pembakaran (Gambar 10.13). Sementara itu, pada *pulverisation*, penghancuran sampah dilakukan di dalam mobil pengumpul sampah yang telah dilengkapi dengan alat pelumat sampah. Sampah-sampah tersebut langsung dihancurkan menjadi potongan-potongan kecil yang dapat dimanfaatkan untuk menimbun tanah yang letaknya rendah.

Nah, sampai di sini, tentu kalian semakin paham bagaimana cara menangani sampah melalui proses daur ulang. Tentu kalian ingin lebih paham bukan? Untuk itu, kalian dapat melakukan kegiatan berikut.

TELISIK

Pada kegiatan ini kalian mendapat tugas untuk melakukan pengamatan berbagai jenis sampah yang dapat kalian temukan di rumah masing-masing. Cobalah amati tempat sampah rumah kalian selama dua hari. Catatlah jenis-jenis sampah yang ada, kemudian kelompokkan menjadi sampah organik dan anorganik. Setelah itu coba kalian pikirkan, bagaimana cara memanfaatkan sampah-sampah tersebut. Carilah referensi pendukung berupa buku atau artikel di media masa.

Untuk memantapkan pemahaman kalian tentang pelestarian lingkungan, jawablah beberapa pertanyaan berikut.

UJI PEMAHAMAN

Selesaikan soal-soal berikut dengan tepat.

1. Sebut dan jelaskan usaha-usaha untuk melestarikan lingkungan.
2. Jelaskan pengertian etika lingkungan dan sebutkan prinsip-prinsip etika lingkungan.
3. Bagaimanakah peran kearifan lokal dalam menjaga kelestarian lingkungan?
4. Berdasarkan komponen penyusunnya, limbah dibagi menjadi berapa kelompok? Jelaskan.
5. Bagaimanakah cara melakukan daur ulang limbah? Sebutkan manfaat daur ulang tersebut.

I K H T I S A R

1. Lingkungan hidup merupakan kesatuan ruang dengan semua benda, daya keadaan, dan makhluk hidup. Dalam keadaan normal, lingkungan membentuk suatu keseimbangan yang disebut keseimbangan dinamis (*equilibrium dynamic*).
2. Perubahan lingkungan dapat terjadi karena campur tangan manusia, misalnya penebangan hutan secara liar, pembangunan permukiman penduduk, dan penerapan intensifikasi pertanian. Selain itu, bisa juga disebabkan oleh faktor alam, misalnya gunung meletus, gempa bumi, banjir, erosi, tanah longsor, kebakaran hutan.
3. Polusi atau pencemaran lingkungan adalah masuknya 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 tidak berfungsi.
4. Polutan adalah zat atau bahan yang dapat menyebabkan atau mengakibatkan pencemaran. Suatu zat dapat disebut polutan apabila jumlahnya melebihi jumlah normal, serta berada pada waktu dan tempat yang tidak tepat. Polutan biologi adalah polutan berupa makhluk hidup, terutama kelompok mikroorganisme. Polutan fisika atau polutan energi adalah polutan yang disebabkan oleh faktor-faktor fisik. Sedangkan polutan kimia adalah polutan yang banyak mengandung zat atau senyawa kimia.
5. Berdasarkan tempat terjadinya atau lingkungan yang dicemarinya, pencemaran dapat kita kelompokkan menjadi beberapa macam. Ragam atau macam pencemaran tersebut adalah pencemaran air, pencemaran udara, pencemaran tanah, dan pencemaran suara.
6. Pengelolaan lingkungan adalah upaya terpadu untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup yang meliputi kebijaksanaan penataan, pemanfaatan, pengembangan, pemeliharaan, pemulihan, pengawasan, dan pengendalian lingkungan hidup. Dalam mengelola dan berinteraksi dengan lingkungan, kita harus memahami etika lingkungan hidup.
7. Salah satu upaya menjaga kelestarian lingkungan adalah dengan sedapat mungkin mengurangi limbah atau sampah yang kita hasilkan dalam aktivitas kehidupan. Salah satu cara mengurangi limbah tersebut adalah melalui daur ulang.

Ambang batas Batas terendah sesuatu dianggap masih baik atau normal

Daya dukung lingkungan Kemampuan lingkungan hidup untuk mendukung erikehidupan manusia dan makhluk hidup lain

Daya tampung lingkungan Kemampuan lingkungan hidup untuk menyerap zat, energi, dan/atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan ke dalamnya

Eksplotasi Usaha manusia memanfaatkan sumber daya alam dengan semaksimal mungkin

Fermentasi Proses penguraian atau perombakan bahan organik yang dilakukan dalam kondisi tertentu oleh mikroorganismenya fermentatif

Hemoglobin Keping darah di dalam eritrosit (sel darah merah)

Herbisida Zat yang digunakan untuk memberantas tumbuhan pengganggu

Kanker Penyakit mematikan yang disebabkan oleh proliferasi sel (pembelahan sel-sel yang begitu cepat dan tidak terkendali)

Karbohidrat Senyawa karbon dengan 6 atom C, merupakan hasil fotosintesis

Konversi Perubahan, mengubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain

Mutasi gen Perubahan pada gen atau kromosom dan bersifat menurun

Panca Usaha Tani 5 usaha di dalam intensifikasi pertanian, meliputi pemilihan bibit unggul, pemupuk-

an, penanggulangan hama, panen, dan penanganan paska panen

Pestisida Zat kimia pemberantas hama

Plankton Organisme yang berukuran sangat kecil dan hidup menempel atau melayang-layang di perairan. Ada yang berklorofil dan mampu berfotosintesis (disebut fitoplankton) dan adapula yang tidak berklorofil (disebut zooplankton)

Populasi Kumpulan organisme sejenis (satu spesies) dalam waktu dan tempat tertentu

ppm (*part per million*) Bagian per sejuta, artinya bahwa di dalam 1 juta bagian makhluk hidup, satu bagiannya adalah DDT

Reboisasi Penanaman hutan kembali

Temperate (daerah 4 musim) Daerah di belahan bumi utara, jauh dari khatulistiwa, dalam setahun memiliki 4 musim yaitu musim gugur, musim semi, musim dingin, dan musim panas

Trofik Tingkatan di dalam rantai makanan

Tumor Pembengkakan yang disebabkan oleh pertumbuhan sel yang tidak terkendali (kanker jinak)

Tumpang sari Sistem bertanam satu tanaman pokok yang diselingi dengan berbagai jenis palawija di sekitarnya. Misalnya menanam jagung, diselingi lombok, terong, dan tomat

Zat organoklorin Zat organik yang mengandung Chlor (Cl)

ULANGAN HARIAN

A Pilihlah jawaban yang paling tepat.

1. "Suatu kesatuan ruang, dengan semua benda, daya, keadaan dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya yang mempengaruhi kelangsungan hidup dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya". Pengertian apakah itu?
 - a. Ekosistem.
 - b. Lingkungan.
 - c. Biosfer.
 - d. Keseimbangan lingkungan.
 - e. Permasalahan lingkungan.
2. Berbagai perusakan lingkungan yang sering dilakukan manusia adalah
 - a. penebangan hutan dengan sistem tebang pilih
 - b. pemanfaatan lahan subur untuk pertanian
 - c. efek samping intensifikasi pertanian
 - d. reboisasi
 - e. daur ulang limbah

3. Yang bukan merupakan efek negatif intensifikasi pertanian terhadap lingkungan adalah
 - a. pencemaran oleh residu pestisida dan insektisida
 - b. munculnya jenis-jenis hama yang resisten
 - c. hilangnya jenis-jenis hayati akibat pertanian monokultur
 - d. *blooming* enceng gondok akibat eutrofikasi
 - e. konversi lahan menjadi pemukiman
4. Perubahan lingkungan yang murni akibat faktor alam adalah
 - a. kebakaran hutan
 - b. banjir
 - c. tanah longsor
 - d. kemarau panjang
 - e. letusan gunung berapi
5. Hilangnya keanekaragaman hayati, terjadi kabut asap, dan pemanasan global adalah beberapa dampak perubahan lingkungan akibat
 - a. kebakaran di hutan tropis
 - b. kebakaran di hutan 4 musim
 - c. penebangan hutan secara liar
 - d. konversi lahan subur untuk pemukiman
 - e. kemarau panjang
6. Suatu bahan disebut polutan apabila memiliki ciri-ciri
 - a. jumlahnya melebihi jumlah normal
 - b. jumlahnya di bawah nilai ambang batas
 - c. berada pada waktu dan tempat yang seharusnya
 - d. keberadaannya tidak merugikan
 - e. mengandung senyawa kimia
7. Di bawah ini adalah beberapa zat dan bahan pencemar.

1) bakteri	4) radiasi
2) sisa-sisa makanan	5) merkuri
3) virus	

Yang merupakan indikator adanya polutan biologi adalah

a. 1), 2), dan 3)	d. 1), 3), dan 4)
b. 1), 3), dan 5)	e. 3), 4), dan 5)
c. 2), 3), dan 4)	
8. Penyakit minamata adalah contoh akibat pencemaran air yang disebabkan oleh
 - a. ikan yang beracun
 - b. gangguan sistem syaraf
 - c. *thermal water waste*
 - d. pencemaran air raksa di perairan
 - e. industri yang didirikan di Teluk Minamata
9. Dampak negatif penggunaan DDT sebagai pestisida adalah
 - a. *blooming* pada alga dan enceng gondok
 - b. eutrofikasi di perairan
 - c. meluasnya distribusi serangga
 - d. munculnya jenis-jenis serangga resisten
 - e. matinya burung penguin di Antartika
10. Di suatu aliran sungai ditemukan cacing *Tubifex* sp. yang bergerombol, berwarna kemerah-merahan. Hal itu menunjukkan bahwa di sungai tersebut
 - a. tingkat pencemarannya rendah
 - b. tingkat pencemarannya tinggi
 - c. terjadi pencemaran oleh bahan organik
 - d. terjadi pencemaran oleh bahan anorganik
 - e. memiliki kadar BOD tinggi
11. Terjadinya hujan asam adalah efek pencemaran udara oleh
 - a. karbon monoksida (CO)
 - b. karbon dioksida (CO₂)
 - c. gas H₂S dan SO₂
 - d. sulfur dioksida dan nitrogen dioksida
 - e. CFC atau *Chloro Fluoro Carbon*
12. Yang merupakan efek pemanasan global adalah
 - a. kabut asap
 - b. hujan asam
 - c. lubang pada lapisan ozon
 - d. mencairnya es di kutub
 - e. perubahan morfologi tumbuhan
13. Asap rokok menyebabkan pencemaran udara karena mengeluarkan gas hasil pembakaran berupa

a. SO ₂	d. SO
b. H ₂ S	e. CH ₄
c. CO	

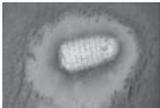
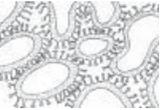
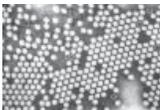
14. Terjadinya mutasi gen disebabkan oleh
- residu pestisida di dalam tanah
 - penggunaan merkuri untuk memisahkan biji emas
 - bunyi yang intensitasnya di atas 50 dB
 - paparan radioaktif
 - penipisan lapisan ozon
15. Pencemaran tanah akibat limbah rumah tangga menyebabkan kematian mikroorganisme tanah. Dampak lebih lanjut dari pencemaran ini adalah
- bakteri pengurai menjadi tergesur oleh dekomposer lain
 - tanah menjadi tandus dan kesuburannya menurun
 - korosi pada besi atau logam
 - kerusakan hutan, tanaman pertanian dan perkebunan
 - tanah mengalami erosi
16. Yang bukan merupakan usaha pemerintah mengelola lingkungan hidup adalah
- undang-undang lingkungan hidup
 - kebijakan pembangunan berkelanjutan
 - pembangunan berwawasan lingkungan
 - Analisis Mengenai Dampak Lingkungan
 - kearifan lokal
17. Dalam menerapkan etika lingkungan perlu diperhatikan beberapa prinsip. Manakah yang bukan merupakan prinsip-prinsip etika lingkungan?
- Manusia merupakan bagian dari lingkungan yang tidak terpisahkan sehingga perlu menyayangi semua kehidupan dan lingkungannya.
 - Manusia sebagai bagian dari lingkungan, hendaknya selalu berupaya menjaga kelestarian, keseimbangan, dan keindahan alam.
 - Kebijaksanaan dalam menggunakan sumber daya alam yang terbatas, termasuk bahan energi.
 - Lingkungan diciptakan untuk manusia, sehingga manusia bebas melakukan pemanfaatan sumber daya alam.
 - Ditetapkannya undang-undang sebagai bentuk kepedulian pemerintah terhadap lingkungan.
18. Limbah yang berasal dari bagian organisme dan dapat terurai secara alami disebut
- limbah organik
 - limbah anorganik
 - bahan beracun
 - entropi
 - limbah rumah tangga
19. Berikut adalah beberapa proses daur ulang ulang:
- Pembuatan pupuk kompos
 - Pembuatan biogas
 - Pembuatan kertas daur ulang
- Yang menggunakan *effective microorganism* adalah
- 1)
 - 2)
 - 3)
 - 1) dan 3)
 - 2) dan 3)
20. Pemanfaatan sampah rumah tangga berupa sayuran, daun-daun bekas atau bungkus makanan untuk makanan ternak merupakan
- pemanfaatan secara langsung limbah organik
 - pemanfaatan secara langsung limbah anorganik
 - pemanfaatan tidak langsung limbah organik
 - pemanfaatan tidak langsung limbah anorganik
 - fermentasi limbah organik

B Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.

- Jelaskan bagaimana upaya manusia dalam mengatasi dampak perubahan lingkungan.
- Jelaskan terjadinya hujan asam. Apa dampak hujan asam bagi lingkungan?
- Lingkungan hidup dalam pengertian ekologi tidak mengenal batas wilayah, baik wilayah negara maupun wilayah administratif. Jelaskan maksud pernyataan tersebut kaitannya dengan upaya pelestarian lingkungan di Indonesia.
- Bagaimanakah peran kearifan lokal dalam menjaga kelestarian lingkungan?
- Jelaskan cara-cara penanganan limbah.

A Pilihlah jawaban yang paling tepat.

1. Biologi memenuhi syarat disebut ilmu, yaitu
 - a. memiliki objek dan kajian
 - b. memiliki objek material dan objek formal
 - c. memiliki metode dan objek kajian
 - d. memiliki metode ilmiah
 - e. dikembangkan berdasarkan percobaan
2. Objek biologi dan permasalahannya pada berbagai tingkat organisasi kehidupan merupakan
 - a. ruang lingkup biologi
 - b. permasalahan biologi
 - c. peranan biologi
 - d. gejala-gejala biologi
 - e. syarat biologi sebagai ilmu
3. Organisme tempat hidup virus disebut
 - a. bakteriofage
 - b. hospes atau inang
 - c. hewan inang
 - d. tumbuhan inang
 - e. hospes perantara
4. Penyebab penyakit polio ditunjukkan oleh gambar

a. 	d. 
b. 	e. 
c. 	
5. Organisme prokariotik berkembangbiak dengan
 - a. konjugasi
 - b. pembelahan biner

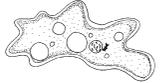
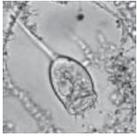
- c. transformasi
- d. transduksi
- e. pembelahan koloni

6. Perhatikan gambar berikut



Gambar tersebut menunjukkan hasil aktivitas salah satu organisme prokariotik yang disebut

- a. *Agrobacterium tumefaciens*
 - b. *Rhizobium leguminosorum*
 - c. *Acetobacter xylinum*
 - d. *Stryptomycetes griceus*
 - e. *Bacillus thuringensis*
7. Protista termasuk makhluk hidup yang bersifat eukariotik karena
 - a. belum memiliki inti sel
 - b. belum memiliki membran inti sel
 - c. belum memiliki dinding sel
 - d. belum memiliki sitoplasma
 - e. belum memiliki mitokondria
 8. Protozoa yang tidak memiliki alat gerak adalah

a. 	d. 
b. 	e. 
c. 	

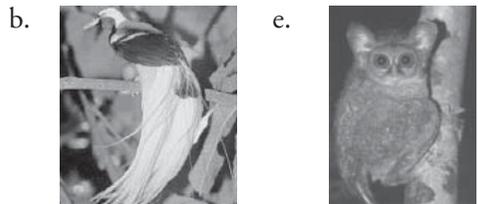
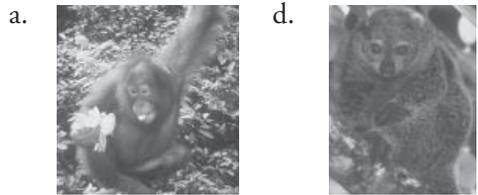
9. Ciri-ciri protista yang mirip jamur adalah
- heterotrof, dinding sel tersusun dari kitin, tidak berklorofil
 - heterotrof, dinding sel tersusun dari selulosa, berklorofil
 - autotrof, dinding sel tersusun dari kitin, berklorofil
 - autotrof, dinding sel tersusun dari selulosa, tidak berklorofil
 - autotrof, dinding sel tersusun dari kitin, tidak berklorofil
10. Contoh jamur uniseluler adalah
- Volvariella volvacea*
 - Auricularia polytricha*
 - Pilobolus* sp.
 - Saccharomyces cerevisiae*
 - Ustilago maydis*
11. Yang termasuk *dermatophytes* adalah
- Microsporum* sp.
 - Trichophyton* sp.
 - Candida albicans*
 - Candida albicans* dan *Microsporum* sp.
 - Trichophyton* sp. dan *Microsporum* sp.
12. Jamur yang menghasilkan enzim *selulose* adalah
- Penicillium camemberti*
 - Trichoderma* sp.
 - Rhizopus nigricans*
 - Aspergillus niger*
 - Saccharomyces cerevisiae*
13. Perhatikan gambar berikut.



Gambar tersebut menunjukkan adanya

- keanekaragaman gen
- keanekaragaman ekosistem
- keanekaragaman jenis
- keanekaragaman pohon
- keanekaragaman hayati

14. Keanekaragaman hayati Indonesia yang merupakan keanekaragaman tertinggi di dunia adalah
- eksosistem hutan hujan tropis
 - jenis-jenis tumbuhan yang khas
 - ekosistem hutan bakau
 - jenis-jenis hewan endemis
 - ekosistem terumbu karang
15. Yang merupakan hewan di wilayah *Wallacea* adalah



16. Ancaman keanekaragaman hayati yang paling kecil terjadi pada
- populasi yang kecil
 - hewan yang persebarannya terbatas
 - pemangsa puncak
 - megaherbivora
 - populasi yang dibudidayakan
17. Yang merupakan tumbuhan *Cryptogamae* adalah
- Bryopsida, Hepaticopsida, dan Dicotyledoneae
 - Hepaticopsida, Psilophyta, dan Lycophyta
 - Filicophyta, Anthocerotopsida, dan Monocotyledoneae
 - Bryopsida, Monoclamydae, dan Hepaticopsida
 - Arthropophyta, Angiospermae, dan Gymnospermae

18. Perhatikan gambar berikut.



Gambar tersebut menunjukkan salah satu anggota Kingdom Plantae, termasuk dalam kelompok

- Filicophyta
- Psilophyta
- Lycophyta
- Lepidophyta
- Arthropyta

19. Yang bukan merupakan ordo dari Kelas Coniferae adalah

- Araucariales
- Podocarpaceae
- Gnetales
- Cupressales
- Pinales

20. Berdasarkan alat kelaminnya, bunga Angiospermae dibedakan menjadi

- bunga lengkap dan bunga tidak lengkap
- bunga lengkap dan bunga tidak sempurna
- bunga sempurna dan bunga tidak lengkap
- bunga sempurna dan bunga tidak sempurna
- bunga lengkap dan bunga sempurna

21. Berikut adalah beberapa filum anggota Dunia Hewan.

- Porifera
- Cnidaria (Coelenterata)
- Platyhelminthes
- Nemathelminthes

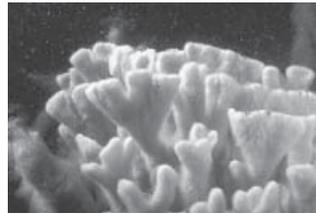
Urutan yang benar berdasarkan tingkatannya dari yang paling primitif ke yang lebih maju adalah

- I, II, III, IV
- IV, III, II, I
- I, III, IV, II

d. III, IV, II, I

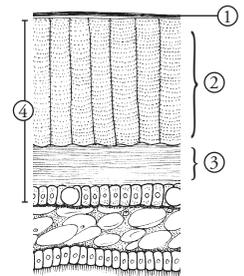
e. II, III, I, IV

22. Organisme pada gambar berikut menunjukkan anggota Filum



- Platyhelminthes
- Coelenterata
- Porifera
- Nemathelminthes
- Annelida

23. Perhatikan gambar berikut. Lapisan yang berfungsi membentuk mutiara ditunjukkan oleh nomor



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

24. Yang merupakan anggota Subkelas Diplopoda ditunjukkan oleh gambar

-
-
-
-
-

25. Agus menemukan hewan dengan sifat-sifat berikut
- 1) tubuhnya memanjang seperti cacing
 - 2) simetri bilateral, mulut dan anus terletak pada kedua ujung yang berlawanan
 - 3) tidak mempunyai lengan
 - 4) kulitnya lunak dan memiliki spikula.
- Hewan tersebut adalah

- a. *Culcita* sp.
- b. *Cucumaria* sp.
- c. *Echinus* sp.
- d. *Ophiopolis* sp.
- e. *Holopus* sp.

26. Contoh ikan bertulang rawan adalah

- a. *Galeocerda* sp. dan *Dasyatis* sp.
- b. *Clarias batrachus* dan *Chanos chanos*
- c. *Galeocerda* sp. dan *Chanos chanos*
- d. *Clarias batrachus* dan *Galeocerda* sp.
- e. *Dasyatis* sp. dan *Chanos chanos*

27. Chordata merupakan kelompok hewan yang memiliki

- a. tubuh dan kaki bersegmen-segmen
- b. tubuh tidak memiliki segmen, kulit berduri
- c. rongga besar di tengah-tengah tubuhnya
- d. chorda dorsalis yang memanjang
- e. tubuh bersegmen seperti cacing

28. Anggota Mammalia ditunjukkan oleh gambar

- a. 
- b. 
- c. 
- d. 
- e. 

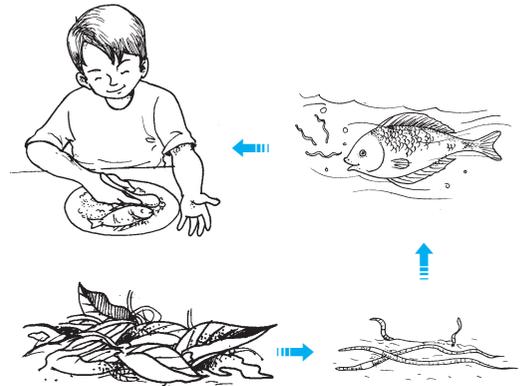
29. Konsumen dibedakan menjadi herbivora, karnivora, dan omnivora berdasarkan

- a. bentuk tubuhnya
- b. jenis makanannya
- c. struktur trofiknya
- d. sumber energinya
- e. bentuk simbiosisnya

30. Hubungan antara ikan hiu dengan ikan remora merupakan contoh

- a. simbiosis
- b. kompetisi
- c. simbiosis parasitisme
- d. simbiosis komensalisme
- e. simbiosis mutualisme

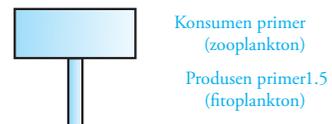
31. Perhatikan gambar berikut.



Yang ditunjuk oleh angka 1 adalah

- a. detritus sebagai tingkat trofik awal
- b. cacing tanah sebagai konsumen I
- c. ikan sebagai konsumen II
- d. manusia sebagai konsumen III
- e. detritus sebagai produsen

32. Perhatikan gambar berikut.



Gambar tersebut menunjukkan

- a. piramida makanan
- b. piramida ekologi
- c. piramida biomassa
- d. piramida energi
- e. piramida jumlah

33. Pernyataan yang paling tepat berkaitan dengan aliran energi adalah
- aliran energi tidak terjadi di dalam rantai makanan
 - aliran energi disebut transformasi
 - energi bersiklus di dalam siklus biogeokimia
 - energi mengalir di dalam ekosistem
 - energi didaur di dalam ekosistem
34. Perombakan dan penguraian nitrogen organik kembali menjadi amonium yang disebut amonifikasi dilakukan oleh
- tumbuhan sebagai produsen
 - konsumen yaitu hewan
 - virus dan bakteri
 - bakteri dan jamur pengurai
 - detritus dan dekomposer
35. Perubahan lingkungan yang tidak disebabkan oleh manusia adalah
- kemarau panjang
 - penebangan hutan secara liar
 - konversi lahan subur menjadi pemukiman
 - efek samping intensifikasi pertanian
 - kebakaran hutan
36. Pertanian monokultur dapat menyebabkan gangguan lingkungan karena
- mencukupi kebutuhan pangan
 - meningkatkan keanekaragaman hayati
 - menyebabkan terjadinya ledakan hama
 - menimbulkan hama yang resisten
 - meningkatkan pemakaian sumber daya lahan
37. Penyakit minamata terjadi akibat
- pencemaran DDT
 - Pencemaran zat radioaktif
 - pencemaran logam merkuri
 - pencemaran limbah pertanian
 - Pencemaran panas
38. Peningkatan kadar CO₂ di udara dapat menimbulkan
- mencairnya es di kutub
 - gangguan gelombang radio
 - hujan asam
 - menipisnya lapisan ozon
 - efek rumah kaca
39. Sasaran pengelolaan lingkungan hidup antara lain
- tercapainya kepentingan para pengelola lingkungan hidup
 - terkendalinya pemanfaatan sumber daya secara bijaksana
 - terwujudnya manusia yang mampu mengeksploitasi lingkungan hidup
 - terjaminnya kepentingan generasi masa kini
 - terpenuhinya semua kepentingan manusia akan lingkungan hidup
40. Yang merupakan pemanfaatan limbah organik secara langsung adalah
- sampah sebagai makanan ternak
 - pembuatan pupuk kompos
 - pembuatan biogas (gas bio)
 - pembuatan kertas daur ulang
 - daur ulang sampah plastik

B Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.

- Apakah biologi itu? Sebutkan peranannya dalam kehidupan.
- Jelaskan replikasi pada virus.
- Bandingkan bakteri gram-positif dengan bakteri gram-negatif.
- Sebutkan 3 jenis anggota Protozoa yang menguntungkan dan merugikan.
- Bedakan anggota Kingdom Fungi yang termasuk Divisi Zygomycotina, Divisi Ascomycotina, Divisi Basidiomycotina, dan Divisi Deuteromycotina.
- Jelaskan peranan jamur yang berkaitan dengan dunia kesehatan. Berikan contoh spesiesnya.
- Apakah yang dimaksud jenis-jenis endemis? Berikan contohnya yang ada di Indonesia.
- Jelaskan pengertian klasifikasi dan tingkatan klasifikasi makhluk hidup dengan contohnya pada tumbuhan.

9. Bandingkan ciri-ciri tumbuhan yang termasuk kelompok tumbuhan lumut, kelompok tumbuhan paku, dan kelompok tumbuhan berbiji.
10. Jelaskan peranan tumbuhan lumut di ekosistem.
11. Anggota Kelas Hydrozoa mempunyai bentuk tubuh polip dan medusa. Bedakan kedua bentuk tersebut dan apa pengaruhnya terhadap tipe hidupnya.
12. *Taenia solium* dan *Taenia saginata* adalah anggota Kelas Cestoda. Bagaimana perbedaan kedua spesies tersebut? Jelaskan.
13. Sebutkan 2 jenis anggota Kingdom Animalia yang melakukan metamorfosis sempurna. Jelaskan dengan gambar.
14. Jelaskan peranan anggota Kingdom Animalia sebagai model penelitian biologi.
15. Jelaskan pengertian ekosistem dan pola-pola interaksi yang terjadi di dalamnya.
16. Bedakan rantai makanan dan jaring-jaring makanan. Buatlah skemanya.
17. Di dalam daur biogeokimia peran mikroorganisme sangat besar. Jelaskan.
18. Jelaskan pengertian pencemaran lingkungan dan macamnya.
19. Apa pentingnya penerapan etika lingkungan? Jelaskan prinsip-prinsip penerapannya.
20. Bedakan penanganan limbah melalui *re-use* dan *recycle*. Berikan contohnya.

● ULANGAN HARIAN BAB I

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. c 5. d 9. c 13. b 17. d
3. a 7. b 11. c 15. a 19. d

B Kerjakan soal-soal berikut dengan benar.

- Karena mempunyai objek kajian dan metode ilmiah.
- Menemukan permasalahan, hipotesis, percobaan, analisis hasil percobaan, dan kesimpulan.
- Sel, jaringan, organ, sistem organ, organisme (individu), populasi, komunitas, ekosistem, dan biosfer.
- Vertikal: entomologi, botani, mikrobiologi, briologi, dan sebagainya. Horizontal: morfologi, fisiologi, genetika, ekologi, dan sebagainya.
- Menurunnya keanekaragaman hayati, munculnya hama resisten, pencemaran lingkungan.

● ULANGAN HARIAN BAB II

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. b 5. e 9. c 13. a 17. c
3. d 7. c 11. a 15. a 19. b

B Kerjakan soal-soal berikut dengan benar.

- Ciri benda mati: berbentuk seperti partikel dan dapat dikristalkan. Ciri makhluk hidup: memiliki materi genetik dan mampu bereproduksi.
- Berbentuk huruf T, terdiri kepala (diselimuti oleh kapsid) dan ekor. Di dalamnya terdapat materi genetik berupa ADN.
- Bakteri yang diinfeksi virus T akan mengalami lisis dan dari dalam keluar anakan virus T, bakteri mati.
- Menimbulkan berbagai jenis penyakit.
- Vaksinasi, menjaga kebersihan diri dan lingkungan.

● ULANGAN HARIAN BAB III

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. b 5. b 9. c 13. d 17. b
3. b 7. b 11. a 15. c 19. d

B Kerjakan soal-soal berikut dengan benar.

- Dinding sel: melindungi bagian dalam sel prokariotik, kapsul: lapisan pelindung di luar dinding sel, Pili: alat tambahan di permukaan untuk menempel dengan sesama jenis di dalam koloni, mesosom: fungsi dalam pembelahan sel, flagela: untuk lokomosi sel.
- Dinding sel Archaeobacteria tidak mengandung peptidoglikan, ribosomnya mengandung beberapa

jenis RNA-polimerase, dan plasmanya mengandung lipid dengan ekatan ester. Eubacteria sebaliknya.

- Archaeobacteria terdiri dari jenis-jenis yang hidup di tempat kritis dan ekstrim
- Spora yang dibentuk oleh bakteri saat kondisi lingkungan tidak menguntungkan. Untuk pertahanan diri.
- Lihat kembali Tabel 3.2 dan penjelasannya.

● LATIHAN ULANGAN TENGAH SEMESTER I

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. d 5. c 9. b 13. b 17. e
3. c 7. e 11. a 15. c 19. d

B Kerjakan soal-soal berikut dengan benar.

- Mempelajari gejala-gejala pada makhluk hidup dan segala permasalahan kehidupannya.
- Perkembangan mikroskop mengantarkan biologi dari pengamatan objek mikroskopis sederhana ke pengamatan detail. Sehingga kajian biologi berkembang dengan biologi molekuler dan bioteknologi.
- Virus: organisme parasit obligat intraseluler, merugikan hospes. Virus merugikan manusia, membawa penyakit. Merugikan secara tak langsung karena menyebabkan penyakit hewan dan tumbuhan budidaya.
- Dibagi dua: aerob dan anaerob.
- Untuk 'kendaraan pengangkut gen'. Contoh: Bacillus thuringensis yang diintegrasikan pada tanaman kapas sehingga tanaman itu bebas hama.

● ULANGAN HARIAN BAB IV

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. b 5. d 9. a 13. c 17. c
3. b 7. e 11. b 15. e 19. a

B Kerjakan soal-soal berikut dengan benar.

- Jamur air (Oomycotina). Contohnya Saproglenia.
- a) Memotong siklus hidup Plasmodium dengan mencegah adanya genangan-genangan air.
b) Memberantas vektor dengan insektisida.
c) Mengobati penderita dengan obat.
- Karena mampu berfotosintesis dan bersifat autotrof.
- Ganggang merah: Fikoeritrin
Ganggang hijau: Klorofil a dan b
Ganggang coklat: Santofil
Ganggang keemasan: Santofil dan karoten
- Spirogyra berbeda jenis saling berdekatan. Pada dinding sel muncul tonjolan, lalu bersatu membentuk pembuluh. Protoplasma dari Spirogyra + pindah ke

Spirogyra -. Terjadi plasmogami, diikuti kariogami. Hasilnya zigospora, mengalami meiosis, lalu terbentuk 4 sel baru yang diploid. Biasanya satu sel tumbuh menjadi benang Spirogyra.

● ULANGAN HARIAN BAB V

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. b 5. c 9. d 13. e 17. d
3. b 7. e 11. e 15. b 19. a

B Kerjakan soal-soal berikut dengan benar.

- Dapat berupa uniseluler atau multiseluler, mikroskopis atau makroskopis. Selnnya eukariotik. Bentuk tubuh bervariasi. Jamur multiseluler punya hifa.
- Penicillium spp., Aspergillus spp., dan Neurospora crassa, serta Morchela spp.;
- Perhatikan kembali Tabel 5.1 dan penjelasannya.

● LATIHAN ULANGAN SEMESTER I

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. b 9. d 17. e 25. e 33. b
3. c 11. b 19. d 27. b 35. c
5. a 13. b 21. a 29. b 37. d
7. d 15. d 23. b 31. d 39. e

B Kerjakan soal-soal berikut dengan benar.

- Gejala-gejala alam berupa gejala-gejala pada makhluk hidup dan segala permasalahan kehidupannya.
- Ciri-ciri virus meliputi ukuran, bentuk, struktur dan fungsi, cara hidup serta cara reproduksinya. Ukuran virus berkisar 25-300 nm. Bentuk tubuhnya bervariasi.
- Dinding sel organisme prokariotik mengandung peptidoglikan. Di dalam dinding sel terdapat membran plasma, sitoplasma, dan juga mesosom. Materi genetik berupa ADN yang membentuk kromosom dalam daerah nukleoid yang warnanya kurang padat dibandingkan sitoplasmanya. Di dalam siroplasma juga terdapat ribosom yang berperan penting dalam sintesis protein. Beberapa spesies prokariotik membentuk kapsul, pili, flagela, dan tilakoid.
- Sebagian besar uniseluler, ada juga yang multiseluler. Sebagian besar aerob, dan menggunakan mitokondria untuk respirasi. Beberapa jenis bersifat anaerob, melakukan respirasi dengan bersimbiosis bersama bakteri aerob. Beberapa protista bersifat heterotrof, makan dengan mengabsorpsi molekul-molekul organik. Sebagian lagi bersifat fotoautotrof: mempunyai kloroplas untuk menangkap energi matahari. Protista dapat ditemukan di tempat berair, tanah basah, sampah, dan habitat lembab lain. Protista hidup bebas atau bersimbiosis mutualisme, parasitisme, dan

komensalisme. Protista parasit bersifat patogen pada hewan dan manusia. Beberapa jenis mempunyai alat gerak. Reproduksi secara seksual dan aseksual. Pada lingkungan yang tidak sesuai, protista membentuk sel resisten yang disebut sista.

- Paramecium merupakan anggota Ciliata (Filum Ciliophora). Perhatikan Gambar 4.5 untuk melihat sistem organela yang menyusunnya.
- Plasmodium falciparum: penyebab malaria tropika. Plasmodium vivax :penyebab malaria tertiana. Plasmodium malariae: penyebab malaria quartana. Plasmodium ovale: penyebab penyakit limpa.
- Oomycotina bersifat uniseluler, tidak punya kloroplas, ber dinding sel dari selulosa, memiliki sel biflagelata pada daur hidupnya. Sebagian besar hidup bebas atau melekat berkoloni di sisa tumbuhan di kolam atau aliran air sebagai pengurai. Ada yang parasit, misalnya Saproglenia di tubuh ikan. Oomycotina juga bersifat patogen. Dapat bereproduksi secara seksual atau aseksual. Secara aseksual, menghasilkan sporangium di ujung hifa yang membentuk spora berflagela (zoospora). Reproduksi secara seksual dengan penyatuan gamet jantan dan betina. Myxomycotina umumnya berwarna kuning/oranye, sebagian berwarna terang. Bersifat heterotrof, hidup bebas. Tahapan memperoleh makan dalam siklus hidupnya adalah suatu massa ameboid yang disebut plasmodium yang merupakan massa tunggal sitoplasma dan banyak inti sel dan menelan makanan melalui fagositosis.
- Hifa aseptat, tidak mempunyai sekat atau septum. Dapat dijumpai di Rhizopus oryzae, Mucor mucedo.
 - Hifa sepat uninukleus, disusun oleh sel-sel berinti tunggal, memiliki sekat yang membagi menjadi ruang-ruang, tiap ruang ada satu inti sel. Namun, inti sel dan sitoplasma dari ruang satu dapat pindah ke ruang lain, karena ada pori di sekat-sekat. Dijumpai misalnya pada Puccinia graminis. Perhatikan Gb 5.7.
 - Hifa sepat multinukleus, disusun oleh sel-sel berinti banyak dan memiliki sekat yang membagi hifa menjadi ruang-ruang, dan setiap ruang memiliki inti sel lebih dari satu. Nectria cinnabarina merupakan contoh jamur yang memiliki tipe hifa seperti ini.
- Divisi Zygomycotina, Divisi Ascomycotina, Divisi Basidiomycotina, dan Divisi Deuteromycotina. Zygomycotina membentuk zigospora hasil pembiakan secara kawin, Ascomycotina membentuk spora generatif di dalam askus, Basidiomycotina membentuk spora generatif pada basidium (disebut basidiospora), Deuteromycotina membentuk spora secara vegetatif dan belum diketahui fase kawinnya.
- Mikoriza: simbiosis jamur dengan akar tumbuhan, struktur yang berperan penting dalam suplai unsur hara. Dikenal adanya endomikoriza (bila hifa menembus korteks akar) dan ektomikoriza (bila hifa hanya menembus epidermis akar). Kelompok jamur yang sering bersimbiosis membentuk mikoriza adalah

anggota Divisi Zygomycotina, Ascomycotina, dan Basidiomycotina. Lumut kerak (lichens): simbiosis jamur dengan ganggang hijau-biru, biasanya menempel pada batuan atau sebagai epifit. Umumnya dari Divisi Ascomycotina. Mampu hidup di kondisi lingkungan ekstrim, sangat sensitif terhadap pencemaran udara, sehingga jadi bioindikator kualitas udara.

● ULANGAN HARIAN BAB VI

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. e 5. d 9. b 13. b
3. b 7. e 11. d 15. e

B Kerjakan soal-soal berikut dengan benar.

1. Perhatikan kembali Tabel 6.2 dan penjelasannya.
3. Keanekaragaman gen, keanekaragaman jenis, dan keanekaragaman ekosistem.
5. Meliputi berbagai jenis perlindungan alam, baik perlindungan alam umum maupun perlindungan alam dengan tujuan tertentu.
7. Mempermudah kita dalam mengenal dan mempelajari jenis-jenis hayati yang sangat banyak. Dengan klasifikasi, perlindungan keanekaragaman hayati jadi lebih mudah, dalam hal kesamaan persepsi akan jenis-jenis hayati yang dimaksud. Sistem klasifikasi bersifat internasional, maka ilmuwan sedunia memahaminya.
9. Sistem klasifikasi lima kingdom diusulkan oleh Whittaker. Pengelompokan: Kingdom Monera, Protista, Fungi, Plantae, dan Animalia.

● ULANGAN HARIAN BAB VII

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. a 5. b 9. e 13. a
3. b 7. b 11. a 15. d

B Kerjakan soal-soal berikut dengan benar.

1. Ciri-ciri: organisme eukariotik multiseluler dan sel-selnya terspesialisasi membentuk jaringan dan organ, memiliki klorofil untuk berfotosintesis, nonmotil, sebagian besar hidup di darat.
3. Karena alat perkawinannya tersembunyi.
5. Metagenesis pada lumut: generasi gametofit adalah tumbuhan lumut itu sendiri dan dominan dalam siklus hidupnya. Pada paku: generasi sporofit, yaitu tumbuhan paku, adalah generasi yang dominan.
7. Dibagi 4: Kelas Cyadinae (contoh: *Cycas rumphii*), Kelas Ginkyoineae (contoh: *Ginkyo biloba*), Kelas Coniferae (contoh: *Pinus merkusii*), dan Kelas Gnetinae (contoh: *Gnetum gnemon*).
9. Peran lumut dan paku, misalnya sebagai tumbuhan epifit dan tempat hidup invertibrata. Lumut berperan menjaga hutan agar mengikat air, sebagai bioindikator,

dan beberapa jenis sebagai obat. Lumut dan paku juga bernilai estetis. Beberapa dapat dimakan.

● LATIHAN ULANGAN TENGAH SEMESTER II

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. a 5. a 9. b 13. b 17. a
3. c 7. d 11. a 15. d 19. b

B Kerjakan soal-soal berikut dengan benar.

1. Keanekaragaman pada makhluk hidup yang menunjukkan variasi bentuk, penampilan, ukuran, serta ciri-ciri lain. Meliputi keanekaragaman gen (menunjukkan variasi susunan gen pada individu-individu sejenis), keanekaragaman jenis (menunjukkan variasi pada berbagai jenis makhluk hidup dalam genus yang sama), dan keanekaragaman ekosistem (keanekaragaman komunitas yang terdiri dari hewan, tumbuhan, dan mikroorganisme di suatu habitat).
3. Zona di barat Garis Wallace memiliki hewan tipe Asiatis. Zona di timur Garis Weber memiliki hewan tipe Australian. Zona di antara keduanya merupakan zona peralihan.
5. Nama yang dilatinkan untuk menyebut satu spesies. Berlaku internasional, diatur kode internasional. Nama ilmiah yang baku sesuai dengan sistem binomial nomenclature. Kata pertama: genus, ditulis dengan huruf awal kapital. Kata kedua: spesies, dimulai dengan huruf kecil. Kedua kata dituliskan dengan cetakan yang berbeda dengan kalimat di sekitarnya. Biasanya dengan huruf italic.
7. Pergiliran tumbuhan lumut dari satu generasi ke generasi lain, semuanya saling berhubungan. Skemanya seperti pada Bab 7 Gambar 7.8.
9. Monokotil: bijinya berkeping satu, akar serabut, umumnya tidak bercabang, ruas jelas, tak berkambium, tulang daun sejajar atau melengkung, perhiasan bunga berjumlah 3 atau kelipatannya. Dikotil: biji berkeping dua, akar tunggang, batang bercabang, berkambium, daun menyirip atau menjari, perhiasan bunga berjumlah 2, 4, 5, atau kelipatannya.

● ULANGAN HARIAN BAB VIII

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. c 7. e 13. d 19. a 25. b
3. a 9. c 15. a 21. b
5. a 11. a 17. a 23. a

B Kerjakan soal-soal berikut dengan benar.

1. Dibagi tiga kelas: Kelas Polychaeta, Oligochaeta, dan Hirudinea. Contoh: cacing tanah (*Peretima sp.*) dan lintah (*Hirudo medicinalis*).
3. Seksual: menghasilkan gamet jantan dan gamet betina

- dalam satu individu. Aseksual: dengan tunas.
- Daur hidup *Fasciola hepatica* pada Gambar 8.16.
 - Mutiara terbentuk karena pertahanan diri kerang terhadap benda asing yang masuk ke cangkang. Sekret yang dikeluarkan oleh jaringan mantel membalut pasir hingga membesar dan jadilah mutiara.
 - Subordo Megachiroptera (Contohnya *Macroglossus maximus*) dan Subordo Irochiroptera (Contohnya *Myotis* spp.)

● ULANGAN HARIAN BAB IX

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- b 5. b 9. d 13. c 17. b
- b 7. d 11. c 15. a 19. d

B Kerjakan soal-soal berikut dengan benar.

- Abiotik: air, udara, cahaya matahari, tanah, topografi, iklim. Biotik: seluruh makhluk hidup di ekosistem, yakni tumbuhan sebagai produsen, hewan herbivora, karnivora, dan omnivora. Semua berinteraksi dan saling memengaruhi.
- Komunitas: kumpulan populasi di suatu tempat di waktu tertentu. Ekosistem: komunitas yang berinteraksi dengan lingkungan abiotik yang ada.
- Rantai makanan perumput diawali dari tumbuhan hijau sebagai trofik awalnya. Contoh: rumput dimakan belalang, belalang dimakan burung, burung dimakan ular, ular dimakan elang. Rantai makanan detritus dimulai dari detritus sebagai trofik awal. Contoh: seresah dimakan cacing tanah, cacing dimakan ikan, ikan dimakan manusia.
- Proses makan dan dimakan, diikuti perpindahan energi dari satu organisme ke organisme lain dalam tingkatan tertentu.
- Piramida jumlah: gambaran fungsi hubungan trofik yang berdasar jumlah individu di setiap tingkatan trofik. Piramida biomassa didasarkan pada pengukuran massa individu per m² pada setiap tingkatan trofik. Piramida energi: gambaran hubungan trofik berdasar kecepatan aliran energinya.

● ULANGAN HARIAN BAB X

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- b 5. a 9. d 13. c 17. d
- e 7. a 11. c 15. b 19. a

B Kerjakan soal-soal berikut dengan benar.

- Misalnya dengan menerapkan sistem tebang pilih diikuti reboisasi, menghindari pembakaran hutan. Atau mengurangi konversi lahan pertanian menjadi permukiman. Selain itu, dalam meningkatkan produksi

pangan, intensifikasi pertanian dilakukan secara hati-hati sehingga tidak merugikan lingkungan.

- Ekologi tak kenal batas wilayah, tak beda dengan pencemaran. Sehingga penanganan masalah lingkungan skala besar membutuhkan kerjasama antar negara. Misal kebakaran hutan di Kalimantan. Karena dampak asap juga dirasakan negara tetangga, mereka pun ikut peduli.
- Cara langsung: limbah diatasi dengan pemakaian ulang (*re-use*). Cara tak langsung: daur ulang.

● LATIHAN ULANGAN KENAikan KELAS

A Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

- c 9. a 17. b 25. b 33. d
- b 11. e 19. c 27. d 35. a
- b 13. c 21. a 29. b 37. c
- b 15. c 23. c 31. a 39. b

B Kerjakan soal-soal berikut dengan benar.

- Biologi: ilmu yang mempelajari makhluk hidup mulai dari molekul-molekul penyusunnya, sel, jaringan, organ, dan tingkatan yang lebih tinggi. Peran dalam berbagai bidang: pertanian, kehutanan, perkebunan, agrobisnis, sosial, kedokteran, ekonomi, pangan, kesehatan, farmasi, konservasi, dan lain-lain.
- Bakteri gram-positif: dinding sel sederhana, jumlah peptidoglikan banyak (bereaksi positif terhadap pengecatan gram). Bakteri gram-negatif: peptidoglikan lebih sedikit, struktur dinding sel lebih kompleks, membran luarnya mengandung lipopolisakarida.
- Zygomycotina membentuk zigospora hasil pembiakan secara kawin, Ascomycotina membentuk spora generatif di dalam askus, Basidiomycotina membentuk spora generatif pada basidium, umumnya memiliki tubuh buah ukuran besar, Deuteromycotina membentuk spora secara vegetatif dan belum diketahui fase kawinnya.
- Jenis-jenis hayati dengan wilayah persebaran terbatas. Contoh: bunga bangkai (Aceh dan Bengkulu).
- Polip: fase saat hidup melekat di suatu substrat dan tak dapat berpindah tempat. Medusa: saat hidup bebas berenang atau terapung di air, atau berpindah tempat terbawa air.
- Kupu-kupu dan katak hijau.
- Hubungan saling memengaruhi antarmakhluk hidup dengan lingkungan, membentuk suatu sistem. Pola-pola interaksi: kompetisi, predasi, simbiosis.
- Sebagai organisme pengurai, menjadi penghubung utama antara produsen dan konsumen dalam suatu ekosistem.
- Kebijakan moral manusia dalam bergaul dengan lingkungannya. Agar manusia mempertimbangkan setiap aktivitasnya dengan cermat sehingga tidak merugikan keseimbangan lingkungan.

Indeks

A

abiotik, faktor 120, 249
Adanson, Michael 137
adsorpsi 24
Aktinomicetes 47
ametabola 205
amfitrik 44
Amoeba proteus 67
Amphibia 209, 210
Angiospermae 139, 140, 164,
166, 171, 172, 173
anisogami 91
Annelida 187, 198, 199, 201,
214
Anthocerotopsida 157, 158
anthozoa 190, 192
Apetalae 167
apomiksis 170
Arthropoda 187, 198, 201, 202,
203, 204, 214, 215
Ascaris lumbricoides 197, 215
Ascomycotina 93, 94, 95, 96, 97,
99, 101, 103
aseluler 20, 22, 23, 48
askoma 96
askorkarp 96
Asteroidea 206
autotrof 45, 46, 47, 65, 92, 138,
150, 152, 164, 224, 225,
229, 231, 232, 238

B

Bacillus thuringensis 54
badan buah 88, 97
bakteriofag 22, 23, 24
Basidiomycotina 93, 94, 99, 100,
101, 103
biogeokimia, siklus 50, 237, 238,
241, 242

bioindikator 103, 176, 256, 260
biokontrol 254
biological accumulation 255
biological magnification 255
biomasa 255
biosfer 9, 10, 228, 233
biotik, komponen 120, 121, 122,
222, 224, 226, 229, 233,
238, 248
bivalvia 201
Bryophyta 13, 103, 138, 140,
153, 157, 159, 164, 260
cagar alam 229, 131, 132, 133,
134
Candida albicans 102, 105
carnivora 213
cendawan 85, 86, 94, 99, 101,
105
Chlorella 75, 76, 79
Chrysophyta 71, 72, 76, 79
cirri 68, 208
Clostridium botulinum 55
Cnidaria 187, 189, 190, 192,
193, 214
coccus 41, 42, 43, 44
Coelenterata 187, 189
Copeland 138
Cormus 159
Crinoidea 206, 208
Crustacea 202, 203, 214, 215,
262
cryptogamae 153, 159
Cycas rumphii 165

D

Darwin, Charles 7
dekomposer 50, 103, 225, 227,
262
desulfurikasi 44

detritivora 225, 232, 237, 239
Deuteromycotina 93, 94, 99,
101, 102
Dialypetalae 168
diatom 72, 73, 79
Dicotyledoneae 139, 140, 144,
166
dikotom 142, 144, 159
diplopoda 203, 204

E

Echinodermata 187, 206, 214,
216
Echinoidea 206, 207, 216
efek rumah kaca 258, 259,
262, 264
eklifase 24, 31
eksositosi 68
elatera 157
embryophyta asiponogama 159
embryophyta siponogama
endemisme 123,
endospora 39, 46, 47, 59, 60
Entamoeba coli 67, 79
enteron 189, 190
entropi 267,
epifit 103, 155, 227, 231, 260
Escherichia coli 20, 22, 24, 31,
33, 44, 46, 50, 59
etika lingkungan 266, 267, 271,
274, 280
Eubacteria 36, 40, 42, 49
Euglena 71
eukariotik 36, 37, 40, 41, 42,
64, 65, 82, 86, 88, 107, 114,
138, 150, 152, 187

F

Fasciola hepatica 194, 215
fiksasi nitrogen 47, 240
flagella 38, 44, 66, 69, 69, 71, 81
Foraminifera 67, 79, 81
fotoautotrof 45, 46, 65, 164
fotoheterotrof 45, 46
fragmentasi 71, 72, 75, 84, 91,
107, 130, 146, 147, 182
fungi 40, 76, 78, 85, 86, 87, 89,
91, 93, 94, 95, 96, 97, 99,
101, 103, 105, 107, 109,
118, 138, 142, 237, 241

G

gamet 69, 70, 72, 73, 74, 77,
81, 90, 91, 94, 95, 112, 114,
151, 154, 155, 156, 157,
158, 159, 160, 164, 170,
172, 190, 191, 217
gametangiogami 91
gametangium 91, 95, 151, 159
garis Wallace 124, 125, 126, 127,
145
garis Weber 124, 125, 126, 145
gastrodermis 189, 190
gastrovaskuler 189, 190, 192,
193
gastrozoid 191
gemma 156, 157, 158
gonozoid 191
gram-negatif 45, 48
gram-positif 45, 46, 47, 49, 52,
58
Gymnospermae 140, 164, 165,
166, 170, 177, 178

H

habitat 9, 42, 65, 69, 78, 81, 86,
89, 94, 103, 120, 126, 130,
131, 132, 133, 134, 137,
145, 146, 150, 153, 155,
158, 164,
Haeckel, Ernest 138
halofil 41, 51, 58
haustoria 88, 90, 102, 107
heksapoda 204
herbisida 255, 261, 263, 272

herbivora 9, 41, 225, 230, 232,
234, 235, 236, 237, 238
hermaprodit 193, 194, 198, 200,
217
heterotrof 45, 65, 66, 77, 79, 86,
89, 107, 138, 187, 224, 225,
229, 250
Hirudinaria javanica 199
Hirudo medicinalis 199
homospora 161
homotalus 155
Hydra sp 190
identifikasi 118
indusium 179
invertebrata 136, 179, 187, 208,
209, 217
isogami 91, 179
Ivanovsky, Dmitri 21

J

jaring-jaring makanan 65, 72, 79,
234, 235, 243

K

kaliptra 154, 155
kapsid 20, 22, 23, 24, 31
karioteka 88
kemoautotrof 45, 46
kemoheterotrof 45, 46, 47
keseimbangan dinamis 235, 248,
253, 271
khamir 94, 97
kista 65, 67, 80, 82, 195, 196
kitin 67, 76, 86, 107, 202
klasifikasi 36, 65, 136, 137, 138,
146, 186
klorofil 74, 79, 178
koanosit 188
kolumela 154, 155
komensalisme 50, 65, 230
kompetisi 229, 230
konidia 96, 97, 98, 101
konjugasi 39, 58, 66, 67, 71, 75,
91, 95, 179
konservasi 14, 16, 129, 132, 133,
134, 146, 265

L

Lamarck, Jean Baptise 137
Leeuwenhoek, Anthony Van 6

lichens 47
lipopolisakarida 45, 58
lisogenik 24, 25, 31
litik 24, 25, 31
lofotrik 44

M

makrofil 179
makronukleus 67, 68
makrospora 170, 179
malesiana, tumbuhan 124, 145
massa visera 200
megabiodiversitas 123, 145,
megaherbivora 130, 146
megasporangium 179
megasporofil 179
merozoit 69, 70
metanogen 41, 51, 58
metaserkaria 195
metode ilmiah 2, 3, 5, 6, 16
Meyer, Adolf 21
mikoriza 103, 104
mikronukleus 67, 68
mikrospora 170, 179
mirasidium 194, 195
miselium 88, 89, 91, 95, 96, 97,
99, 100, 107
Monera 36, 40, 138
monobasil 43
Monochlamydae 167
Monocotyledoneae 19, 140, 166
Monotremata 213
monotrik 44
mutan 95
mutasi 54, 95, 108, 262, 263,
272
Mycobacterium 55, 57
Myxomycotina 76, 77

N

nematosit 190
notochorda 209

O

Obelia sp. 190, 191
Olygochaeta 199
omnivora 225, 236
oogami 91
Oomycotina 76, 77, 81,
oosit 70

Ophiuroidea 206, 207, 216
oskulum 188

P

paku, tumbuhan 150, 152, 158,
159, 160, 161, 162, 163,
164, 170, 176

pandemi 14, 16

Paramaecium sp. 68

Pasteur, Louis 28, 57

pedipalpus 204

pediselaria 207, 208

Pelecypoda 200, 201, 216

pemangsa 130, 146, 229, 230,
235, 269

pembelahan biner 39, 58, 66, 67,
69, 71, 81

pencemaran 14, 103, 104, 176,
248, 250, 252, 253, 254,
255, 256, 258, 261, 262,
263, 264, 265, 266, 268, 271

penelitian ilmiah 5, 132

pengurai 37, 41, 45, 51, 58, 77,
224, 225, 227, 229, 241,
261, 262, 269, 272

Penicillium spp. 88, 98, 104

pentadactylus 210

penunjuk spesies 141

peptidoglikan 37, 41, 42, 45, 48

Phaeophyta 71, 72, 79, 81

pili 34, 38

Pinus merkusii 165, 170

piramida 231, 235, 236, 243

Planaria 193

plankton 72, 82, 232, 255, 272

plasma nutfah 134, 146

Plasmodium 69, 70, 78, 80, 81

Platyhelminthes 187, 193, 215,
216

Poaceae 139, 140

Podocarpaceae 165

Poligonaceae 168

polip 189, 190, 191, 192, 296

polutan 248, 253, 254, 255, 256,
259, 261, 263, 268, 271

Polychaeta 198, 199, 216

Porifera 138, 187, 188, 189, 193,
214, 216

predasi 229, 230

prei 230

Primata 130, 175, 213

proglotid 195, 196

prokariotik 36, 37, 38, 39, 40,
41, 43, 49, 50, 51, 56, 57, 58,
138, 140, 142, 232

prostomium 199

protalium 160

proteobakteria 46, 51, 58

Protista 64, 65, 70, 76, 79, 80,
81, 138, 150

Protozoa 65, 66, 69, 80, 81, 138,
150

Pseudopodia 66, 67, 78, 82

R

radula 200

rantai makanan 11, 16, 50, 146,
175, 215, 229, 231, 232,
233, 234, 235, 236, 237, 238,
242, 243, 255, 256, 272

Redi, Francesco 6

Reptilia 123, 209, 210, 211, 216

rhagon 188

Rhizobium sp. 46, 50, 51, 240

Rhodophyta 71, 73, 74, 79

S

Saccharomyces cereviceae 87, 88,
90, 91, 97, 104

Salmonella sp. 43, 44, 46, 55, 56

saprofit 87, 90, 107

scleroblast 188

senjata biologis 11, 54

serkaria 194, 195

sianobakteri 36, 45, 46, 47, 50,
58

silia 67, 68, 82

simbiosis 42, 46, 50, 58, 81, 89,
90, 103, 104, 107, 108, 229,
230, 231, 251

simetri radial 72, 188, 189, 206,
217

sistem klasifikasi 36, 137, 138,
146

sisteserkus 196, 197

soenositik 89

Solanum 139, 142, 168

somatogami 91

Spallanzani, Lazzaro 6

spikula 188, 189, 208

spirochaeta 43

Spirogyra 74, 75

sporangista 194, 195

Staphylococcus 43

streptobasil 43

Streptococcus 42, 43

Streptomyces sp. 47

strobilus 152, 160, 161, 162,
164, 165, 166, 170, 195

Sympetalae 168

T

Taenia saginata 195, 196

Taenia solium 195, 196

takson 58, 137, 138, 139, 140,
142, 146, 186, 209

talus 71, 72, 73, 74, 75, 154,
157, 158, 159

tata nama 141

termoasidofil 58

termofil 41, 58

tilakoid 38

Toxoplasma 80, 81

transduksi 39, 58

Trematoda 193, 194, 216

Treponema pallidum 47

triploblastik 193, 199

Trypanosoma 69, 80, 81

Turbellaria 193

V

varietas 118, 119

vertebrata 136, 187, 194, 208,
209, 214, 215, 216

vibrio 43, 50, 54

virion 21, 22

W

Whittaker, R.H 138

Z

zigospora 75, 82, 91, 94, 95

zooflagellata 82

zooplankton 215, 217, 235, 272

zoospora 71, 72, 74, 75, 77, 82

Daftar Pustaka

- Burnie, David. 2000. *Jendela Iptek: Kehidupan*, cet. ke-2. Jakarta: Balai Pustaka.
- Campbell, N.A., J. B. Reece, L. G. Mitchell. 2003. *Biologi, edisi kelima, jilid 2*. terj. Wasmen Manalu. Jakarta: Erlangga.
- _____. 2004. *Biologi, edisi kelima*, jilid 3. terj. Wasmen Manalu. Jakarta: Erlangga.
- Frahm, J.P., W. Frey, H. Kürschner, & M. Menzel. 1990. *Mosses and Liverworts of Mt. Kinabalu*. Sabah: Sabah Park Trustees.
- Glenn & Susan Toole. 1999. *New Understanding Biology For Advanced Level, fourth edition*, Cheltenham, UK: Nelson Thornes, Ltd.
- Godman, Arthur. 1989. *Kamus Sains Bergambar*, terj. Bambang Sumatri. Jakarta: Gramedia.
- Harian Kedaulatan Rakyat*, 19 September 2006.
- Harun Yahya Series. 2003. *Keajaiban Benih*, terj. Sunarsih. Jakarta: PT Nada Cipta Raya.
- Hemera Technologies Inc. 2004. *15,000 Educational Images (CD)*. Focus Multimedia Limited, The Studios.
- Hemera Technologies Inc. 2005. *50,000 Photo Art (CD)*. Cambridgeshire: Global Software Publishing Ltd. Program..
- Hewitt, S., S. Parker, P. Riley, & J. Walker. 2006. Menjelajahi dan Mempelajari Tumbuhan dan Satwa Liar, terj. Indri Yuli Astuti. Bandung: Pakar Raya.
- Kimball, John W. 1983. *Biologi, jilid 3, edisi ke-5*. terj. Siti Soetarmi T. dan Nawangsari Sugiri. Jakarta: Erlangga.
- Kwan, Lam Peng dan Eric Y. K. Lam. 2003. *Biology: A Course for 'O' Level*, cet. ke-2. Singapore: Times Media Private Limited.
- Laren, J. M., L. Rotundo, P. L. Fevre, R. w. Thorington, D. Robertson, C. A. Ville, L. Slobodkin, W.r. Wilson, & F. Stare. 1985. *Heath Biology*. D. C. Toronto: Heath Company.
- Loveless, A.R. 1999. *Biologi Tumbuhan untuk Daerah Tropis, jilid 1*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama
- Lubis, Y.A. 1991. *Tuntunan Praktis Berkebun: Tanaman Hias Rumah*. Jakarta: Gaya Favorit Press.
- Majalah National Geographic Indonesia*, Juli 2006, Vol. 2 No. 7
- Microsoft Encarta Premium 2006* (2006).
- Moeljopawiro, S. 2001. *Paradigma Baru Pemanfaatan Sumberdaya Genetika untuk Pembangunan Pertanian (Makalah Seminar on-air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21)* dalam <http://www.std.ryu.titech.ac.jp>, 10 Februari 2004.
- Parker, S. 2005. *Seri Pustaka Sains: Hewan Liar*, terj. Indri Yuli Astuti. Bandung: Pakar Raya.
- Permendiknas RI Nomor 22 Tahun 2006 tentang Standar Isi untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah.*
- Permendiknas RI Nomor 23 Tahun 2006 tentang Standar Kompetensi Lulusan untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah.*
- Stern, K. R. 2000. *Introductory Plant Biology, Eighth Edition*. Boston: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Suharto. 1994. *Dasar-Dasar Pertamanan: Menciptakan Keindahan dan Kerindangan*. Semarang: Media Wiyata.
- Sulastri, S. 1999. *Taksonomi Tumbuhan I, Bagian 2: Bryophyta & Pterydophyta*. Yogyakarta: Lab. Taksonomi Tumbuhan Fak. Biologi UGM.
- Tim Redaksi Kamus Besar Bahasa Indonesia. 2002. *Kamus Besar Bahasa Indonesia, edisi ke-3*. Jakarta: Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional dan Balai Pustaka.
- Undang-Undang RI No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup*, dalam <http://www.bchindonesia.org>, 1 Oktober 2006.
- van Steenis, C. G. G. J., G. den Hoed, S. Bloembergen, & P. Eyma. 2005. *Flora. Untuk Sekolah di Indonesia*, cet. kesepuluh, terj. Surjowinoto, M., S. Hardjosuwarno, S.S. Adisewoyo, Wibisono, M. Partodidjojo, S. Wirjajarja. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Whiten, T & J. Whiten. 2002. *Indonesian Heritage: Tetumbuhan, edisi bahasa Indonesia*. Peny. K. H. Saputra. Jakarta: Buku Antar Bangsa.
- Wiratno, D. Indriyo, A. Syarifudin, & A. Kartikasari. 2001. *Berkaca di Cermin Retak: Refleksi Konservasi dan Implikasi Bagi Pengelolaan Taman Nasional*. Boyolali: Forest Press.

Sumber situs web:

<http://www.abdn.ac.uk>, 11 Nopember 2006, 23:01 WIB

<http://www.aclavet.free.fr>, 12 Oktober 2006, 12:18 WIB
<http://www.acnatsci.org>, 04 Nopember 2006, 10:41 WIB
<http://www.ag.auburn.edu>, 05 Oktober 2006, 10:30 WIB
<http://www.agrolink.moa.my>, 08 Nopember 2006, 11:13 WIB
<http://www.americanmushrooms.com>, 11 Nopember 2006, 23:41 WIB
<http://www.anlx96.ukgateway.net>, 16 Nopember 2006, 08:54 WIB
<http://www.antilles-martinique.com>, 06 Nopember 2006, 17:31 WIB
<http://www.apsnet.org>, 21 September 2006, 19:45 WIB
<http://www.aquapflanzen.net>, 06 Nopember 2006, 20:36 WIB
<http://www.arachnopets.com>, 10 Oktober 2006, 11:36 WIB
<http://www.arifku.4t.com>, 10 Nopember 2006, 22:00 WIB
<http://www.bayimages.net>, 06 Oktober 2006, 14:16 WIB
<http://www.biol.paisley.ac.uk>, 10 Nopember 2006, 20:53 WIB
<http://www.biologie.uni-hamburg.de>, 09 November 2006, 07:51 WIB
<http://www.bostonmycologicalclub.org>, 21 September 2006, 19:48 WIB
<http://www.botany.ubc.ca>, 13 Nopember 2006, 21:43 WIB
<http://www.botany.upol.cz>, 10 Nopember 2006, 20:43 WIB
<http://www.botany.wisc.edu>, 15 Nopember 2006, 19:30 WIB
<http://www.btinternet.com>, 10 Nopember 2006, 20:03 WIB
<http://www.canceractive.com>, 15 Nopember 2006, 09:54 WIB
<http://www.cartage.org.lb>, 06 Nopember 2006, 09:49 WIB
<http://www.cbc.ca>, 10 Nopember 2006, 22:03 WIB
<http://www.commonswikimedia.org>, 18 Nopember 2006, 17:29 WIB
<http://www.de.wikipedia.org>, 10 Nopember 2006, 22:51 WIB
<http://www.deepseanews.blogspot.com>, 10 Nopember 2006, 21:03 WIB
<http://www.dfat.gov.au>, 13 Oktober 2006, 15:22 WIB
<http://www.edge-of-reef.com>, 05 Oktober 2006, 09:20 WIB
<http://www.en.wikipedia.org>, 15 Nopember 2006, 19:40 WIB
<http://www.enature.com>, 17 Oktober 2006, 9:40 WIB
<http://www.esu.edu>, 04 Nopember 2006, 09:27 WIB
<http://www.euarch.blogspot.com>, 10 Nopember 2006, 20:04 WIB
<http://www.faculty.clintoncc.suny.edu>, 10 Oktober 2006, 11:57
<http://www.fgsc.net>, 21 September 2006, 19:58 WIB
<http://www.fig.cox.miami.edu>, 10 Nopember 2006, 20:30 WIB
<http://www.flmnh.ufl.edu>, 05 Oktober 2006, 09:56 WIB
<http://www.flora.huh.harvard.edu>, 07 Nopember 2006, 21:00 WIB
<http://www.foraminifera.www.ucl.ac.uk>, 03 Nopember 2006, 19:31 WIB
<http://www.freenaturepictures.com>, 11 Nopember 2006, 23:31 WIB
<http://www.globaleye.org.uk>, 18 Nopember 2006, 17:25 WIB
<http://www.gotoreviews.com>, 01 Nopember 2006, 11:04 WIB
<http://www.greatmirror.com>, 12 Nopember 2006, 20:15 WIB
<http://www.greenmicroscope.wordpress.com>, 04 Nopember 2006, 10:17 WIB
<http://www.hawaiifishes.com>, 17 Oktober 2006, 09:12 WIB
<http://www.home.ezine.com>, 11 Nopember 2006, 23:41 WIB
<http://www.home.hiroshima-u.ac.jp>, 06 Nopember 2006, 11:20 WIB
<http://www.hort.purdue.edu>, 06 Nopember 2006, 17:13 WIB
<http://www.images.search.yahoo.com>, 13 Nopember 2006, 09:37 WIB
<http://www.imbf.ku.dk>, 10 Nopember 2006, 19:13 WIB
<http://www.importers.com>, 10 Nopember 2006, 20:01 WIB
<http://www.indosiar.com>, 04 Nopember 2006, 11:23 WIB
<http://www.infokom-sulteng.go.id>, 12 Nopember 2006, 20:00 WIB
<http://www.insects.tamu.edu.lespisma>, 10 Oktober 2006, 11:41 WIB
<http://www.io.com>, 11 Nopember 2006, 22:41 WIB
<http://www.iptek.net.id>, 01 Nopember 2006, 11:04 WIB
<http://www.isaseaweed.org>, 04 Nopember 2006, 09:24 WIB
<http://www.itrademarket.com>, 17 Oktober 2006, 8:52 WIB
<http://www.kab-kupang.go.id>, 01 Nopember 2006, 09:51 WIB
<http://www.kompas.com>, 13 Nopember 2006, 22:42 WIB
<http://www.kentsimmons.uwinnipeg.ca>, 11 Nopember 2006, 22:31 WIB
<http://www.learn.londonmet.ac.uk>, 06 Nopember 2006, 11:36 WIB
<http://www.lp3b.or.id>, 11 Oktober 2006, 11:26 WIB

<http://www.lumbalumbadiving.com>, 17 Oktober 2006, 09:52 WIB
<http://www.mediaindo.co.id>, 18 Nopember 2006, 16:55 WIB
<http://www.medinfo.ufl.edu>, 10 Nopember 2006, 20:53 WIB
<http://www.mibi-hannover.de>, 10 Nopember 2006, 22:46 WIB
<http://www.microbewiki.kenyon.edu>, 15 Oktober 2006, 19:22 WIB
<http://www.microchemlab.net>, 10 Nopember 2006, 22:23 WIB
<http://www.microscopy-uk.org.uk>, 17 Oktober 2006, 9:33 WIB
<http://www.ms.wikipedia.org>, 06 Nopember 2006, 11:43 WIB
<http://www.museum.kyushu-u.ac.jp>, 18 Nopember 2006, 11:45 WIB
<http://www.mushrooms-millers.com>, 21 September 2006, 19:54 WIB
<http://www.mycomasters.com>, 10 Nopember 2006, 21:02 WIB
<http://www.mytho-fleurs.com>, 06 Nopember 2006, 16:25 WIB
<http://www.natuionaalherbarium.nl>, 07 Nopember 2006, 14:44 WIB
<http://www.nature.com>, 10 Nopember 2006, 22:00 WIB
<http://www.news.bbc.co.uk>, 09 Nopember 2006, 11:31 WIB
<http://www.nhc.ed.ac.uk>, 17 Oktober 2006, 9:38 WIB
<http://www.nies.go>, 03 Nopember 2006, 19:54 WB
<http://www.nos.noaa.gov>, 17 Oktober 2006, 09:17 WIB
<http://www.nps.gov>, 15 Nopember 2006, 19:40 WIB
<http://www.orchideen-rehbein.de>, 06 Nopember 2006, 16:16 WIB
<http://www.ospitiweb.indire.it>, 10 Oktober 2006, 11:43 WIB
<http://www.parasite.natur.cuni.cz>, 10 Nopember 2006, 23:45 WIB
<http://www.pcarrd.dost.gov.ph>, 11 Nopember 2006, 23:07 WIB
<http://www.personales.mundivia.es>, 01 Nopember 2006, 11:10 WIB
<http://www.personal.telefonica.terra.es>, 10 Nopember 2006, 19:20 WIB
<http://www.pref.akita>, 03 Nopember 2006, 19:57 WIB
<http://www.pinetum.org/canon/ABnordm1.jpg>, 07 Nopember 2006, 16:03 WIB
<http://www.plantoftheweek.org>, 06 Nopember 2006, 16:16 WIB
<http://www.radiolaria.academics.hamilton.edu>, 03 Nopember 2006, 19:32 WIB
<http://www.renyswildflowers.com>, 06 November 2006, 11:46 WIB
<http://www.research.plattsburgh.edu>, 03 Nopember 2006, 19:39 WIB
<http://www.robpaterson.com>, 06 Oktober 2006, 14:33 WIB
<http://www.roche.com>, 04 Nopember 2006, 11:51 WIB
<http://www.sea.edu>, 04 Nopember 2006, 09:17 WIB
<http://www.seawater.no>, 17 Nopember 2006, 08:01 WIB
<http://www.solok.go.id>, 04 Nopember 2006, 11:08 WIB
<http://www.staff.jccc.net>, 21 September 2006, 19:48 WIB
<http://www.suaramerdeka.com>, 01 Nopember 2006, 15:15 WIB
<http://www.suarasurabaya.net>, 04 Nopember 2006, 13:45 WIB
<http://www.surialink.com>, 04 Nopember 2006, 09:28 WIB
<http://www.sweetcorn.uiuc.edu>, 21 September 2006, 19:30 WIB
<http://www.terangi.or.id>, 05 Oktober 2006, 09:18 WIB
<http://www.terranovanurseries.com>, 07 Nopember 2006, 22:30 WIB
<http://www.thebigcats.com>, 12 Nopember 2006, 20:10 WIB
<http://www.theglobeandmail.com>, 05 Oktober 2006, 11:21 WIB
<http://www.tolweb.org>, 05 Oktober 2006, 11:33 WIB
<http://www.trekearth.com>, 20 Oktober 2006, 10:51 WIB
<http://www.tripalbum.net>, 17 Nopember 2006, 13:28 WIB
<http://www.ucmp.berkeley.edu>, 10 Nopember 2006, 22:03 WIB
<http://www.uco-bn.fr>, 26 September 2006, 9:53 WIB
<http://www.uoguelph.ca>, 15 Nopember 2006, 10:06 WIB
<http://www.ulva.universe-review.ca>, 04 Nopember 2006, 10:23 WIB
<http://www.uoguelph.ca>, 11 Nopember 2006, 22:44 WIB
<http://www.users.wired.net.au>, 09 Nopember 2006, 11:32 WIB
<http://www.vet.upenn.edu>, 15 Nopember 2006, 09:08 WIB
<http://www.viarural.com.ar>, 10 Nopember 2006, 20:54 WIB
<http://www.virtualmuseum.ca>, 11 Nopember 2006, 23:44 WIB
<http://www.virtualltourist.com>, 11 Nopember 2006, 23:54 WIB
<http://www.w3.impa.br>, 04 Nopember 2006, 10:13 WIB
<http://www.wikipedia.org>, 06 Oktober 2006, 14:21 WIB
<http://www.williamtp.com>, 12 Nopember 2006, 20:30 WIB

Begin. Memulai, seringkali menjadi tugas terberat. Padahal untuk tiba di puncak keberhasilan, kita harus berani memulainya, dengan mendaki lereng terjal perjuangan. Maka, mulailah, sekarang juga!

Idea. Galilah selalu gagasan yang baru dan cemerlang. Dunia akan penuh warna, dengan ide-ide kreatif kita semua. Tuangkan semuanya dengan karya, daripada mengendap, berkerak dalam kepala.

Opinion. Kemukakan segala gagasan dan ide kreatif, dengan jiwa yang bebas dan merdeka. Tak perlu takut salah berpendapat, selama kita berlandaskan argumen yang kuat.

Learn. Perteguh argumen ilmiah dengan terus belajar. Belajar selalu, sepanjang hidup kita. Di mana pun, kapan pun. Merasa diri telah pandai adalah jalan terlempang menuju kebodohan.

Observation. Lakukan pengamatan, untuk menemukan segala penjelasan. Buktikan semua dugaan dengan pengamatan dan percobaan, sehingga segala hasil dapat dipertanggungjawabkan.

Gainer. Seberat apa pun tantangan merintang, putus asa bukanlah solusi. Rebutlah gelar *The Gainer*, Sang Pemenang. Maka, bersainglah. Sungkan bersaing membuat kita tak pernah mengerahkan kemampuan maksimal.

Yeach!! Warnai hari-hari dengan sejuta prestasi!!

ISBN 978-979-068-831-5 (no jdl lengkap)
ISBN 978-979-068-833-9

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007 Tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk Digunakan dalam Proses Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp15.083,-