

Ameilia Z. Siregar dkk.

Biologi Pertanian

untuk
Sekolah Menengah Kejuruan

JILID 2



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Amelia Zuliyanti Siregar, dkk

BIOLOGI PERTANIAN JILID 2

SMK



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

BIOLOGI PERTANIAN JILID 2

Untuk SMK

Penulis : Amelia Zuliyanti Siregar
Utut Widyastuti Suharsono
Hilda Akmal
Hadisunarso
Sulistijorini
Nampiah Sukarno
Anja Merdiyani
Tri Heru Widarto
Raden Roro Dyah Perwitasari

Ilustrasi Cover : Tim

Ukuran Buku : 18,2 x 25,7 cm

SIR SIREGAR, Amelia Zulianti
b Biologi Pertanian Jilid 2 untuk SMK /oleh Amelia Zuliyanti
Siregar, Utt Widyastuti Suharsono, Hilda Akmal, Hadisunarso,
Sulistijorini, Nampiah Sukarno, Anja Merdiyani, Tri Heru W., Raden
Roro Dyah Perwitasari ---- Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah
Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan
Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
vi. 158 hlm
Daftar Pustaka : A1-A4
Glosarium : B1-B9
ISBN : 978-602-8320-17-7

Diterbitkan oleh

Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah

Departemen Pendidikan Nasional

Tahun 2008

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, telah melaksanakan kegiatan penulisan buku kejuruan sebagai bentuk dari kegiatan pembelian hak cipta buku teks pelajaran kejuruan bagi siswa SMK. Karena buku-buku pelajaran kejuruan sangat sulit di dapatkan di pasaran.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK dan telah dinyatakan memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para pendidik dan peserta didik SMK.

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. Dengan ditayangkan *soft copy* ini diharapkan akan lebih memudahkan bagi masyarakat khususnya para pendidik dan peserta didik SMK di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri untuk mengakses dan memanfaatkannya sebagai sumber belajar.

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

Jakarta, 17 Agustus 2008
Direktur Pembinaan SMK

PENGANTAR

Perkembangan ilmu biologi pada masa ini berkembang sangat cepat seiring perkembangan teknologi. Untuk mengupas tuntas permasalahan biologi, diperlukan kecerdasan, keuletan, kesabaran, dan berpikir kritis sehingga diperoleh konsep-konsep dasar ilmu biologi.

Penyusunan buku ini berdasarkan atas Permendiknas Nomor 22 Tahun 2006 tentang Standar Isi dan Permendiknas Nomor 23 Tahun 2006 tentang Standar Kompetensi Lulusan. Oleh karena itu pihak Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah mengupayakan penerbitan buku ini bekerjasama dengan dunia akademik

Buku Biologi Pertanian mengajak Anda mengenal dan memahami biologi secara lengkap dan mendalam. Buku ini disajikan materi meliputi: penelitian dalam biologi, struktur dan fungsi sel, sistem metabolisme sel, hereditas pada organisme, prokariot dan virus, fungi, plantae, animalia, ekosistem dan konservasi, pencemaran lingkungan, serta bioteknologi dan peranannya bagi kehidupan. Materi yang disajikan bersifat *up to date*, *apersepsi* disertai rangkuman dan latihan agar pengguna memperoleh pemahaman.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada editor Dr. Nampiah Sukarno dan Dr. Utut Widyastuti dari Departemen Biologi, FMIPA IPB atas keikhlasan, kesabaran dan bantuannya dalam mengedit buku ini. Selain itu penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Prof. Nuryani Rustaman atas saran dan masukannya sehingga buku ini menjadi lebih baik. Penulis juga mengucapkan penghargaan yang tinggi kepada Akhmad Amirullah dan Isnan Prasetyo Widodo atas dedikasinya di dalam membantu penyelesaian buku ini. Akhir kata, penulis berharap buku ini akan memberi manfaat bagi pelajar di Sekolah Menengah Kejuruan bidang Pertanian mengenal Biologi dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. **Experience is a good teacher for us!**

SINOPSIS

Buku **Biologi Pertanian** mengajak Kalian mengenal dan memahami biologi secara lengkap dan mendalam. Materi yang disajikan bersifat *up to date*, *apersepsi* dan *psikomotorik* disertai tujuan pembelajaran, kata-kata kunci, gambar, rangkuman dan latihan untuk mengupas tuntas permasalahan biologi, dengan kecerdasan, keuletan, kesabaran, dan berpikir kritis sehingga diperoleh suatu konsep-konsep dasar ilmu biologi.

Materi buku ini mencakup model penelitian biologi, struktur dan fungsi sel, sistem metabolisme sel, hereditas pada organisme, monera, protista, fungi, plantae, animalia, ekosistem dan konservasi, pencemaran lingkungan, serta bioteknologi dan peranannya bagi kehidupan.

Buku ini disusun untuk menumbuhkembangkan kewirausahaan, etos kerja, memupuk sikap ilmiah (jujur, objektif, terbuka, ulet, berpikir kritis, dapat bekerja sama dengan orang lain) pada diri sendiri. Disamping pengembangan pengalaman untuk dapat mengajukan dan menguji hipotesis melalui percobaan dan dikomunikasikan secara lisan dan tulisan oleh siswa.

Kemampuan berpikir analitis, induktif dan deduktif dengan konsep dan prinsip biologi untuk membentuk beberapa kecakapan seperti: personal, akademik, vokasional, dan sosial dalam bentuk unjuk kerja meningkatkan pemahaman biologi melalui eksperimen. Apresiasi terhadap keanekaragaman hayati menggugah kesadaran untuk mengenal potensi, cara pemeliharaan dan meningkatkan kesadaran dan peran dalam menjaga kelestarian lingkungan, didukung penerapan pengetahuan dan keterampilan aplikasi bioteknologi sederhana secara tepat guna.



iOS segera hadir

Unduh buku lainnya melalui aplikasi. Gratis.

Buku BSE dilengkapi dengan daftar isi untuk memudahkan navigasi. Tersedia juga majalah, tabloid, buku dan koran yang lebih hemat hingga 80% dibanding edisi cetak.

Unduh aplikasi myedisi reader gratis
myedisi.com/reader

myedisi 

Buku BSE terbaru belum tersedia di myedisi? Sampaikan melalui email bse@myedisi.com

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN	
KATA PENGANTAR	(i)
SINOPSIS	(ii)
DAFTAR ISI	(iii)
PETA KOMPETENSI	(vi)
BUKU JILID 1	
I. PENELITIAN DALAM BIOLOGI (PERTANIAN)	(1)
1.1 Biologi Sebagai Ilmu Pengetahuan	(2)
1.2. Metode Ilmiah	(4)
1.3. Cabang-Cabang dan Manfaat Ilmu Biologi	(9)
1.4. Tahap-Tahap Klasifikasi	(11)
1.5. Kunci Determinasi	(13)
1.6. Macam-Macam Klasifikasi	(13)
1.7. Tahapan Klasifikasi	(14)
1.8. Kunci Determinasi	(14)
1.9. Macam-macam klasifikasi	(16)
II. STRUKTUR DAN FUNGSI SEL	(25)
2.1. Struktur Sel Prokariotik dan Eukariotik	(26)
2.2. Struktur dan Fungsi Organel Sel	(29)
2.3. Perbedaan Sel Hewan dan Tumbuhan	(33)
2.4. Ciri-Ciri Makhluk Hidup	(34)
III. METABOLISME SEL	(41)
3.1. Katabolisme: Respirasi	(47)
3.2. Anabolisme: Fotosintesis	(51)
3.3. Enzim dan Peranannya	(60)
IV. HEREDITAS PADA MAKHLUK HIDUP	(71)
4.1. Struktur Kimia Materi Genetik	(72)
4.2. Pembelahan Mitosis dan Meiosis	(86)
4.3. Hereditas Menurut Hukum Mendel dan Penyimpangannya	(94)
4.4. Mutasi	(120)
4.5. Peranan Manusia Dalam Revolusi Hijau dan Revolusi Biru	(125)
4.6. Penemuan Bibit Unggul	(127)
BUKU JILID 2	
V. VIRUS DAN PROKARIOT	(139)
5.1. Ciri, Sifat, dan Keragaman Virus	(140)
5.2. Ciri, Sifat, dan Keragaman Prokariotik	(155)
VI. PROTISTA	(181)
6.1. Ciri, Sifat, dan Keragaman	(182)
6.2. Peranan Protista Dalam Kehidupan	(194)
VII. FUNGI	(201)
7.1. Sifat, Ciri, dan Keragaman	(202)

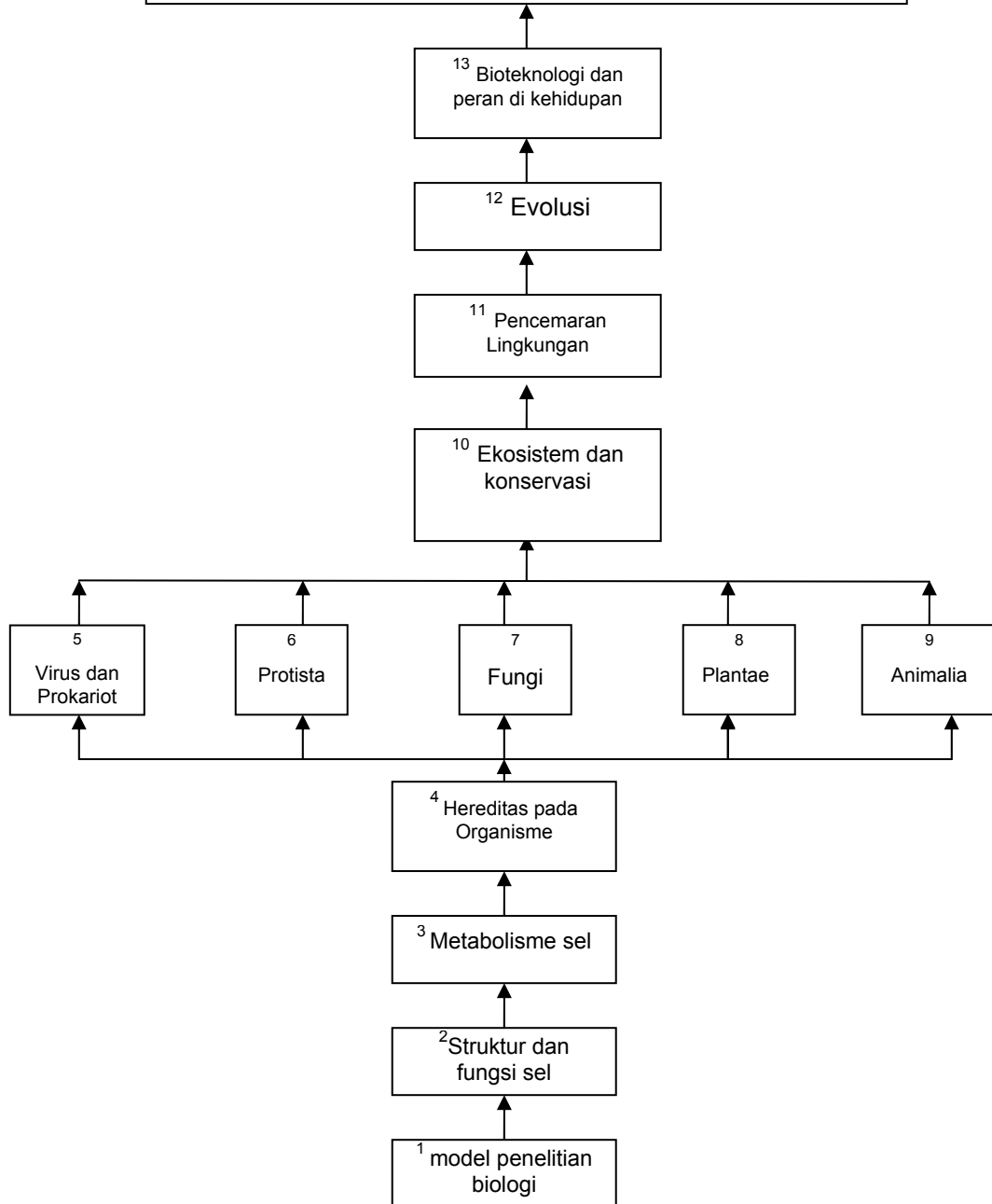
7.2. Klasifikasi dan Peranan Cendawan	(204)
VIII. PLANTAE	(219)
8.1. Jaringan Tumbuhan	(221)
8.2. Organ Tumbuhan	(228)
8.3. Sistem Jaringan Penyusun Tubuh Tumbuhan	(232)
8.4. Transportasi Pada Tumbuhan	(237)
8.5. Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan	(249)
8.6. Gerak Pada Tumbuhan	(259)
8.7. Reproduksi Pada Tumbuhan	(265)
8.8. Klasifikasi Tumbuhan	(275)
8.9. Pertanian Organik	(281)
JILID 3	
IX. ANIMALIA	(297)
9.1. Jaringan Pada Hewan	(298)
9.2. Sistem Organ Pada Hewan	(310)
9.3. Klasifikasi Hewan (Invertebrata dan Vertebrata)	(312)
9.4. Reproduksi Hewan	(347)
9.5. Pertumbuhan dan Perkembangan Hewan	(348)
9.6. Mekanisme Gerak Hewan	(352)
X. EKOSISTEM DAN KONSERVASI	(377)
10.1. Makhluk Hidup dan Lingkungan	(378)
10.2. Komponen Penyusun Ekosistem	(387)
10.3. Tipe-tipe Eksosistem	(391)
10.4. Suksesi dan Klimaks	(401)
10.5. Perubahan Lingkungan	(403)
XI. PENCEMARAN LINGKUNGAN	(413)
11.1. Ciri, Sifat, Macam Polusi dan Limbah	(414)
11.2. Dampak Polusi Terhadap Kesehatan Manusia	(428)
11.3. Pengelolaan Limbah Organik	(431)
XII. EVOLUSI	(443)
12.1. Pencetus Teori Evolusi	(445)
12.2. Hukum Hardy-Weinberg	(447)
12.3. Seleksi Alam	(450)
12.4. Terbentuknya Spesies Baru	(451)
12.5. Fosil	(456)
12.6. Teori asal usul kehidupan	(459)
XIII. BIOTEKNOLOGI DAN PERANANNYA BAGI KEHIDUPAN	(467)
13.1. Ciri dan Sifat Mikroorganisme	(468)
13.2. Ilmu-Ilmu Yang Digunakan Dalam Bioteknologi	(469)
13.3. Dampak Pengembangan Bioteknologi	(472)
13.4. Kultur sel dan jaringan	(487)
13.5. Rekayasa Genetik	(491)
13.6. Penanggulangan Dampak Negatif Bioteknologi	(496)

LAMPIRAN A DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN B GLOSARI

PETA KOMPETENSI

TIU: Setelah menyelesaikan pelajaran ini, siswa akan dapat mengidentifikasi, mendeskripsikan, menganalisis serta melatih keterampilan memahami konsep biologi dengan kecerdasan, keuletan, kesabaran, berpikir kritis dan unjuk kerja di bidang pertanian



BAB V

VIRUS dan Prokaryot

Pernahkah kalian terserang influenza? Influenza menyebabkan kalian menjadi pilek, pusing, dan kadang disertai demam. Gejala ini cukup mengganggu kegiatan kalian sehari-hari bukan? Influenza merupakan salah satu penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme, seperti virus (Gambar 5.1). Beberapa penyakit pada hewan dan tumbuhan dapat disebabkan oleh virus, misalnya flu burung dan mosaik tembakau.

Standar Kompetensi

Mengidentifikasi mikroorganisme dan peranannya bagi kehidupan.

Kompetensi Dasar

- 5.1. Mengidentifikasi ciri, sifat, dan keragaman dan virus.
- 5.2. Mengidentifikasi peranan virus dan prokaryot dalam bidang pertanian.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari *Mikroorganisme dan Peranannya*, kalian diharapkan dapat:

- Mengidentifikasi virus dan prokaryot dengan pengamatan morfologi dan anatomi serta penafsiran gambar.
- Mendeskripsikan perbedaan virus dan bakteri.
- Mengkomunikasikan peranan virus dan prokaryot dalam bidang pertanian dan dalam kehidupan sehari-hari.

Kata-Kata Kunci

Kapsomer	Autotrof
Kapsid	Heterotrof
Daur litik	Transformasi
Daur lisogeni	Transduksi
Polisom	Konyugasi
Flagel	Lisis
Endospora	Virion
Pembelahan biner	Akinet
Heterosista	Asidofil

5.1. Ciri, sifat dan keragaman virus

5.1.1. Ciri, sifat dan keragaman virus

Selama hidupnya, seseorang yang pernah terkena AIDS tidak akan bisa sembuh secara total dari penyakit tersebut. Mengapa demikian? Hal itu karena penyebab AIDS adalah virus. Salah satu sifat virus adalah mampu bertahan didalam sel/jaringan makhluk hidup dan kemudian menyerang sel/jaringan tersebut jika kondisi memungkinkan (misalnya, daya tahan tubuh menurun).

Virus merupakan salah satu faktor penyebab penyakit, contohnya HIV, influenza, flu burung, mosaik tembakau, dan virus kentang. Namun, tahukah kalian seperti apakah bentuk virus itu? Makhluk hidupkah dia? Benda matikah dia? Marilah kita pelajari dalam bab ini.

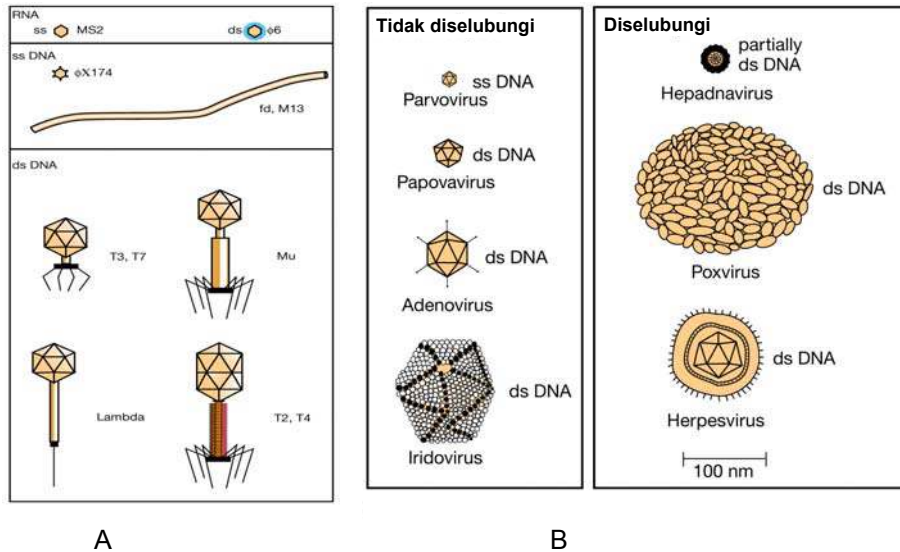
Sejarah penemuan virus

Keberadaan Virus mulai diketahui sejak penemuan Adolf Meyer, seorang ilmuwan Jerman, pada tahun 1883. Meyer menyelidiki penyakit bintik kuning pada tanaman tembakau sehat ternyata dapat menularkan penyakit bintik kuning. Penelitian itu diulangi oleh Dmitri Ivanowsky pada tahun 1893. Oleh Ivanowsky, ekstrak daun tembakau yang terkena penyakit kuning disaring dengan saringan bakteri. Hasil penyaringan itu masih menyebabkan penyakit kuning jika disuntikkan pada tanaman tembakau yang sehat. Berdasarkan hal itu, disimpulkan bahwa penyebab penyakit itu berukuran lebih kecil dari bakteri karena lolos dalam saringan bakteri.

Pada tahun 1897, seorang ahli mikrobiologi Belanda bernama Martinus W. Beijerinck melakukan percobaan terhadap penyakit bintik kuning tersebut. Hasil pencobaannya menunjukkan bahwa patogen (penyebab penyakit) sebagai agen itu hanya dapat berkembang biak pada makhluk hidup. Pada tahun 1935, seorang ilmuwan Amerika Serikat bernama Wendelly Stanley, Walaupun telah dikristalkan, patogen itu masih mampu menimbulkan penyakit jika disuntikkan pada tembakau yang sehat. Stanley memberi nama patogen tersebut *tobacco mosaic virus* atau TMV (virus mosaik tembakau). Virus berasal dari bahasa Latin, berarti racun atau bersifat membunuh. Gambar 5.1. memperlihatkan berbagai macam virus

a. Ciri- ciri dan sifat virus

Virus bukan merupakan tumbuhan, hewan, atau mikroorganisme. Walaupun demikian, virus tampak seperti makhluk hidup karena kemampuan berkembangbiaknya yang sangat luar biasa. Namun, virus bukanlah makhluk hidup dalam arti yang sesungguhnya.

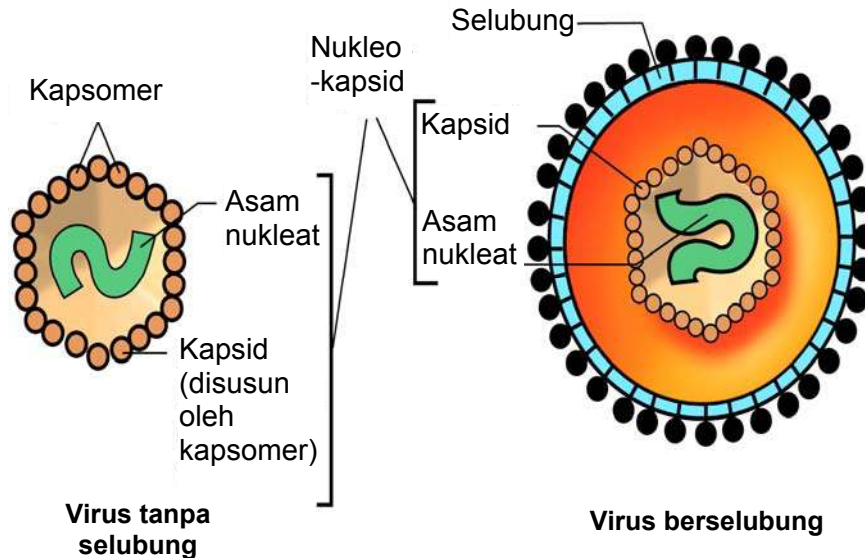


(Brock Biology of microorganisms, 2006)
 Gambar 5.1. Beberapa jenis virus. (A) virus pada bakteri,
 (B) virus pada hewan.

Virus dapat bertahan hidup (tidak aktif) di luar sel inangnya, tetapi dapat berkembang biak dalam sel inang tertentu. Tanpa sel inang, virus tidak dapat menjalankan fungsi hidup untuk melakukan proses metabolisme. Virus tidak dapat mensintesis protein karena tidak mempunyai ribosom yang berperan sebagai "mesin" pembentuk protein. Untuk itu, virus harus menginfeksi sel inang dan menggunakan ribosom sel inang untuk mentranslasi duta ARN virus guna membentuk protein virus. Virus tidak dapat menghasilkan atau menyimpan energi dalam bentuk ATP (adenosin trifosfat).

Virus merupakan partikel berukuran sangat kecil dibandingkan dengan bakteri. Virus berukuran antara 10-400 nm (0.01-0.4 μm). Ukuran virus terlalu kecil untuk dapat dilihat dengan mikroskop cahaya biasa dan lolos dari saringan bakteri. Virus hanya dapat diamati dengan mikroskop elektron, tidak tersusun atas sel-sel. Semua virus mempunyai senyawa asam nukleat (DNA atau RNA) sebagai bahan inti. Namun, suatu virus hanya mengandung DNA atau RNA.

Komponen satuan protein struktur yang membungkus asam nukleat virus dinamakan **kapsomer**, dan kumpulan kapsomer-kapsomer yang membungkus asam nukleat tersebut dinamakan **Kapsid**. Struktur kapsid dan asam nukleat virus dinamakan **Nukleokapsid** (Gambar 5.2).



(Brock Biology of microorganisms, 2006)
Gambar 5.2. Komponen virus.

Dalam bentuk yang tidak aktif atau berada diluar sel inang, sebuah partikel virus disebut virion. Setiap virion paling sedikit mengandung satu jenis asam nukleat (DNA atau RNA) sebagai bahan inti. Virion atau disebut juga benda seperti virus adalah pembawa penyakit (patogen) yang hanya mengandung asam nukleat (RNA) dan tidak mempunyai selubung protein. Beberapa partikel lain seperti virus disebut prion dan viroid. Prion disusun oleh protein dan tidak memiliki asam nukleat, sedangkan viroid adalah molekul utas tunggal RNA dan merupakan patogen terkecil yang diketahui.

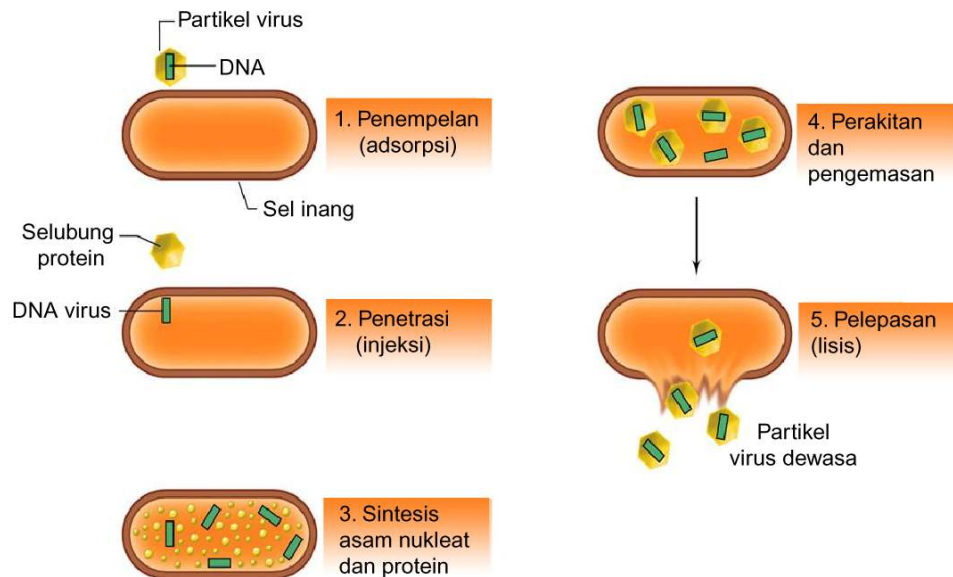
Beberapa virus merupakan parasit pada sel-sel hewan, tumbuhan, dan beberapa jenis mikroorganisme tertentu. Contoh virus yang hanya menyerang satu jenis sel atau kumpulan sel (jaringan) pada makhluk hidup adalah influenza. Virus influenza hanya menyerang sel-sel penyusun permukaan saluran pernapasan. Adapun virus yang menyerang bakteri, misalnya bakteri *Escherichia coli*, disebut bakteriofag.

Virus disebut sebagai makhluk hidup peralihan, antara benda mati dan makhluk hidup. Virus memiliki sifat benda mati, yaitu dapat dikristalkan dan tidak berprotoplasma. Virus memiliki sifat makhluk hidup karena mampu berkembang biak dan mempunyai asam nukleat.

Replikasi virus

Virus mempunyai cara reproduksi yang berbeda dengan makhluk hidup lain. Virus hanya mampu berkembang biak di dalam sel makhluk hidup. Pada prinsipnya replikasi virus dapat dikategorikan ke dalam 5 tahap (Gambar 5.3) :

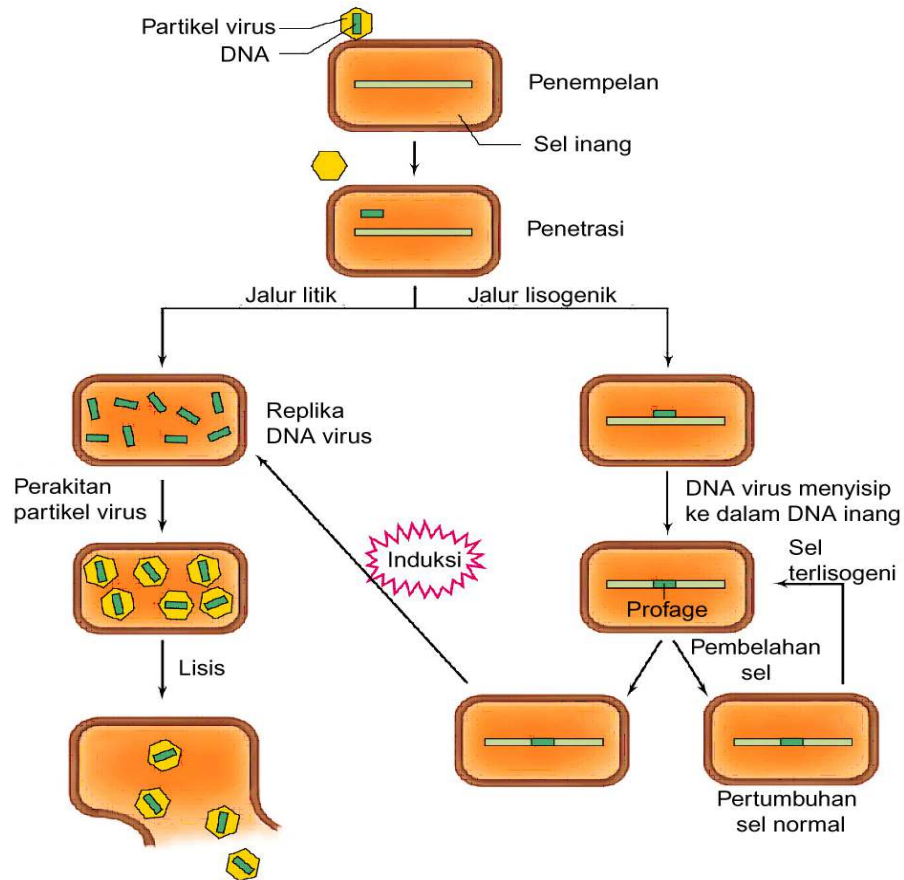
1. Penempelan/adsorpsi virion pada inangnya
2. Penetrasi virion atau asam nukleatnya ke dalam sel inang
3. Sintesis asam nukleat dan protein virus mulai dari awal sampai akhir infeksi. Awal infeksi, virus mengendalikan metabolisme sel untuk mensintesis asam nukleat dan protein virus baru. Akhir infeksi, protein struktural yang merupakan sub unit pembungkus virus (kapsomer) disintesis.
4. Penyusunan (Assembly) subunit struktural (dan komponen membran pada virus berselubung lipid) dan pengepakan asam nukleat menjadi partikel virus.
5. Pelepasan virion dari sel inang.



(Brock Biology of microorganisms, 2006)

Gambar 5.3. Replikasi virus.

Berdasarkan virulensinya ada 2 jenis virus bakteri yaitu virus virulen/litik dan virus temperate/lisogeni.



(Brock Biology of microorganisms, 2006)

Gambar 5.4. Dua jenis virus bakteri berdasarkan virulensinya.

1. Daur litik

Untuk mempelajari virus litik, kita ambil contoh perkembangbiakan bakteriofag T4 di dalam sel bakteri *E. coli*. Partikel-partikel virus yang baru (hasil perkembangbiakan) dikeluarkan sel inang melalui proses lisis. Lisis adalah pecahnya membran sel inang dan keluarnya sitoplasma. Proses lisis menyebabkan sel inang mati dengan cepat, karenanya bakteriofag T4 bersifat virulen. Daur litik dapat berlangsung selama 20-40 menit. Selama satu kali daur litik dihasilkan 50-200 virus. Daur litik meliputi beberapa fase, yaitu *absorpsi, penetrasi, replikasi, perakitan, dan lisis*.

a. Fase adsorpsi

Penempelan serabut ekor bakteriofag T4 bagian reseptor *E. coli*.

b. *Fase penetrasi*

Selubung ekor virus berkontraksi dan menyuntikkan DNA bakteriofag T4 ke dalam sitoplasma bakteri *E. coli*. Sebelumnya, dinding sel *E. coli* meluruh karena kerja enzim lizozim yang ada di lempeng (cakram) dasar bakteriofag T4.

c. *Fase replikasi*

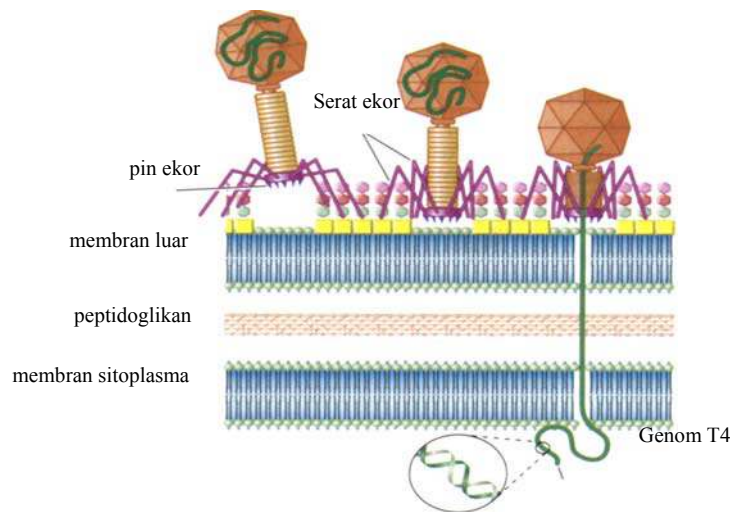
DNA bakteriofag T4 mengarahkan bakteri *E. coli* untuk mengode enzim hidrolitik guna menghancurkan DNA bakteri itu sendiri dan memperbanyak protein DNA serta enzim bakteriofag T4 melalui proses transkripsi dan translasi. Fase ini disebut *periode eklips*.

d. *Fase perakitan*

Setelah menguasai proses metabolisme bakteri *E. coli*, gen bakteriofag T4 mengarahkan sel *E. coli* untuk memproduksi komponen-komponen virus. Komponen-komponen tubuh virus yang berupa selubung protein, serabut ekor, dan kepala, selanjutnya dirakit membentuk virus-virus baru. Hasil rakitannya berupa bakteriofag T4 baru yang masih bersifat virion, yaitu virus yang belum aktif.

e. *Fase lisis*

Setelah proses perakitan berakhir, bakteriofag T4 membentuk enzim lisis untuk merusak dinding sel *E. coli* menyebabkan bakteri mati dan keluarnya virion-virion bakteriofag T4. Virion-virion ini akan menjadi bakteriofag T4 yang aktif setelah menginfeksi bakteri *E. coli* yang lain.



(Brock Biology of microorganisms, 2006)
Gambar 5.5. daur litik pada virus.

2. Daur lisogenik

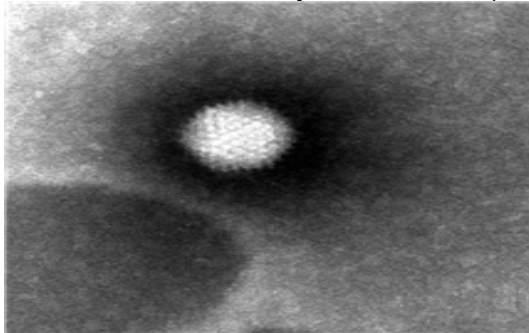
Beberapa virus, antara lain herpes, HIV, dan bakteriofag lamda, berkembang biak melalui daur lisogenik. Pada daur lisogenik, materi genetik virus bergabung dengan materi genetik sel inang. Ketika sel inang membelah, materi genetik virus juga menggandakan dan diturunkan pada keturunannya. Pengaruh dari luar dan sinyal dari materi genetik kemungkinan menyebabkan materi genetik virus berada di bawah pengaruh materi genetik sel inang. Karena materi genetik virus dilindung oleh selubung protein dan tidak dapat menjalankan sendiri proses biokimiawinya, virus dapat hidup lama di dalam sel inang. Beberapa virus dapat "tidur" di dalam materi genetik sel inang selama beberapa tahun sebelum berkembang biak. Sebagai contoh, orang yang terinfeksi HIV dapat hidup tanpa menunjukkan virus penyebab AIDS itu ke orang lain.

Pada daur lisogenik, partikel-partikel virus yang baru dibentuk melalui daur litik. Pada beberapa virus tertentu, daur litik dapat melengkapi daur lisogenik, misalnya pada bakteriofag lamda. Ketika memasuki daur lisogenik, DNA bakteriofag lamda mengalami rekombinasi dengan kromosom *E. coli*. DNA bakteriofag lamda yang menyisip pada materi genetik sel inang disebut **profag**. Profag merupakan bahaya laten di dalam kromosom sel inang selama beberapa generasi yang suatu saat akan keluar dan memisahkan diri, kemudian memasuki daur litik. Virus yang dapat menjalani daur litik dan lisogenik disebut **temperate fag**.

b. Keragaman virus

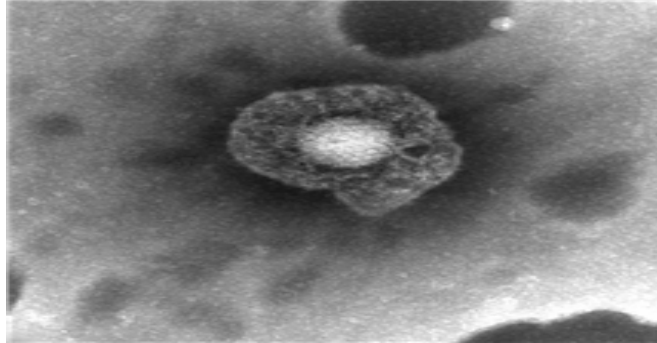
Virus dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis asam nukleatnya. Berdasarkan jenis asam nukleat yang dimilikinya, virus dapat dikelompokkan menjadi virus DNA dan virus RNA. Yang termasuk kelompok virus DNA adalah sebagai berikut.

1. Adenoviridae, contohnya adenovirus (Gambar 5.6).



Gambar 5.6. Bentuk virus adenoviridae (adenovirus) contohnya penyebab gastroenteritis

2. Herpesviridae, contohnya virus herpes simpleks pada manusia (Gambar 5.7).



Gambar 5.7. Bentuk virus herpesviridae (herpes)

3. Hepadnaviridae, contohnya virus hepatitis B (Gambar 5.8).

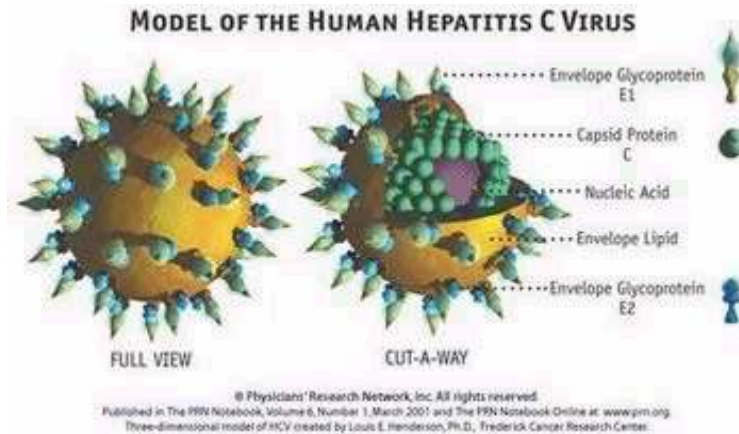


Gambar 5.8. Bentuk virus hepadnaviridae (Hepatitis-B).

4. Papoviridae, contohnya virus papilloma manusia.
5. Parvoviridae, contohnya parvovirus.
6. Poxviridae, contohnya virus cacar.

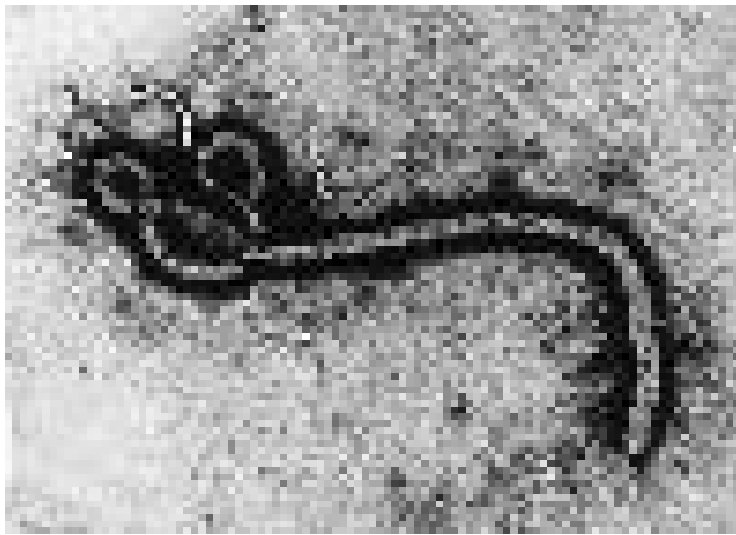
Termasuk kelompok virus RNA, antara lain:

1. Picornaviridae, contohnya virus polio dan virus hepatitis A.
2. Caliciviridae, contohnya virus hepatitis D.
3. Togaviridae, contohnya virus rubella.
4. Flaviridae, contohnya virus demam kuning dan virus hepatitis C (Gambar 5.9).



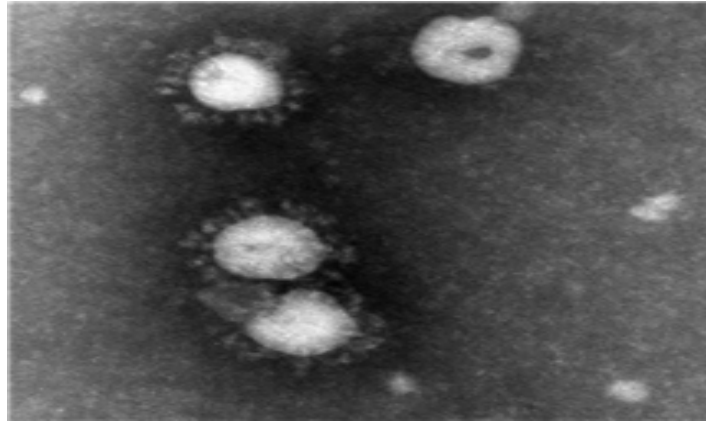
Gambar 5.9. Bentuk virus Flaviridae (hepatitis c).

5. Filoviridae, contohnya virus ebola (Gambar 5.10).



Gambar 5.10. Bentuk filoviridae (virus ebola).

6. Coronaviridae, contohnya virus flu burung (Gambar 5.11).



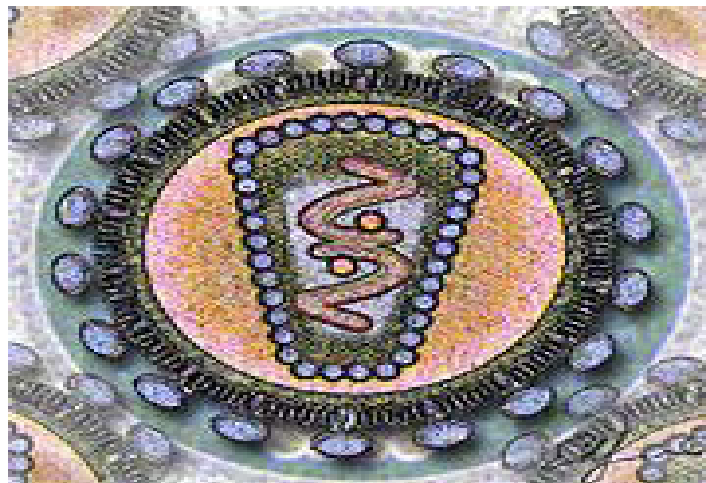
Gambar 5.11. Bentuk coronaviridae (corona).

7. Rhabdoviridae, contohnya virus rabies.

8. Paramyxoviridae, contohnya virus gondong (parotitis) dan virus campak.

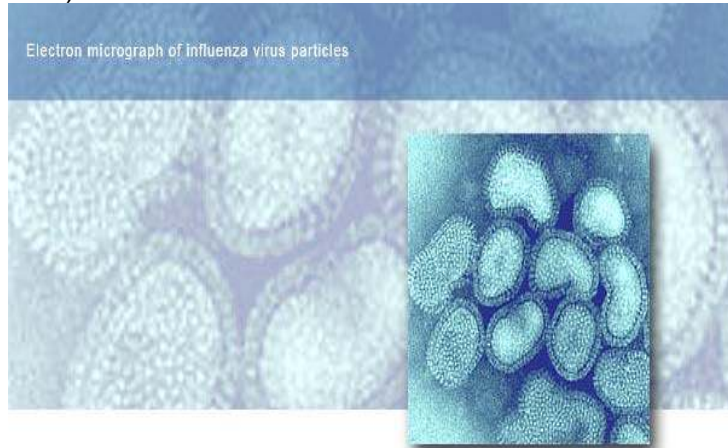
9. Reoviridae, contohnya Rotavirus A penyebab diare.

10. Retroviridae, contohnya virus HIV 1 dan 2 serta HTLV (Gambar 5.12).



Gambar 5.12. Bentuk HIV-1 (AIDS).

11. Orthomyxoviridae, contohnya virus influenza A,B, dan C (Gambar 5.13).



Gambar 5.13. Bentuk orthomyxoviridae (flu)

12. Bunyaviridae, contohnya virus Bunyamvera.

13. Arenaviridae, contohnya virus limfosit koriomeningitis.

5.1.2. Peranan virus dalam kehidupan

Pada umumnya, virus menyebabkan berbagai penyakit pada makhluk hidup. Namun, tidak semua virus merugikan. Beberapa virus sengaja dibudidayakan manusia untuk tujuan tertentu, yaitu meningkatkan kesejahteraan manusia. Beberapa manfaat virus antara lain ialah:

- Bakteri yang mengandung profag bermanfaat untuk pengobatan berbagai macam penyakit.
- Untuk membuat interferon dari virus melalui rekayasa genetika.
- Untuk membuat vaksin (mikroorganisme yang dilemahkan sehingga sifat patogenitasnya hilang, akan tetapi sifat antigenitas tetap).
- Untuk membuat peta kromosom.

a. Penggunaan virus untuk medis

Teknologi kedokteran telah menggunakan bakteriofag (fag virulen) untuk mengenal dan mengidentifikasi bakteri patogen. Ketahanan dan kerentanan bakteri terhadap serangan bakteriofag dapat digunakan untuk menentukan galur-galur bakteri dalam sistem klasifikasinya. Setiap galur bakteri menunjukkan tipe lisis tertentu apabila terinfeksi oleh tipe fag tertentu pula. Cara menentukan galur bakteri dengan melihat tipe lisis setelah diinfeksi fag tertentu disebut *penentuan tipe fag*. Proses penentuan ini secara rutin dipakai untuk mengidentifikasi bakteri patogen, misalnya stafilocokus dan

basilus tifoid. Jadi, fag merupakan alat untuk mendiagnosis suatu penyakit dan untuk mengikuti penyebaran penyakit di masyarakat.

Lisogenik pada bakteri merupakan suatu model konseptual untuk menelaah virus onkogenik (virus penyebab kanker) karena virus-virus itu juga mempunyai kemampuan untuk mengekalkan materi genetiknya dalam sel – sel yang terinfeksi.

b. Penggunaan virus untuk mengukur dosis radiasi

Kerentanan fag-fag tertentu terhadap radiasi yang telah diketahui dengan tepat digunakan untuk mengukur dosis radiasi. Hal itu dilakukan dengan cara mencampur fag ke dalam bahan yang akan diradiasi. Dosis radiasi kemudian dapat dihitung dari derajat kerusakan yang dialami oleh bakteriofag itu.

c. Penggunaan virus untuk membasmi hama tanaman

Dalam bidang pertanian, virus dapat digunakan sebagai biopestisida untuk membasmi hama tanaman budidaya, misalnya baculovirus. Virus ini apabila disemprotkan pada tanaman budidaya, tanpa sengaja akan termakan oleh serangga hama. Serangga hama menjadi sangat rakus dan sempat melakukan perkawinan. Akibatnya, virus itu menyebar ke serangga lain melalui perkawinan dan menyebabkan kematian massal.

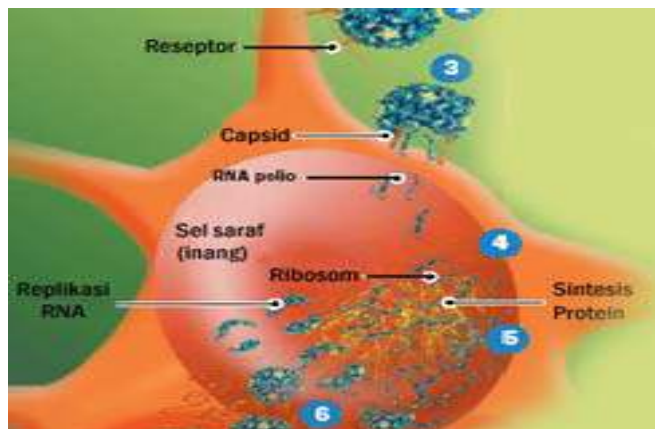
Kerugian yang disebabkan oleh virus

Selain bermanfaat, virus juga dapat menimbulkan kerugian, terutama karena dapat menyebabkan penyakit pada manusia, hewan, dan tumbuhan.

a. Virus penyebab penyakit pada manusia

Virus penyebab penyakit pada manusia:

1. *Herpesvirus varicellae*, penyebab penyakit cacar.
2. Virus polio, penyebab penyakit poliomielitis (Gambar 5.14).



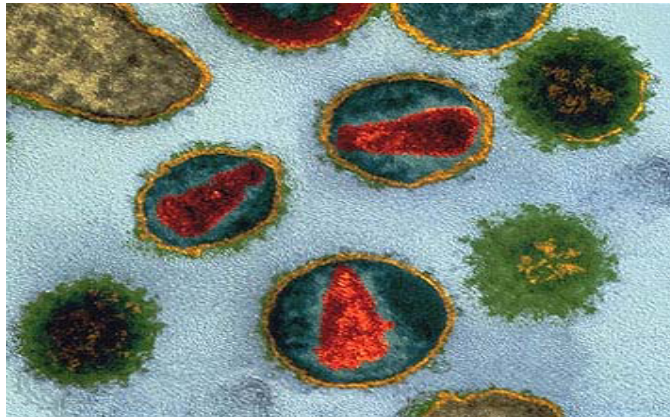
Gambar 5.14. Bentuk virus polio

3. Virus influenza, penyebab penyakit influenza atau flu.
4. Virus morbili, penyebab penyakit campak.
5. Virus rabies, penyebab penyakit rabies.
6. Virus H5N1, penyebab penyakit flu burung (avian influenza) (Gambar 5.15).



Gambar 5.15. Bentuk virus H5N1 (Avian influenza).

7. Paramyxovirus (virus parotitis), penyebab penyakit gondong.
8. HIV (Human Immunodeficiency Virus), penyebab AIDS (Gambar 5.16).



Gambar 5.16. HIV dibawah mikroskop.

b. Virus penyebab penyakit pada hewan

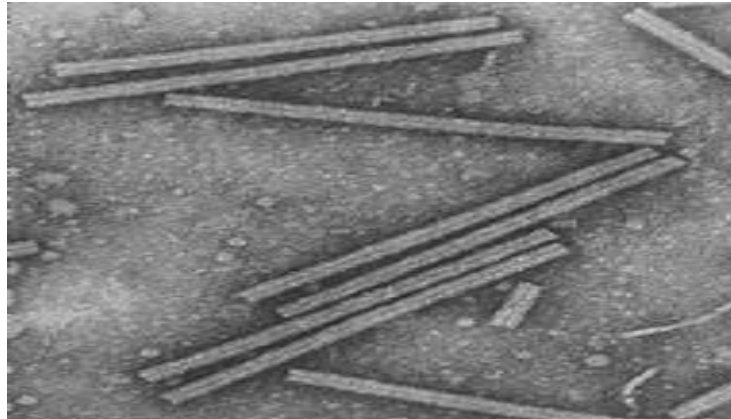
Virus penyebab penyakit pada hewan adalah:

1. virus rabies (Rhabdovirus), penyebab penyakit rabies pada anjing, kucing dan monyet.
2. virus NCD, (New Castle Disease), penyebab penyakit tetelo pada ayam.
3. virus FMD (Foot and Mouth Disease), penyebab penyakit mulut dan kuku pada ternak
4. virus cowpox, penyebab penyakit cacar pada sapi.
5. Virus sarcoma (Rous Sarcoma Virus=RSV), penyebab tumor ayam.
6. Virus bovine papilloma virus (BPV), penyebab tumor sapi.

c. Virus penyebab penyakit tumbuhan

Virus penyebab penyakit pada tumbuhan:

1. Virus mosaik, menyerang tanaman kentang (Gambar 5.17), tomat dan tembakau (Gambar 5.18).



Gambar 5.17. TMV pada kentang.

2. Citrus Vein Phloem Degeneratif (CVPD), menyerang jeruk.
3. Virus tungro, menyerang tanaman padi.
4. Potato Yellow Mosaic Virus (PYMV), menyerang tanaman kentang.
5. Beans Yellow Mosaic Virus (BYMV), menyerang buncis.
6. Cucumber Mosaic Virus pada ketimun (Gambar 5.19).



Gambar 5.18. TMV pada tembakau.



Gambar 5.19 Cucumber mosaic virus (timun).

7. PStV pada kacang tanah (Gambar 5.20).



Gejala serangan PStV pada daun kacang tanah

Gambar 5.20. PStV pada daun kacang tanah.

8. Germinivirus pada *Capsicum annum* (cabe merah)

5.2. Ciri, sifat dan keragaman prokariotik

5.2.1. Ciri, sifat, dan keragaman bakteri

Pernahkah kalian bertanya bagaimana sapi mencerna rumput atau kenapa makanan menjadi busuk? Kedua proses ini merupakan kerja dari mikroorganisme. Kalau mendengar kata bakteri, langsung terbayang di kepala kita makhluk kecil penyebab penyakit. Ia menyerang tubuh kita dan menggerogoti kesehatan dengan dayanya yang cenderung negatif.

Belum lagi kalau kita membicarakan *Escherichia coli* yang banyak terdapat di air kotor sebagai penyebab utama diare. Pernahkah kalian terserang diare? Diare merupakan salah satu penyakit pada saluran pencernaan yang disebabkan oleh kuman. Apakah kuman itu? Kuman adalah makhluk hidup yang sangat kecil (mikroorganisme) yang dapat menyebabkan penyakit. Mikroorganisme mempunyai peranan yang sangat besar dalam kehidupan manusia, baik yang bersifat merugikan misalnya penyebab berbagai penyakit maupun yang menguntungkan seperti bakteri bintil akar pada tanaman kacang-kacangan. Seperti apakah bakteri itu. Penyakit apa saja yang disebabkan oleh bakteri? Apa sajakah kegunaan bakteri? kalian ingin tahu lebih jauh tentang bakteri? Pelajarilah bab ini.

Perbedaan eukariotik dan prokariotik

Bakteri merupakan makhluk hidup atau makhluk hidup sama halnya dengan manusia. Meskipun begitu, sel bakteri berbeda dengan sel-sel penyusun tubuh manusia. Sel-sel tubuh manusia merupakan sel eukariotik, sedangkan sel bakteri adalah sel prokariotik. Apakah perbedaannya. Sel eukariotik dan sel prokariotik berbeda dalam hal ada tidaknya membran inti sel. **Sel eukariotik** sudah memiliki membran inti. Dengan kata lain, sel ini sudah memiliki organel-organel bermembran. Makhluk hidup eukariotik meliputi protista, fungi, serta tumbuhan dan hewan, termasuk manusia.

Adapun **sel prokariotik** ialah sel yang belum memiliki membran inti sehingga materi genetiknya berada dalam sitoplasma. Jadi, dapat dikatakan bahwa sel prokariotik belum memiliki inti sejati. Sel prokariotik tidak memiliki organel-organel bermembran. Seperti sel eukariotik, sel prokariotik juga memiliki ribosom, meskipun begitu, ribosom pada sel prokariotik berukuran lebih kecil dan memiliki lebih sedikit subunit protein dibandingkan ribosom pada sel eukariotik.

Hampir semua sel prokariotik dilindungi oleh dinding sel yang kaku. Di bawah dinding sel terdapat membran plasma tipis yang menyelubungi sitoplasma. Sebagian besar makhluk hidup prokariotik bersel tunggal dan sebagian lagi membentuk rantai filamen, atau

bentuk-bentuk kelompok lainnya. Meskipun merupakan makhluk hidup mikroskopis, sejumlah prokariotik uniseluler bergabung membentuk koloni yang dapat dilihat. Kendati sel-sel prokariotik berkelompok membentuk rantai, filamen atau koloni. masing-masing merupakan individu yang berdiri sendiri. Pada makhluk hidup prokariotik. tidak ada organisasi jaringan yang nyata.

Meskipun merupakan makhluk hidup sederhana, prokariotik mampu melakukan semua fungsi dasar kehidupan. Kenyataan bahwa mereka sederhana secara struktural agak membatasi kemampuannya, tetapi di sisi lain merupakan satu keuntungan bagi mereka. Contohnya. mereka mampu memperbanyak diri dengan sangat cepat. Pada umumnya makhluk hidup prokariotik bereproduksi secara aseksual, yaitu dengan cara membelah diri. Makhluk hidup prokariotik hidup di hampir semua lingkungan yang ada di muka bumi. Makhluk hidup prokariotik dapat ditemukan di palung samudra, pada kedalaman 9-6 km di bawah permukaan laut serta di Kutub Selatan dan Kutub Utara.

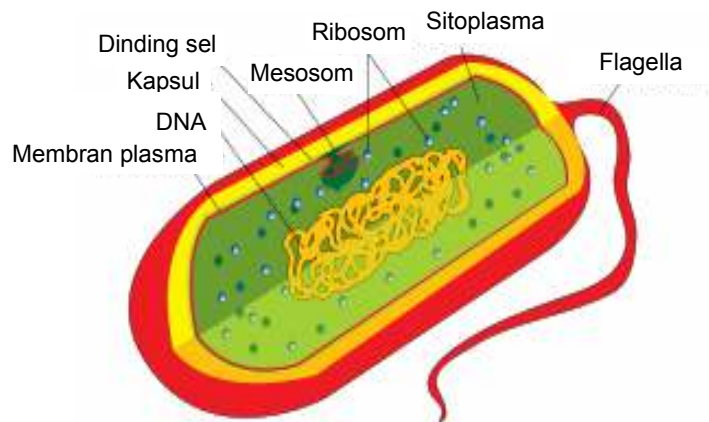
Tidak seperti makhluk hidup lainnya, makhluk hidup prokariotik memiliki perbedaan morfologis yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan mereka. Secara tradisional, prokariotik dikelompokkan berdasarkan karakter fisiologi, komposisi molekuler, dan reaksinya terhadap pewarnaan gram, yang dibandingkan berdasarkan hubungannya secara evolusi. Berdasarkan perbandingan rangkaian RNA ribosomnya, para ahli membagi makhluk hidup prokariotik menjadi dua kingdom, yaitu kingdom Eubacteria dan kingdom Archaeobacteria.

Carl Woese (1970-an) dari Universitas Illinois (USA) menggunakan teknik biologi molekuler, yaitu analisis sekuen rRNA sub unit kecil untuk mempelajari kekerabatan semua makhluk. Hasil yang diperoleh adalah anggota kelompok prokariot sangat berkerabat dengan dan sangat mirip satu sama lain. Berdasarkan hasil klasifikasi yang dibuat dengan mengacu pada analisis variasi molekul rRNA tahun 1978, Woese mengajukan pendapat bahwa sesungguhnya prokariot terdiri atas dua kelompok yang berbeda secara fundamental, yaitu *Archaeobacteria* dan *Eubacteria* sehingga secara garis evolusioner kehidupan yang ditentukan berdasar analisis rRNA tersebut ada tiga, yaitu: Eubacteria, Archaeobacteria, dan Eukariot. Kini Eubacteria disebut bacteria dan Archaeobacteria disebut Archaea. Bakteri merupakan makhluk hidup yang umumnya tidak berklorofil, mempunyai diameter berukuran 0,5-1 μm , dan panjang 0,1-10 μm . Bakteri mampu hidup di berbagai media sehingga disebut bersifat kosmopolitan.

a. Ciri-ciri dan sifat bakteri

Struktur tubuh yang selalu ada pada setiap bakteri, antara lain materi genetik, ribosom, plasma sel, dinding sel, membran sel, dan cadangan makanan. Materi genetik berupa struktur nukleoid yang berupa molekul DNA melingkar berisi beribu-ribu gen untuk mengendalikan aktivitas sel bakteri tersebut. DNA mengandung seperangkat informasi genetik. Ribosom bakteri berfungsi untuk sintesis protein dan tersusun atas protein dan RNA. Kumpulan ribosom disebut **polisom** atau **poliribosom**. Bakteri memiliki dinding sel, berfungsi memberikan bentuk kaku tubuh bakteri (Gambar 5.21).

Dinding sel yang kaku berfungsi mencegah sel membengkak dan pecah akibat tekanan osmosis, jika diletakkan pada larutan yang lebih rendah konsentrasinya (hipotonik). Berdasarkan Struktur dinding selnya, bakteri dibagi menjadi kelompok bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Membran permukaan sel memiliki sifat permeabel terhadap sebagian glukosa, asam amino, dan gliserol.



Gambar 5.21. Struktur tubuh satu bakteri.

Dinding sel yang kaku berfungsi mencegah sel membengkak dan pecah akibat tekanan osmosis, jika diletakkan pada larutan yang lebih rendah konsentrasinya (hipotonik). Berdasarkan Struktur dinding selnya, bakteri dibagi menjadi kelompok bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Membran permukaan sel memiliki sifat permeabel terhadap sebagian glukosa, asam amino, dan gliserol.

Selain struktur yang sudah ada, beberapa bakteri memiliki Struktur tambahan, misalnya flagel pada *Salmonella typhosa*, membran fotosintesis pada Rhodobacter dan Rhodospirillum, serta

pilus yang digunakan saat konjugasi pada bakteri *Escherichia coli*.

Kapsul dan lapisan lendir merupakan struktur tambahan pada bakteri. Kapsul memiliki struktur lebih tebal dan padat dibandingkan lapisan lendir. Kapsul dan lapisan lendir memberikan perlindungan tambahan pada bakteri, misalnya pada *Streptococcus pneumoniae* (penyebab radang paru-paru).

Flagellum merupakan struktur tambahan yang memungkinkan bakteri untuk bergerak (*mobil*). Gerakannya menyerupai gerak alat pembuka tutup botol (gerak memutar). Flagellum bakteri aerob berguna untuk bergerak menuju tempat yang mengandung oksigen. Adapun flagellum bakteri fotosintesis berguna untuk bergerak menuju ke arah datangnya cahaya.

b. Letak Flagela Bakteri

Berdasarkan tipe flagellumnya, bakteri dibedakan menjadi monotrik, amfitrik, lopotrik, peritrik, dan atrik.

Monotrik memiliki satu flagel yang terletak di salah satu ujungnya. misalnya pada *Pseudomonas aeruginosa*.

Amfitrik memiliki dua flagel pada kedua ujungnya, misalnya pada *Aquaspirillum serpens*.

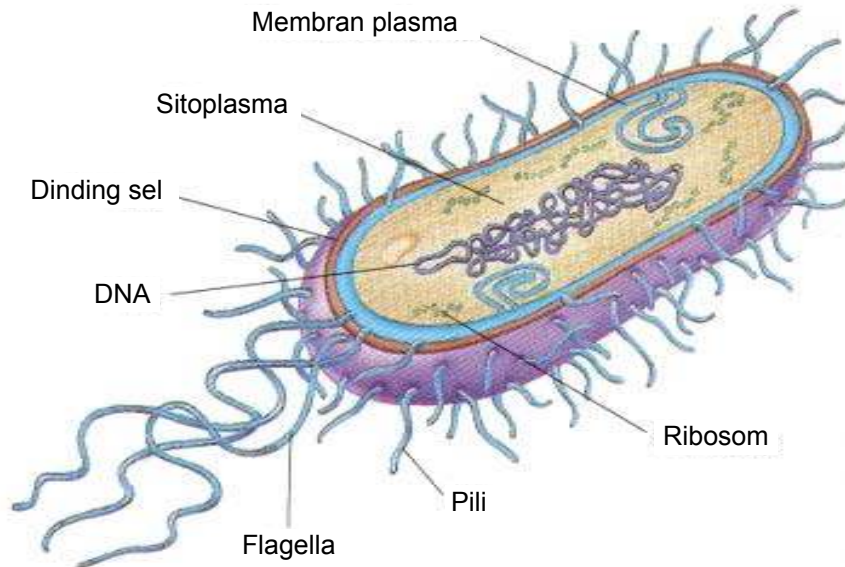
Lopotrik memiliki banyak flagel di salah satu ujungnya, misalnya pada *Pseudomonas fluorescens* (Gambar 5.22).

Peritrik memiliki banyak flagel di seluruh tubuhnya. misalnya pada *Salmonella typhosa* (Gambar 5.23).

Atrik tidak memiliki flagel.



Gambar 5.22. Bakteri lopotrik pada *P. Fluorescens*.



Gambar 5.23. Bakteri peritrik pada *S. Typhosa*.

Pili (Jamaknya: Pilus) merupakan alat pelekatan antara sel bakteri yang satu dan sel bakteri yang lain atau antara sel bakteri dan permukaan tubuh makhluk hidup lain. **Pilus F** merupakan saluran penghubung dalam transfer DNA saat konjugasi.

Membran fotosintetik adalah struktur yang khusus pada bakteri fotosintetik. Membran fotosintesis merupakan membran permukaan sel yang melekok ke dalam dan mengandung alat fotosintesis.

Genus tertentu, misalnya *Clostridium* dan *Bacillus*, akan membentuk **endospora** (spora yang dihasilkan di dalam sel). Endospora bersifat dorman (suatu keadaan sel yang tidak aktif dan proses metabolisme berkurang), resistan terhadap panas (suhu lebih dari 80 °C), dan tahan terhadap radiasi gelombang pendek. Spora bakteri bukan merupakan alat perkembangbiakan, tetapi merupakan usaha bakteri untuk melindungi diri dari keadaan yang kurang menguntungkan (kondisi ekstrem). Di perairan Indonesia, tepatnya di perairan Jepara terdapat cumi yang dapat memancarkan cahaya (*Loligo duvaucelli*). Cahaya yang dipancarkan ternyata merupakan bentuk simbiosis antara cumi dengan bakteri *Photobacterium phosphoreum* yang hidup dalam organ cahaya cumi.

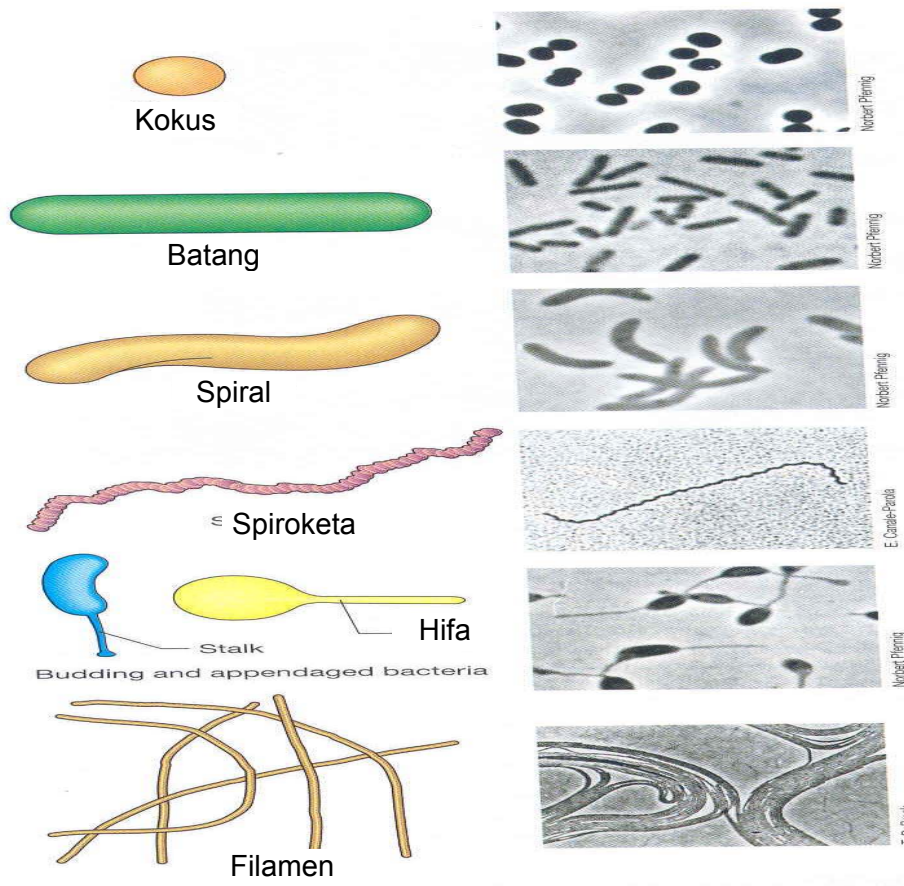
Bakteri dapat dikelompokkan berdasarkan morfologi, cara memperoleh makanan, dan kebutuhan oksigen.

I. Berdasarkan morfologinya, bakteri dapat dibedakan menjadi basil, kokus, dan spiral (Gambar 5.24).

a. Basil (batang)

Bakteri berbentuk batang dibedakan menjadi monobasil, diplobasil, dan streptobasil.

1. Monobasil (batang tunggal).
Contoh: *E. coli*, *L. casei*.
2. Diplobasil (batang berkelompok dua-dua).
Contoh: *S. typhosa*.
3. Streptobasil (rantai batang).
Contoh: *Azotobacter* dan *B. anthracis*.



(Brock Biology of microorganisms, 2006)
Gambar 5.24. Variasi bentuk bakteri.

b. Kokus (bulat)

Bakteri berbentuk bulat dibedakan menjadi monokokus, diplokokus, streptokokus, dan stafilocokus.

1. Monokokus (tunggal).
Contoh: *M. gonorrhoe* (penyebab kencing nanah).
2. Diplokokus (bola berkelompok dua-dua)
Contoh: *D. pneumoniae* (penyakit radang paru).
3. Streptokokus (bentuk rantai).
Contoh: *S. thermophilus* (bakteri pembuat yoghurt).
4. Stafilocokus (gerombol seperti anggur).
Contoh: *Staphylococcus aureus*.
5. Sarkina (berbentuk kubus).

c. Spirillum (Spiral atau seperti huruf S)

Bakteri berbentuk spiral terbagi atas:

1. Koma.
Contoh: *Vibrio cholerae* (penyebab penyakit kolera).
2. Spirokaeta (spiral dan berekor).
Contoh: *S. pallidum* (penyakit raja singa/ sifilis).

Perkembangbiakan bakteri

Pertumbuhan bakteri merupakan penambahan jumlah sel bakteri dalam suatu koloni dengan cara membelah diri. Hal itu dipengaruhi oleh suhu, kelembapan, dan oksigen. Suhu yang terlalu tinggi atau rendah bagi pertumbuhan optimum bakteri akan menyebabkan kematian atau penghambatan perkembangan bakteri. Zat kimia tertentu akan membunuh koloni bakteri, misalnya antibiotik penisilin.

Faktor-faktor yang membatasi pertumbuhan bakteri, antara lain ialah nutrisi (zat makanan), zat hasil ekskresi yang tertimbun dalam medium, dan predator.

a. Nutrisi (zat makanan)

Jumlah nutrisi (zat makanan) yang tersedia dalam jumlah banyak akan meningkatkan jumlah koloni bakteri. Sebaliknya, berkurangnya nutrisi mengakibatkan koloni bakteri menyusut, bahkan akan mati dengan habisnya nutrisi yang tersedia.

b. Zat hasil ekskresi yang tertimbun dalam medium

Metabolisme bakteri akan menghasilkan bahan buangan. Pertambahan jumlah koloni akan meningkatkan timbunan hasil buangan tersebut dalam media. Timbunan hasil buangan tersebut dapat mengganggu metabolisme bakteri yang kemudian akan menyebabkan penurunan jumlah koloni bakteri.

c. Predator (pemangsa) bakteri

Pemangsa bakteri biasanya adalah *Amoeba* dan *Didinium*.

Amoeba memakan mikroorganisme kecil, beberapa di antaranya adalah Protozoa dan Algae.

Untuk mengamati bakteri dapat dilakukan langkah berikut ini. Ambillah tanaman kacang panjang yang telah berumur kira-kira 4 bulan. Cucilah bagian akarnya dengan hati-hati dengan cara mengalirkan air dari keran secara langsung. Amatilah bagian akar yang menggelembung, kemudian belahlah dan amatilah di bawah mikroskop. Dapatkah kalian temukan *Rhizobium*?

Perkembangbiakan bakteri dapat terjadi secara aseksual dengan cara membelah diri menjadi dua (pembelahan biner). Disamping itu, *rekombinasi genetik* dapat terjadi dengan cara penggabungan materi genetik yang berupa DNA antar bakteri. Rekombinasi genetik pada bakteri dapat dibedakan menjadi transformasi, transduksi dan konjugasi.

a. Transformasi

Transformasi merupakan proses pemindahan materi genetik berupa DNA dari satu sel bakteri ke sel bakteri yang lain. Menurut **Frederick Griffith** (1928), transformasi dapat terjadi pada bakteri *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus*, *Neisseria gonorrhoe*, *Bacillus*, dan *Rhizobium*.

b. Transduksi

Transduksi merupakan pemindahan materi genetik dari sel bakteri yang satu ke sel bakteri yang lain dengan melalui perantara (berupa bakteriofag). Hal tersebut berdasarkan hasil penelitian **Norton Zinder** dan **Joshua Lederberg** (1952).

c. Konjugasi

Konjugasi merupakan pemindahan DNA secara langsung melalui kontak sel dengan menggunakan pilus F, misalnya pada bakteri *Escherichia coli*.

Untuk memenuhi kebutuhan hidupnya, bakteri dapat mengambil makanan secara langsung dari alam. Namun, ada juga bakteri yang harus mengubah senyawa tertentu menjadi senyawa yang dibutuhkan.

II. Berdasarkan *cara memperoleh makanannya*, bakteri dibedakan menjadi *bakteri autotrof* dan *heterotrof*.

a. Bakteri autotrof

Bakteri autotrof ialah bakteri yang dapat membuat makanannya

sendiri dari zat-zat anorganik dan mengubahnya menjadi zat-zat organik. Ada dua macam bakteri autotrof, yaitu bakteri fotoautotrof dan kemoautotrof. *Bakteri fotoautotrof* adalah bakteri yang menggunakan cahaya sebagai sumber energinya, misalnya bakteri hijau. *Bakteri kemoautotrof* adalah bakteri yang menggunakan senyawa kimia sebagai sumber energinya, misalnya bakteri belerang, bakteri besi, bakteri nitrogen, dan bakteri nitrat.

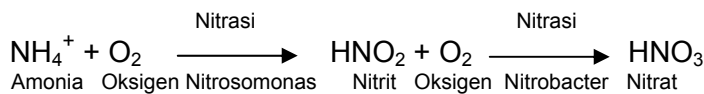
b. Bakteri heterotrof

Bakteri heterotrof ialah bakteri yang tidak dapat menyintesis makanannya sendiri. Bakteri heterotrof dibedakan menjadi bakteri patogen dan saprofit. *Bakteri* patogen memperoleh makanan dengan cara mengambil senyawa organik kompleks dari makhluk hidup lain. misalnya *Mycobacterium tuberculosis* (penyebab TBC). *Bakteri saprofit* memperoleh makanan dari sisa-sisa makhluk hidup yang telah mati atau limbah, misalnya bakteri yang hidup di tempat sampah, *Escherichia coli*.

III. Berdasarkan *kebutuhannya akan oksigen*, bakteri dibedakan menjadi *bakteri aerob* dan *anaerob*.

a. Bakteri aerob

Bakteri aerob ialah bakteri yang membutuhkan oksigen bebas untuk keperluan hidupnya, contohnya bakteri nitrat (*Nitrobacter*) dan bakteri nitrit (*Nitrosomonas*). Bakteri nitrat dan bakteri nitrit melakukan proses nitrifikasi yang membutuhkan oksigen untuk mengoksidasi amonia menjadi nitrat.



b. Bakteri anaerob

Bakteri anaerob adalah bakteri yang mendapatkan energi tanpa menggunakan oksigen, contohnya bakteri *Micrococcus denitrificans*, *Clostridium desulfuricans*, dan *Clostridium tetani* (penyebab tetanus). Energi diperoleh dari penguraian senyawa-senyawa organik secara anaerob. Salah satu peranan bakteri anaerob adalah dalam peristiwa denitrifikasi yaitu proses penguraian nitrat/nitrit menjadi amonia.

Berdasarkan hubungannya secara evolusi, bakteri dapat dikelompokkan menjadi 12 filum. Berikut ini akan dibahas empat filum utama bakteri, yaitu Spirochaeta, bakteri Gram positif, Proteobacteria, dan Cyanobacteria (Cyanophyta).

*) Spirochaeta

Filum ini beranggotakan bakteri-bakteri Gram negatif yang berbentuk spiral. Bakteri Gram negatif merupakan bakteri yang memiliki lapisan lipopolisakarida tambahan di luar dinding selnya dan akan berwarna merah muda jika diberi pewarnaan Gram. Anggota Spirochaeta ada yang hidup secara aerob dan ada yang secara anaerob. Mereka bergerak dengan menggunakan flagela yang tertanam di dalam dinding sel. Spirochaeta hidup secara bebas, bersimbiosis, atau sebagai patogen, tetapi ada pula yang hidup sebagai dekomposer. Filum ini dibagi menjadi tiga famili yang termasuk dalam satu ordo, Spirochaetales. Ketiga famili tersebut ialah:

1. Spirochaetaceae (contoh: *Borrelia burgdorferi*), penyebab Lyme.
2. Brachyspiraceae (contoh: *Brachyspira*).
3. Leptospiraceae (contoh: *Treponema pallidum*), penyebab sifilis.

*) Bakteri Gram Positif

Meskipun namanya bakteri Gram positif, tidak semua anggota filum ini merupakan bakteri Gram positif. Sejumlah kecil bakteri Gram negatif juga termasuk dalam filum ini karena mereka memiliki kesamaan secara molekuler dengan bakteri Gram positif. Ciri utama bakteri Gram positif adalah struktur dinding selnya sederhana, tersusun atas peptidoglikan tanpa lapisan lipopolisakarida. Jika diberi pewarnaan Gram, bakteri Gram positif akan berwarna ungu.

Anggota bakteri Gram positif banyak yang menyebabkan penyakit pada manusia, misalnya *Streptococcus pneumoniae* yang menyebabkan pneumonia (radang paru-paru). Bakteri Gram positif banyak yang menghasilkan toksin, misalnya *Clostridium botulinum*. Toksin yang dihasilkan oleh bakteri *C. botulinum* sangat mematikan, satu gram toksin dapat membunuh lebih dari satu juta orang.

Selain dapat menimbulkan penyakit dan menghasilkan racun, bakteri Gram positif juga dapat menghasilkan bahan-bahan yang menguntungkan. Contohnya, antibiotik yang dihasilkan oleh bakteri dari kelompok Actinomycetes. Antibiotik membunuh bakteri-bakteri Gram positif lainnya dengan cara mencegah bakteri tersebut membentuk protein. Antibiotik hanya mempengaruhi pertumbuhan bakteri tanpa membahayakan sel-sel tubuh manusia. Bakteri Gram positif digunakan untuk membuat yoghurt, acar, keju, dan mentega.

*) Proteobacteria

Proteobacteria merupakan filum terbesar dalam Kingdom/Domain Eubacteria. Semua Proteobacteria merupakan bakteri Gram negatif. tetapi memiliki bentuk bermacam-macam (batang, bulat, dan spiral). Kebanyakan bergerak dengan flagela,

tetapi ada yang bergerak meluncur atau tidak dapat bergerak. Sebagian besar anggotanya termasuk mikroorganisme anaerob fakultatif atau obligat. Anggota Proteobacteria ada yang hidup bebas, bersimbiosis ataupun sebagai patogen pada manusia, hewan, dan tumbuhan.

Berdasarkan rangkaian rRNA-nya, Proteobacteria dibagi menjadi lima kelompok. yaitu Alpha (α) Proteobacteria, Beta (β) Proteobacteria, Gamma (γ) Proteobacteria, Delta (δ) Proteobacteria, dan Epsilon (ϵ) Proteobacteria.

* Alpha (α) Proteobacteria

Alpha (α) Proteobacteria meliputi bakteri fototrof dan bakteri yang menggunakan senyawa C1. Anggota kelompok ini ada yang bersimbiosis dengan tanaman (contohnya, *Rhizobium* sp) dan hewan. Ada pula yang merupakan patogen pada hewan dan manusia. contohnya *Rickettsia prowazek*. Bakteri ini menyebabkan demam tifus jika berpindah dari kutu ke manusia. Contoh lainnya adalah *Agrobacterium tumefaciens* dan *Magnetospirillum magnetotacticum*.

* Beta (β) Proteobacteria

Beta (β) Proteobacteria terdiri atas kelompok bakteri aerob fakultatif, bakteri kemolitotrof (misalnya, *Nitrosomonas*), serta bakteri fototrof (misalnya, *Rhodocyclus*). Contoh spesies patogen dalam kelompok ini adalah *Neisseria gonorrhoea*.

* Gamma (γ) Proteobacteria

Gamma (γ) Proteobacteria terdiri atas kelompok-kelompok bakteri yang banyak digunakan untuk keperluan medis dan penelitian, contohnya Enterobacteri, Vibrio, dan Pseudomonas. Namun, ada pula yang merupakan patogen, misalnya *Salmonella* (tifus), *Vibrio* (kolera), dan *Yersinia*.

* Delta (δ) Proteobacteria

Kelompok ini terdiri atas bakteri pembentuk badan buah, yaitu *Myxobacteria*. Bakteri tersebut ditemukan di tanah dan bahan-bahan organik yang membusuk.

* Epsilon (ϵ) Proteobacteria

Dua anggota kelompok kecil ini merupakan patogen pada manusia. Contohnya, *Helicobacter pylori* yang menyebabkan tukak lambung dan *Campylobacter jejuni* yang menyebabkan gangguan gastrointestinal.

*) Cyanophyta (Ganggang Hijau-Biru)

Cyanophyta atau ganggang hijau-biru merupakan makhluk hidup prokariotik. Habitatnya adalah di air tawar, air laut, tempat yang lembap, batu-batuan yang basah, menempel pada tumbuhan atau hewan, di kolam yang banyak mengandung bahan organik (nitrogen), di sumber air panas (suhu mencapai 80°C), dan di perairan yang tercemar. Ganggang hijau-biru hidup secara soliter (sendiri) atau berkelompok (koloni). Individu yang berkoloni biasanya berupa benang (filamen), dengan trikome (tabung), dan memiliki selubung. Tubuhnya mempunyai klorofil, karotenoid, serta pigmen fikobilin (gabungan antara fikoeiritrin (merah) dan fikosianin (biru) sehingga berwarna hijau kebiru-biruan.

Cyanophyta merupakan makhluk hidup perintis. **Makhluk hidup perintis** adalah makhluk hidup pertama yang memberi kemungkinan hidup pada makhluk hidup lain di tempat yang sulit dijadikan tempat hidup. Pada umumnya Cyanophyta dapat mengikat nitrogen bebas di udara. Proses itu disebut **fiksasi nitrogen**. Fiksasi nitrogen mengubah nitrogen (N_2) menjadi amonia (NH_3) untuk digunakan tumbuhan sebagai bahan untuk mensintesis senyawa organik (asam amino). Cyanophyta yang mampu mengikat nitrogen, antara lain *Anabaena*, *Nostoc*, dan *Gloeocapsa*.

Macam-macam Cyanophyta

Cyanophyta ada yang bersel satu dan ada yang bersel banyak. Cyanophyta bersel satu, misalnya *Chroococcus* dan *Gloeocapsa*. *Chroococcus* mempunyai ciri hidup di dasar kolam yang tenang, berkembang biak dengan membelah diri, tidak membentuk spora, dan memiliki heterosista. *Gloeocapsa* mempunyai sel berselubung berwarna biru, hidup di batu-batuan yang lembap atau epifit pada tumbuhan lain, dan mampu mengikat N dari udara.

Cyanophyta yang hidup secara berkelompok atau berkoloni, misalnya *Polycystis*. *Polycystis* memiliki ciri bentuk koloni seperti bola, berkembang biak dengan membelah diri dan fragmentasi, serta hidup di kolam yang airnya tenang.

Bentuk Cyanophyta yang lain adalah benang (filamen), misalnya *Oscillatoria*, *Nostoc commune*, *Anabaena* sp, dan *Rivularia*. *Oscillatoria* memiliki ciri mampu membentuk trikome tidak bercabang, tidak diliputi lendir, serta berkembang biak dengan membelah diri dan fragmentasi melalui hormogonium pada trikomnya.

Nostoc commune memiliki ciri trikome berbentuk bulat, hidup di tanah alkali dan batu-batuan yang lembap, selubung berwarna kuning/kecokelatan, memiliki struktur **akinet** (sel yang tidak aktif akan membentuk trikome baru setelah masa dorman selesai). Pada

sel-sel tertentu dindingnya akan menebal membentuk **heterosista** untuk mengikat nitrogen. *Anabaena ayllae* dan *Anabaena cycadae* mempunyai tubuh berselaput lendir dan trikomya berbentuk bola (membentuk rantai), berkembang biak dengan fragmentasi dan heterosista, memiliki akinet, mampu menambat N, dan hidup sebagai plankton. *Rivularia* mempunyai tubuh seperti bola diselubungi oleh lendir, trikomya meruncing, hidup menempel pada tanaman air/batuan yang lembap, dan tidak memiliki akinet.

Perkembangbiakan Cyanophyta

Reproduksi Cyanophyta pada umumnya adalah dengan cara membelah diri. Cyanophyta yang berbentuk filamen dapat melakukan reproduksi dengan cara fragmentasi dan pemutusan bagian sel yang lemah (hormogonium). Masing-masing sel akan tumbuh menjadi individu baru. Selama itu, heterosista dapat juga digunakan sebagai alat reproduksi, misalnya pada *Anabaena*.

Peranan Cyanophyta

Karena mampu melakukan fotosintesis, Cyanophyta berperan sebagai penyedia oksigen bagi perairan. Cyanophyta merupakan penyedia oksigen terbesar di perairan. Selain itu, Cyanophyta merupakan penyedia bahan pangan (produsen) bagi makhluk hidup di air. sebagai fitoplankton.

Cyanophyta pengikat nitrogen yang hidup bebas mampu menyuburkan tanah, misalnya *Nostoc commune* dan *Gloeocapsa*. Cyanophyta pengikat nitrogen yang hidup bebas, ada juga yang hidup bersimbiosis dengan makhluk hidup lain, misalnya *Anabaena cycadae* bersimbiosis dengan akar pakis haji (*Cycas rumphii*) dan *Anabaena azollae* bersimbiosis dengan akar tanaman paku-pakuan (*Azolla pinnata*).

Cyanophyta berperan sebagai bahan makanan, misalnya *Spirullina maxima*. *Spirullina* banyak mengandung protein, yaitu 45% - 49% dari berat keringnya. *Spirullina* sudah lama digunakan sebagai bahan makanan oleh bangsa indian di Meksiko. Selain menguntungkan, Cyanophyta juga dapat merugikan, menyebabkan *blooming* dan menghasilkan racun neurotoksin, misalnya *Microcystis*.

5.2.2. Peranan bakteri dalam kehidupan

Bakteri ada yang menguntungkan dan ada yang merugikan bidang pertanian, dan kesehatan pada manusia.

a. *Bakteri yang menguntungkan*

1. Bidang pertanian

- a. *Rhizobium leguminosorum* pada akar tanaman kacang-kacangan, mengikat nitrogen bebas.
- b. *Azotobacter chlorococcum* mampu menyuburkan tanah dengan mengikat nitrogen di udara.
- c. *Nitrosomonas* dan *Nitrosococcus*, menghasilkan nitrit yang menyuburkan tanah.

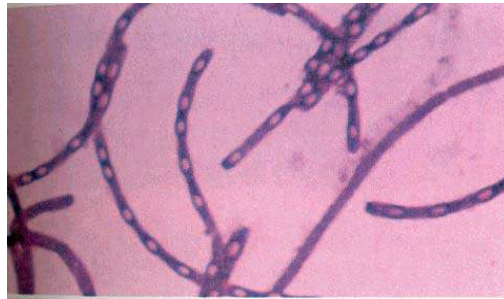
Jenis-jenis bakteri yang menguntungkan tersebut dapat digunakan sebagai pupuk hayati.

2. Bidang industri makanan

- a. *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus*, digunakan untuk membuat yoghurt.
- b. *Acetobacter xylinum*, digunakan untuk membuat nata de coco.
- c. *Streptococcus lactis*, digunakan untuk membuat keju.
- d. *Acetobacter* sp, digunakan untuk membuat cuka.

3. Bidang farmasi

- a. *Streptomyces griseus*, menghasilkan antibiotik streptomisin (membunuh bakteri penyebab TBC).
- b. *Streptomycetes aureofaciens*, menghasilkan antibiotik aureomisin.
- c. *Streptomyces olivaceus*, untuk menghasilkan sianokobalamin vitamin B₁₂.
- d. *Streptomyces venezuelae*, menghasilkan antibiotik kloromisetin.
- e. *Bacillus brevis*, menghasilkan antibiotik tiromisin (Gambar 5.25).



Gambar 5.25. Bakteri *Bacillus brevis* (antibiotik).

f. *Pseudomonas denitrificans* dan *Propioni bacterium*, menghasilkan vitamin B₁₂ (Gambar 5.26).



Gambar 5.26. *Pseudomonas* sp.

g. *Clostridium acetobutylicum*, menghasilkan aseton dan butanol.

h. *Xanthomonas campestris*, menghasilkan polisakarida.

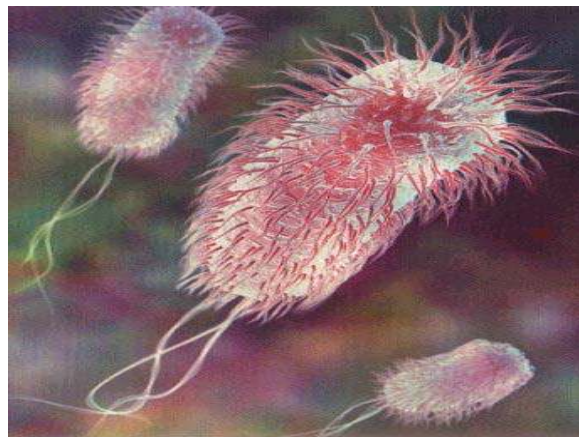
i. *Acetobacter aceti*, digunakan untuk membuat asam cuka.

j. *Leucanostoc masenteroides*, menghasilkan dekstran.

k. *Lactobacillus delbruecki*, penghasil asam laktat.

4. Pembuatan biogas dan pengurai

a. *Escherichia coli*, membantu proses pembusukan makanan dalam kolon manusia dan pembentuk vitamin K (Gambar 5.27).



Gambar 5.27. *Escherichia coli* di usus sapi.

- b. *Methanobacterium omelianski* dan *Methanobacterium ruminatum*, menguraikan asam cuka (CH_3COOH) menjadi metana (CH_4) dan CO_2 .
- c. *Clostridium sporangeus*, menguraikan asam amino menjadi amonia.
- d. *Desulfovibrio desulfuricans*, menguraikan bangkai dan menguraikan sulfat di tempat becek dan menghasilkan H_2S .
- e. *Thiobacillus denitrificans*, menguraikan nitrit dan menghasilkan N atau disebut denitrifikasi.

Kalian telah mengetahui macam-macam bakteri yang menguntungkan. Lakukanlah kegiatan berikut agar kalian dapat menerapkan ilmu biologi yang kalian peroleh dalam kehidupan.

Kalian tentu pernah minum yogurt? Seperti yang kalian ketahui, yogurt merupakan minuman yang baik untuk kesehatan sebab mengandung bakteri-bakteri yang melindungi tubuh dari bakteri penyebab penyakit. Untuk membuat yoghurt diperlukan bahan berupa susu sapi layak minum, gelas plastik, termometer, dan lemari es. Yogurt dapat diperoleh dengan melakukan fermentasi susu menggunakan biakan starter *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*.

Tahap pertama, susu dipanaskan pada suhu 90°C . Hal ini dilakukan untuk mencegah kontaminasi dan merupakan kondisi yang baik untuk inokulasi bakteri. Selain itu, perubahan kasein karena pemanasan akan memberikan hasil akhir yang baik dengan kondisi yang seragam. Selanjutnya pada tahap yang kedua, susu didinginkan menjadi 43°C . kemudian diinokulasi dengan 2% biakan starter campuran *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Suhu campuran tersebut di biarkan selama 3 jam hingga diperoleh keasaman yang diinginkan (0.35-0.95)%. Usahakan pH pada kemasaman mencapai pH 4.5. Produk didinginkan hingga suhunya menjadi 5°C . Selanjutnya, kalian dapat mengemas produk yoghurt.

b. Bakteri yang merugikan

Bakteri dikatakan merugikan karena menyebabkan penyakit pada manusia, hewan, dan tumbuhan atau menghasilkan toksin.

1. Bakteri penyebab penyakit pada manusia

- a. *Mycobacterium tuberculosis*, penyebab penyakit TBC.

- b. *Mycobacterium leprae*, penyebab penyakit lepra.
- c. *Salmonella typhosa*, penyebab penyakit tifus.
- d. *Shigella dysenteriae*, penyebab penyakit disentri.
- e. *Diplococcus pneumoniae*, penyebab penyakit radang paru-paru.
- f. *Treponema pallidum*, penyebab penyakit sifilis (raja singa).
- g. *Klebsiella pneumoniae* penyebab infeksi saluran pernapasan
- h. *Meningococcus*, penyebab meningitis, yaitu penyakit radang selaput otak (meninges).
- i. *Neisseria gonorrhoea*, penyebab penyakit kencing nanah.
- j. *Vibrio cholerae*, penyebab penyakit kolera.
- k. *Bacillus anthracis*, penyebab penyakit antraks.

2. Bakteri penyebab penyakit pada hewan

- a. *Campylobacter fetus* sp, penyebab keguguran pada sapi, kambing, serta radang usus manusia.
- b. *Bacillus anthracis*, menyebabkan penyakit antraks pada temak.

Upaya yang dapat dilakukan untuk menjaga kesehatan adalah dengan cara menjaga kebersihan lingkungan, menjaga kebersihan badan (mandi dan mencuci tangan sebelum makan), melakukan olahraga secara teratur, makan makanan bergizi, dan istirahat.

3. Bakteri penyebab penyakit pada tumbuhan

- a. *Agrobacterium tumefaciens*, penyebab tumor pada tumbuhan dikotil.
- b. *Pseudomonas cattleyae*, menyerang tanaman anggrek.
- c. *Pseudomonas solanacearum*, menyerang tanaman pisang.
- d. *Bacterium papaye*, menyerang tanaman pepaya.

4. Bakteri penghasil toksin

- a. *Pseudomonas cocovenenans*, menghasilkan racun asam bongkrek pada tempe bongkrek.

b. *Clostridium botulinum*, menghasilkan racun botulinurn pada makanan kaleng yang sudah rusak.

c. *Leuconostoc mesentroides*, menyebabkan makanan berlendir.

Keanekargaman bakteri

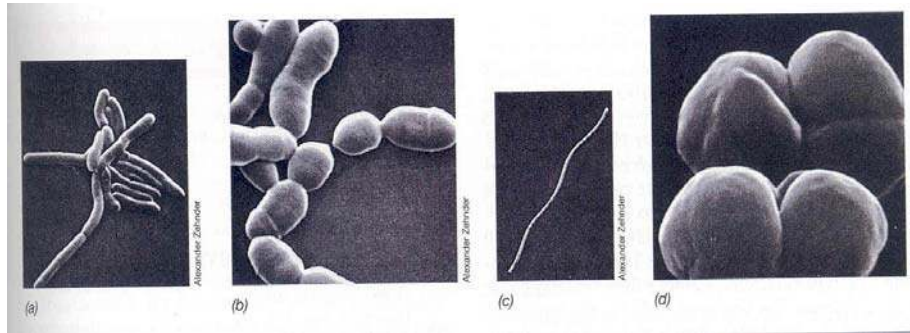
Bakteri sangat beragam dan sangat banyak jumlahnya. Baru sekitar 0.1% anggota bakteri yang telah diketahui dari jumlah spesies yang diperkirakan sekitar 3 juta spesies. Oleh karena itu peluang penemuan spesies baru dari bakteri termasuk di Indonesia masih terbuka luas. Hal ini terbukti bahwa baru-baru ini 6 spesies baru bakteri ditemukan oleh Dr. Puspita Lisdayanti. Keenam spesies bakteri tersebut adalah *Acetobacter cibinongensis* (dari daerah Cibinong), *Acetobacter indonestensis* (dari Indonesia), *Acetobacter syzygii* (dari buah sirsak), *Acetobacter tropicalis* dan *Acetobacter bogoriensis* (dari daerah Bogor), serta *Kozakia baliensis* (dari daerah Bali). Selain itu beberapa spesies bakteri baru dari genus *Asaia*, seperti *Asaia bogariensis*, ditemukan oleh peneliti Jepang. *Asaia* ialah salah satu bakteri yang penting untuk industri.

Archaeobacteria

Archaeobacteria tidak dikenali sebagai bentuk kehidupan lain dari bakteri hingga tahun 1977 saat Carl Woese dan George Fox menunjukkan kingdom ini melalui analisis RNA. Archaeobacteria merupakan makhluk hidup tertua (*rchae* = purba) yang hidup di bumi. Mereka termasuk makhluk hidup prokariotik uniseluler.

Archaeobacteria berbeda dari Eubacteria dalam hal dalam hal pelipatan 16SrRNA dan dalam hal komposisi membran plasma serta dinding selnya. Dinding sel Archaeobacteria tidak memiliki peptidoglikan, meskipun secara struktural mirip prokariotik uniseluler.

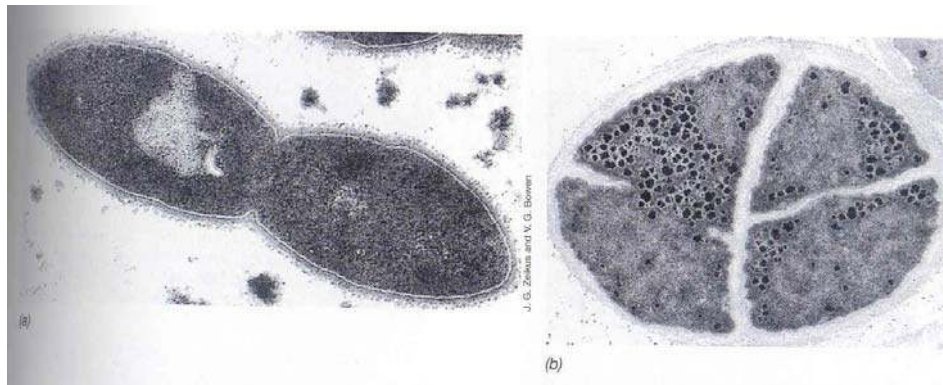
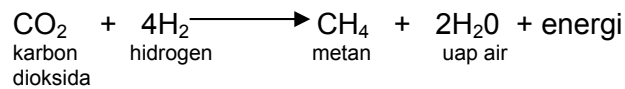
Bentuk Archaeobacteria bervariasi, yaitu bulat, batang, spiral, atau tidak beraturan. Beberapa spesies dapat dalam bentuk set tunggal, sedangkan jenis lainnya berbentuk filamen atau koloni. Reproduksi dilakukan dengan cara membelah diri (pembelahan biner), membentuk tunas, atau fragmentasi. Archaeobacteria sering disebut makhluk hidup ekstrimofil karena mampu hidup di lingkungan dengan kondisi yang ekstrem. Misalnya di mata air panas dan di dasar samudra. Semua anggota Archaeobacteria merupakan makhluk hidup non patogen. Berdasarkan lingkungan tempat hidupnya. kingdom ini dapat dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu metanogen, ekstrem halofil, dan termoasidofil.



(Brock Biology of microorganisms, 2006)
Gambar 5.28. Keragaman morfologi metanogen.

1. Metanogen

Ciri khas makhluk hidup metanogen ialah memiliki kemampuan menggunakan hidrogen untuk mereduksi karbon dioksida menjadi gas metan. Dari reaksi tersebut, dihasilkan energi. Reaksinya adalah sebagai berikut.



(Brock Biology of microorganisms, 2006)
Gambar 2.29. *Methanobrevibacterium ruminantium* dan *Methanosarcina barkerii*.

Bakteri hidup di lingkungan yang anaerob, seperti dasar rawa-rawa, tempat penampungan limbah, dan saluran pencernaan hewan, termasuk manusia. Di dalam saluran pencernaan sapi, mereka

menguraikan selulosa sehingga memungkinkan sapi memperoleh nutrisi dari tumbuhan. Dalam industri, metanogen digunakan untuk mengolah limbah dan menjemihkan air. Contoh Archaeobacteria metanogen, antara lain *Methanopyrus*, *Methanobrevibacter*, dan *Methanococcus*.

2. Ekstrim Halofil

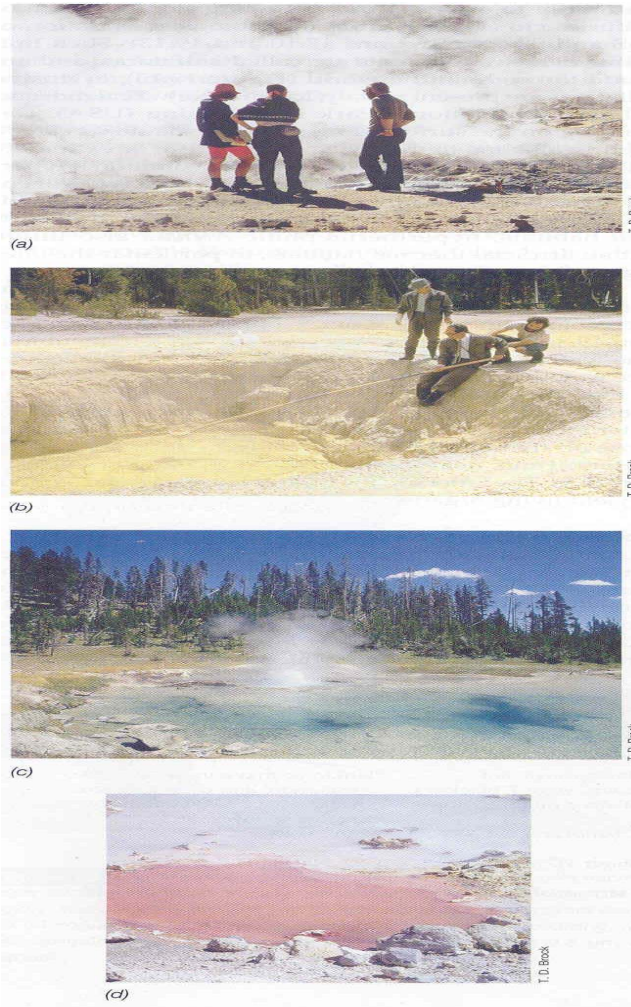
Makhluk hidup kelompok ekstrim halofil mampu hidup di lingkungan yang salinitasnya sangat tinggi (10 kali salinitas air laut), seperti makanan yang diasinkan. Makhluk hidup ini menggunakan garam untuk membentuk ATP. Contoh anggota kelompok ini adalah *Halobacterium halobium*. Di dalam membran plasma *Halobacterium halobium* terdapat pigmen rodopsin yang disebut **bakteriorodopsin**. Bakteriorodopsin bertanggung jawab terhadap proses pembentukan ATP pada spesies tersebut. Contoh lain *Halobacteroides holobius*.



(Brock Biology of microorganisms, 2006)
Gambar 5.30. Habitat Arkea halofilik.

3. Termoasidofil

Anggota kelompok ini dapat ditemukan di lingkungan yang sangat masam dan bersuhu tinggi. Mereka dapat hidup di lingkungan yang bersuhu 110°C dengan pH di bawah 2, misalnya di bawah gunung berapi dan lubang hidrotermal di dasar samudra. Sebagian besar kelompok ini merupakan makhluk hidup anaerob yang menggunakan belerang (sulfur) sebagai akseptor hidrogen untuk respirasi, menggantikan oksigen. Contohnya adalah *Sulfolobus solfataricus* dan *Sulfolobus acidocaldarius*.



(Brock Biology of microorganisms, 2006)
Gambar 5.31. Daerah termofil tempat hidup archaea.

Beberapa bakteri ditemukan merugikan di bidang pertanian karena dapat merusak pertumbuhan tanaman, diantaranya adalah:

1. *Pseudomonas syringae* pv. Tomato
2. *Ralstonia solanacearum* pada tanaman pisang
3. *Xanthomonas campestris* pv glycine

Rangkuman

Virus berukuran mikroskopis, makhluk hidup metagenesis (peralihan makhluk hidup dan benda mati), bentuknya kompleks, mempunyai asam nukleat (DNA atau RNA) sebagai bahan inti. Virus merupakan salah satu faktor penyebab penyakit, contohnya HIV, influenza, flu burung, mosaik tembakau, dan virus kentang.

Virus melakukan reproduksi dengan proliferasi secara daur litik dan daur lisogenik. Daur litik terdiri dari 5 fase, yaitu fase adsorpsi, penetrasi, replikasi, perakitan, dan lisis. Sedangkan daur lisogenik akan membentuk profag.

Pada daur litik, sel inang akan mati karena terjadi penguasaan inti sel inang oleh virus. Sedangkan pada daur lisogenik, sel inang tidak mati karena inti sel inang dan sel virus bergabung membentuk profag.

Pada umumnya, virus menyebabkan berbagai penyakit pada makhluk hidup. Namun, beberapa virus sengaja dibudidayakan manusia untuk tujuan tertentu, yaitu meningkatkan kesejahteraan manusia. Diantaranya adalah bakteri yang mengandung profag bermanfaat untuk pengobatan berbagai macam penyakit, untuk membuat interferon dari virus melalui rekayasa genetika, untuk membuat vaksin (mikroorganisme yang dilemahkan sehingga sifat patogenitasnya hilang, akan tetapi sifat antigenitas tetap), dan untuk membuat peta kromosom.

Makhluk hidup prokariotik merupakan makhluk hidup yang belum memiliki membran inti sel sehingga bahan asam nukleatnya tersebar di dalam sitoplasma. Umumnya prokariotik merupakan makhluk hidup bersel tunggal, tetapi ada yang membentuk rantai, filamen, atau koloni. Berdasarkan struktur ribosomnya, prokariotik dibagi menjadi dua kingdom, yaitu: Eubacteria dan Archaeobacteria.

Eubacteria merupakan bakteri yang kita kenal pada umumnya. Sebagian besar merupakan makhluk hidup heterotrof, meskipun ada juga yang merupakan makhluk hidup fotosintetik dan kemotrof. Eubacteria hidup secara aerob ataupun anaerob. Anggota kingdom ini

ada yang hidup bebas, bersimbiosis, atau sebagai patogen pada tumbuhan, hewan, dan manusia.

Bakteri dapat dikelompokkan berdasarkan morfologi, cara memperoleh makanan, dan kebutuhan akan oksigen. Namun, berdasarkan hubungannya secara evolusi, bakteri dibagi menjadi 12 filum, empat diantaranya adalah Cyanobacteria, Spirochaeta, bakteri gram positif, dan Proteobacteria.

Faktor-faktor yang membatasi pertumbuhan bakteri, antara lain ialah nutrisi (zat makanan), zat hasil ekskresi yang tertimbun dalam medium, dan predator.

Archaeobacteria meliputi makhluk hidup prokariotik aerob dan anaerob yang beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ekstrim. Berdasarkan tempat hidupnya, makhluk hidup ini dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu metanogen, termoasidofil, dan ekstrim halofil.

Soal Latihan

A. Berilah tanda silang (x) pada huruf a, b, c, d, atau e untuk jawaban yang tepat!

1. Makhluk hidup yang termasuk prokariotik yaitu
a. Ganggang b. bakteri c. fungi d. plantae e. manusia
2. Cara bereproduksi makhluk hidup prokariotik yang sering dijumpai adalah
a. melahirkan b. bertelur c. membelah diri d. bertunas e. berspora
3. Berikut ini yang *bukan* sifat-sifat virus antara lain
a. hanya memiliki satu macam asam nukleat (DNA atau RNA)
b. tidak memiliki protoplasma
c. bentuk dan ukurannya bervariasi
d. untuk bereproduksi hanya memerlukan bahan organik
e. aktif pada makhluk hidup yang spesifik
4. Berikut ini nama macam-macam virus :
 1. new castle disease virus
 2. tobacco mosaic virus
 3. citrus vein phloem degeneration virus
 4. virus gumboro
 5. virus tungro
 6. foot and mouth disease virusVirus menyerang vertebrata antara lain

- a. (1)-(2)-(3)
 - b. (1)-(4)-(5)
 - c. (1)-(4)-(6)
 - d. (2)-(3)-(5)
 - e. (4)-(5)-(6)
5. Pada siklus reproduksinya DNA virus dapat melakukan replikasi, artinya ...
- a. mampu melekatkan diri pada sel inang
 - b. menyerang satu jenis sel makhluk hidup tertentu
 - c. menyuntikkan materi genetik ke sitoplasma sel inang
 - d. memperbesar ukuran sel
 - e. mampu memperbanyak diri
6. Virus flu burung termasuk golongan ...
- a. Piconaviridae
 - b. Herpesviridae
 - c. Filoviridae
 - d. Retroviridae
 - e. Coronaviridae
7. Berdasarkan cara hidupnya, bakteri nitrat termasuk bakteri autotrof yang dapat hidup.....
- a. tanpa oksigen
 - b. dari at organik
 - c. dari zat anorganik
 - d. tanpa cahaya
 - e. dengan cahaya
8. Bakteriofag adalah
- a. bakteri yang menyerang virus
 - b. virus yang menyerang bakteri
 - c. bakteri yang menyerang mananusia
 - d. virus yang menyerang manusia
 - e. virus yang menyebabkan penyakit
9. Berikut ini yang *bukan* cara-cara penularan AIDS adalah
- a. hubungan seksual
 - b. berjabat tangan
 - c. transfusi darah
 - d. ibu hamil kepada janinnya
 - e. pemakaian jarum suntik bekas

10. Berikut ini adalah tahap-tahap reproduksi bakteriofag :
- (1) menempelkan tubuh virus pada bakteri
 - (2) sintesis DNA pada tubuh bakteri
 - (3) DNA bakteri dihancurkan
 - (4) Dinding sel bakteri hancur
 - (5) DNA virus masuk ke dalam sel bakteri
- Tahap daur litik yang benar secara berurutan adalah ...
- a. (1)-(3)-(2)-(5)-(4)
 - b. (1)-(4)-(5)-(6)-(2)
 - c. (1)-(5)-(3)-(2)-(4)
 - d. (1)-(5)-(6)-(2)-(4)
 - e. (1)-(5)-(6)-(3)-(4)
11. Berikut ini yang bukan merupakan sifat virus
- a. Mempelajari onkogen
 - b. Sebagai biopestisida
 - c. Digunakan dalam pembuatan vaksin
 - d. Pembuatan peta kromosom
 - e. Digunakan dalam pengawetan makanan
12. Bintil akar tanaman kacang-kacangan banyak mengandung bakteri yang dapat mengikat nitrogen bebas. Bakteri tersebut bernama
- a. *Clostridium*
 - b. *Azotobacter*
 - c. *Nitrosomonas*
 - d. *Nitrosococcus*
 - e. *Rhizobium*
13. Berikut ini yang bukan merupakan karakter Archaea
- a. dinding selnya disebut peptidoglikan
 - b. dapat menghasilkan metan
 - c. hidup di daerah dengan suhu tinggi
 - d. hidup di daerah dengan salinitas tinggi
 - e. hidup di daerah yang sangat asam
14. Pasangan yang tepat tentang bakteri dengan fungsinya adalah

	Spesies	Fungsi
a.	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Menghasilkan antibiotik
b.	<i>Streptomyces venezuelae</i>	Menghasilkan aseton
c.	<i>Escherichia coli</i>	Membuat Yoghurt
d.	<i>Clostridium acetobutylicum</i>	Menghasilkan vit. B12
e.	<i>Acetobacter xylium</i>	Membuat nata de coco

B. Jawablah dengan singkat dan tepat!

1. Jelaskan cara reproduksi virus !
2. Sebutkan perbedaan antara daur litik dan lisogenik !
3. Sebutkan perbedaan antara bakteriofag dan sel bakteri !
4. Gambarkanlah sebuah virion sederhana dan tunjukkan struktur – struktur berikut : kapsid, kapsomer, nukleokapsid, asam nukleat, dan selubung !
5. Apakah virus dapat dilawan dengan antibiotik? Mengapa?
6. Sebutkan macam ganggang hijau-biru yang dapat mengikat nitrogen!
7. Sebutkan peranan Cyanophyta dalam kehidupan!
8. Mengapa Archaeobacteria lebih mirip dengan makhluk hidup eukariotik dibandingkan dengan bakteri?
9. Sebutkan ciri-ciri kelompok metanogen!
10. Apakah yang dimaksud dengan bakteriorhodopsin!

BAB VI

PROTISTA

Pada awalnya makhluk hidup yang ada di bumi dikelompokkan oleh Aristoteles menjadi dua kingdom, yaitu kingdom Plantae (tumbuhan) dan Kingdom Animalia (hewan). Dalam pengelompokan tersebut, hewan dikelompokkan berdasarkan tempat hidupnya (darat, air, dan udara), sedangkan tumbuhan dikelompokkan berdasarkan strukturnya (herba, semak, dan pohon).

Ditemukannya mikroskop dan dunia mikroorganisme mendorong para ahli untuk memperbaiki pengelompokan tersebut. Sebagai contoh, apakah *Euglena* termasuk kelompok hewan atau tumbuhan? *Euglene* mampu melakukan fotosintesis seperti tumbuhan, dan mampu bergerak seperti hewan. Oleh karena itu perlu adanya kingdom ketiga, yaitu Protista (diperkenalkan Ernst Haeckel, biolog Jerman, pada tahun 1886).

Protista merupakan makhluk hidup eukariotik uniseluler atau multiseluler. Protista belum memiliki diferensiasi jaringan. Berdasarkan kemiripan ciri-cirinya dengan hewan, tumbuhan, dan jamur dalam memperoleh nutrisinya, Protista dibedakan menjadi tiga subkingdom, yaitu subkingdom Protozoa (protista mirip hewan), subkingdom Algae (protista mirip tumbuhan), dan subkingdom Myxomycotina (jamur lendir).

Standar Kompetensi

Mengidentifikasi mikroorganisme dan peranannya bagi kehidupan.

Kompetensi Dasar

- 6.1. Mengidentifikasi ciri, sifat, dan keragaman protista (protozoa), (algae), dan myxomycophyta.
- 6.2. Mengidentifikasi peranan protista (protozoa), algae, dan myxomycophyta dalam bidang pertanian.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari *Mikroorganisme dan Peranannya*, kalian diharapkan dapat:

- Mengidentifikasi protista (protozoa, algae, dan myxomycophyta) dengan pengamatan morfologi dan anatomi serta penafsiran gambar.
- Mendeskripsikan perbedaan protozoa, algae, dan myxomycophyta.

- Mengkomunikasikan peranan protista dalam bidang pertanian dan dalam kehidupan sehari-hari.

Kata-Kata Kunci

Skizogoni	Plantae
Diatomae	Reseptakulum
Epiteka	Sitoplasma
Sporulasi	Stigma
Pirenoid	Zigospora
Flagel	Zoospora
Hipoteka	Protozoa
Algae	Sitostoma
Sporogoni	Ciliata
Rhizopodia	Mastigophora

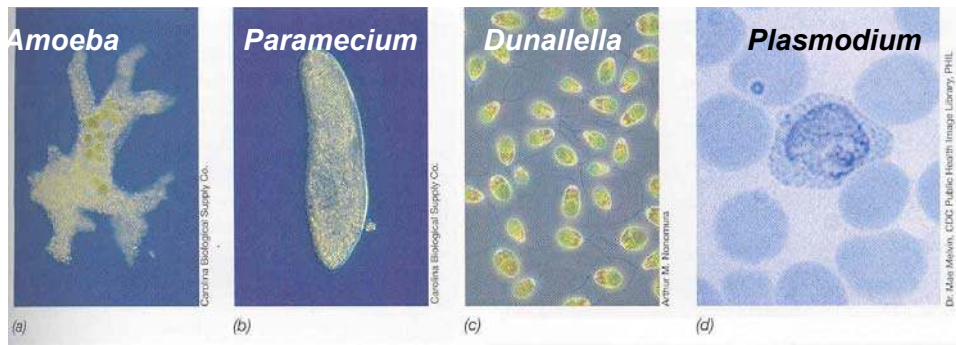
6.1. Ciri, sifat, dan keragaman

6.3.1. Ciri dan sifat protista

Protista terbagi atas 3 kelompok, yaitu protozoa, algae dan myxomycetes.

A. Protozoa

Protozoa merupakan protista uniseluler yang bergerak dan mendapatkan makanan seperti hewan. Protozoa hidup di air tawar, laut, tanah, bahkan didalam tubuh makhluk hidup lain. Sebagian besar hidup bebas, sedangkan lainnya adalah parasit. Dalam ekosistem perairan, protozoa hidup bebas sebagai zooplankton, maupun sebagai zoobentos. Protozoa parasit sering mengakibatkan penyakit serius pada manusia, misalnya malaria, disentri, dan giardiasis. Berdasarkan alat geraknya, Protozoa dibedakan menjadi empat filum, yaitu Rhizopoda, Mastigophora, Ciliata, dan Sporozoa.

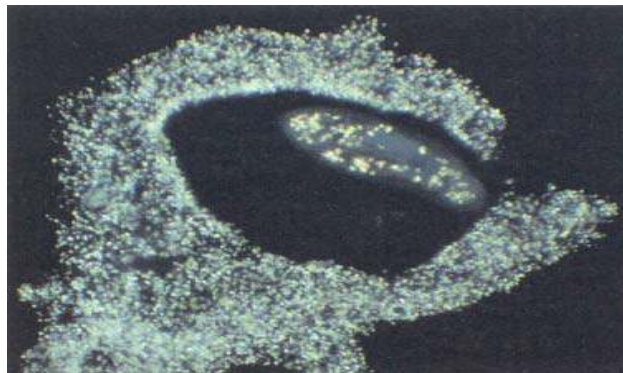


(Brock Biology of microorganisms, 2006)
Gambar 6.1. Berbagai protozoa.

1. Rhizopoda

Rhizopoda (Sarcodina) termasuk hewan bersel satu dengan ciri-ciri, antara lain memiliki alat gerak berupa kaki semu (pseudopodia), hidup bebas, ada yang parasit, dan bentuk tubuh tidak tetap. Ada beberapa macam kaki semu, yaitu **lobidia** (dengan ujung tumpul), **filofidia** (halus dan ujung meruncing), dan **aksopodia** (teratur dari satu titik pusat).

Contoh Rhizopoda, antara lain *Amoeba proteus*, hidup bebas dalam perairan tawar yang kaya bahan organik; *Entamoeba histolytica*, penyebab disentri amoeba (amoebiasis), hidupnya dalam usus halus manusia dan merusak jaringan darah atau getah bening; *Entamoeba gingivalis*, dapat merusak gigi; *Entamoeba coli*, dapat membantu membusukkan makanan dan membentuk vitamin k; *Arcella* sp, hidup di air tawar, memiliki kerangka dari zat kitin; *Diffugia* sp, hidup di air tawar, tubuhnya di tempeli pasir; *Foraminifera* sp, hidup di laut sebagai indikator adanya minyak bumi; dan *Radiolaria* sp, hidup di laut sebagai bahan penggosok.



Sumber: Brock Biology of microorganisms tahun 2006
Gambar 6.2 Amuba memakan protozoa.

2. Mastigophora

Ciri-ciri Mastigophora (Flagellata), yaitu mempunyai flagel (bulu cambuk) sebagai alat gerak. Beberapa Mastigophora hidup sebagai parasit atau hidup bebas di habitat air laut dan air tawar. Permukaan tubuhnya dilapisi oleh kutikula sehingga bentuknya tetap. Mastigophora memiliki dua macam protoplasma, yaitu, **ektoplasma** (lapisan luar) yang memadat dan lapisan dalam berupa **endoplasma** yang berwujud agak encer. Mastigophora atau Flagellata terdiri atas Phytoflagellata dan Zooflagellata.

Volvox sp (Chlorophyta, phytoflagelata), hidup berkoloni, berbentuk seperti bola dan dilapisi oleh lapisan lendir. *Noctiluca miliaris* (Dinophyta, zooflagellata), dapat menghasilkan bioluminens sehingga pada malam hari apabila terjadi blooming spesies ini, air laut akan tampak bercahaya. Zooflagellata bersifat heterotrof dan sebagian besar hidup sebagai parasit. *Trypanosoma gambiense* merupakan salah satu contoh zooflagellata yang menyebabkan penyakit tidur Afrika. Contoh flagellata lainnya adalah *Leishmania tropica* yang menyebabkan penyakit Leishmaniasis kulit di negara-negara Asia. *Trypanosoma gambiense* merupakan salah satu contoh zooflagellata yang menyebabkan penyakit tidur Afrika. Contoh flagellata lainnya adalah *Leishmania tropica* yang menyebabkan penyakit Leishmaniasis kulit di negara-negara Asia.



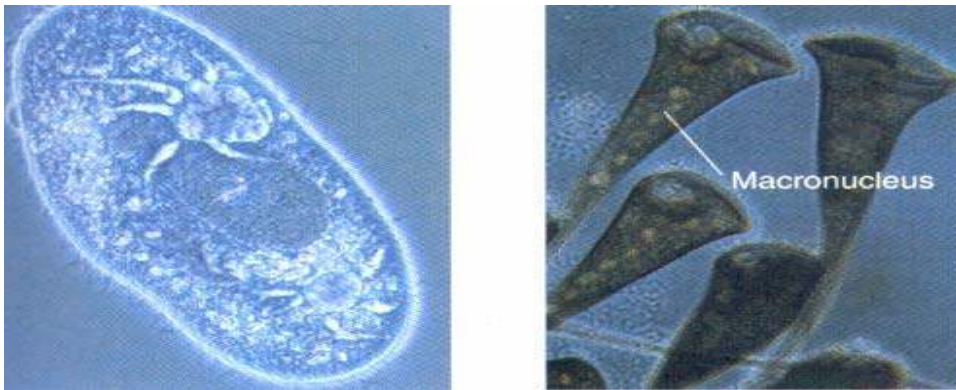
Sumber: Brock Biology of microorganisms tahun 2006
Gambar 6.3. Flagelata: *Giardia* (a) dan *Trypanosoma* dalam sel darah (b).

3. Ciliata

Ciliata (Infusoria) mempunyai alat gerak berupa silia, (bulu getar). Protozoa ini hidup bebas atau parasit. Bentuk tubuhnya tetap. Cara reproduksinya adalah aseksual dan seksual. Reproduksi aseksual dilakukan dengan cara membelah diri dan reproduksi seksual dilakukan dengan cara konjugasi. Contoh Ciliata, antara lain: *Paramecium caudatum* (hewan sandal), memiliki cara reproduksi unik; *Balantidium coli*, hidup pada usus besar manusia, penyebab diare berdarah; *Stentor* sp dengan bentuk tubuh seperti terompet; *Vorticella* sp dengan bentuk tubuh seperti lonceng; *Didinium* sp sebagai predator di air tawar; dan *Stylomychia* koloninya berbentuk seperti cakar.

Perkembangbiakan *Paramecium caudatum* secara konjugasi adalah sebagai berikut.

- a. Dua *Paramecium* bersatu melalui lekukan mulut.
- b. Masing-masing mikronukleus mengalami meiosis menghasilkan makronukleus haploid.
- c. Tiga mikronukleus berdegenerasi.
- d. Mikronukleus yang tersisa membelah menjadi dua, tetapi tidak sama besar; mikronukleus yang lebih kecil dipertukarkan.
- e. Dua mikronukleus pada masing-masing *Paramecium* membelah menjadi satu.
- f. Kedua *Paramecium* memisahkan diri
- g. Mikronukleus yang melebur membelah secara mitosis sebanyak tiga kali menghasilkan delapan mikronukleus identik.
- h. Mikronukleus menghasilkan degenerasi. Empat mikronukleus lainnya tetap sebagai mikronukleus. Tiga mikronukleus berdegenerasi, dan hanya satu mikronukleus yang tinggal.
- i. *Paramecium* membelah sebanyak dua kali untuk mendapatkan *paramecium* anak.



Sumber: Brock Biology of microorganisms tahun 2006
Gambar 6.4 Siliata: *Paramecium* (kiri) dan *Stentor* (kanan).

4. Sporozoa

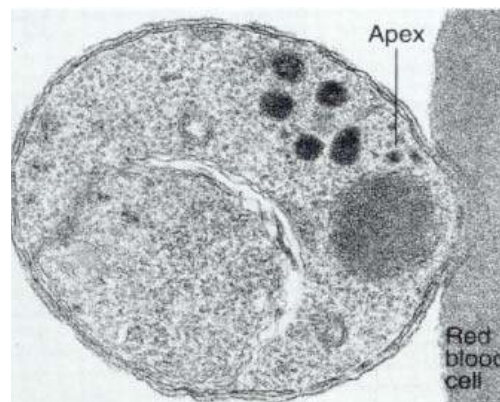
Sporozoa tidak mempunyai alat gerak. Sporozoa hidup sebagai parasit dan menghasilkan spora (endospora) dalam daur hidupnya. Cara reproduksi sporozoa adalah dengan cara aseksual dan seksual. Cara aseksual dilakukan dengan pembelahan biner dan skizogoni, sedangkan cara seksual dilakukan dengan sporogoni. Pada penyakit malaria, apakah masa sporulasi pada berbagai jenis penyakit malaria akan selalu sama?

Contoh anggota Sporozoa adalah *Plasmodium* yang merupakan penyebab malaria pada manusia. Terdapat empat jenis *Plasmodium* yang masing-masing yang menyebabkan tipe penyakit malaria yang berbeda. Keempat jenis *Plasmodium* tersebut adalah *Plasmodium falciparum*, penyebab malaria tropikana dengan masa sporulasi tidak

tentu; *Plasmodium vivax*, penyebab malaria tertina dengan masa sporulasi 48 jam; *Plasmodium malariae*, penyebab malaria kuartana dengan masa sporulasi 72 jam; dan *Plasmodium ovale*, penyebab malaria yang memiliki masa sporulasi hampir sama dengan malaria tertina.

Reproduksi secara aseksual yang terjadi dalam eritrosit manusia disebut **skizogoni** dan secara seksual yang terjadi dalam lubang atau dinding usus nyamuk *Anopheles*, disebut **sporogoni**. Selain itu, juga terjadi peristiwa yang disebut **sporulasi**, yaitu fase dimana terjadi pecahnya sel darah merah karena terinfeksi oleh *Plasmodium*. Keluarnya merozoit-merozoit baru dari eritrosit yang pecah menyebabkan suhu tubuh penderita malaria naik.

Pemberantasan *Plasmodium* penyebab malaria dilakukan dengan cara memutus daur hidupnya, yaitu membersihkan lingkungan di sekitar kita yang dapat menjadi sarang nyamuk dengan gerakan 3M (menguras, menimbun, dan membakar). Adapun untuk pencegahan, kalian dapat menggunakan kelambu waktu tidur dan obat atau lotion anti nyamuk.



Sumber: Brock Biology of microorganisms tahun 2006
Gambar 6.5. Apikompleksan: *Plasmodium*.

B. Algae (ganggang)

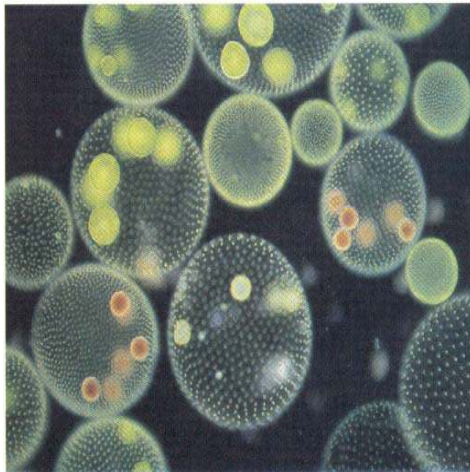
Algae atau ganggang merupakan makhluk hidup mirip tumbuhan yang termasuk kingdom Protista. Sebagian besar Algae merupakan makhluk hidup uniseluler, sebagian lagi merupakan makhluk hidup multiseluler yang berukuran besar. Algae berbeda dari protozoa karena mampu membuat makanan sendiri melalui proses fotosintesis, seperti tumbuhan. Hal itu karena Algae memiliki klorofil (Gambar 6.2).

Namun, Algae berbeda dari tumbuhan karena tidak memiliki diferensiasi jaringan dan tidak memiliki akar, daun, atau batang yang sesungguhnya. Tubuh ganggang disebut **talus**.

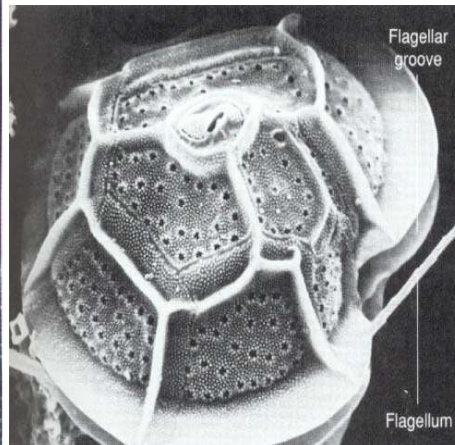
Chlamydomonas: alga hijau uniseluler



Diatoms: Alga uniseluler



Volvox: koloni alga hijau



Dinoflagellata: Alga uniseluler

Sumber: Brock Biology of microorganisms tahun 2006
Gambar 6.6. contoh-contoh alga.

Struktur reproduksinya juga berbeda dari tumbuhan; algae membentuk gamet di dalam terdapat gametangia yang multiseluler. Oleh karena itu, Algae dimasukkan dalam kingdom Protista.

Sebagian besar algae memiliki habitat di perairan. Sel-sel Algae mengandung **pirenoid**, yaitu organ pembentuk dan penyimpanan amilum. Ada empat struktur tubuh Algae, yaitu uniseluler, koloni, filamentous, dan multiseluler. Berdasarkan dominasi pigmennya,

Algae dibedakan menjadi enam filum, yaitu Chlorophyta, Phaeophyta, Chrysophyta, Rhodophyta, Euglenophyta, dan Pyrophyta.

1. Chlorophyta

Chlorophyta (ganggang hijau) merupakan makhluk hidup bersel tunggal atau banyak. Hidup soliter (sendiri), berkoloni (berkelompok) berupa benang bercabang, atau berbentuk lembaran. Habitat di air sebagai plankton, bentos, dan perifiton serta juga dapat hidup di tanah yang basah atau lembab. Reproduksi secara vegetatif berlangsung dengan fragmentasi, yaitu pemutusan bagian tubuh tumbuhan, sedangkan secara generatif berlangsung melalui peleburan dua sel yang disebut konjugasi.

Chlorophyta bermacam-macam, ada yang bersel satu tidak dapat bergerak, bersel satu dapat bergerak, berbentuk filamen (benang), dan berbentuk lembaran.

Chlorophyta bersel satu yang tidak dapat bergerak, contohnya adalah *Chlorococcum*, hidup di air tawar dan berkembang biak secara seksual dengan isogami. **Isogami** adalah penyatuan dua sel kelamin (gamet) yang sama bentuk dan ukurannya. Contoh lain adalah *Chlorella* yang hidup di air tawar, air laut, dan di tempat-tempat basah. Ciri-cirinya, tubuh berbentuk seperti bola, protoplasma berbentuk seperti mangkuk, dan mengandung protein tinggi sehingga merupakan alternatif sumber makanan baru.

Chlorophyta bersel satu yang dapat bergerak, contohnya *Chlamydomonas* dengan ciri-ciri bersel tunggal (Gambar 6.4). Bentuk bulat dengan 2 flegella, memiliki 1 vakuola, 1 inti, kloroplas, stigma (bintik mata), dan pirenoid yang merupakan pusat pembentukan zat tepung (amilum). Habitat *Chlamydomonas* adalah di air payau, air laut, dan di tanah. *Chlamydomonas* berkembang biak dengan cara membelah diri dan konjugasi. Hasil konjugasi *Chlamydomonas* berupa zigospora.

Chlorophyta berkoloni dapat bergerak, yaitu *Volvox globator*, memiliki ciri-ciri koloni berbentuk seperti bola berflagel. Habitatnya di air tawar. Dalam koloni diantara sel-sel *Volvox globator* ada plasmosdesmata, yaitu penghubung antara satu sel dengan sel lain berupa benang-benang sitoplasma.

Chlorophyta berkoloni tidak bergerak, contohnya *Hydrodictyon* dengan ciri-ciri tubuh berbentuk seperti jala. Air tawar merupakan habitat koloni ini. *Hydrodictyon* yang berkembang biak dengan

fragmentasi akan membentuk zoospora, sedangkan *Hidrodyction* berkembang biak dengan konjugasi akan membentuk zigospora.

Chlorophyta berbentuk filamen (benang), contohnya *Spirogyra* dengan ciri-ciri tubuh berbentuk benang. *Spirogyra* memiliki kloroplas berbentuk pita melingkar (spiral), habitatnya di air tawar. Berkembang biak dengan fragmentasi dan konjugasi. Contoh lain adalah *Oedogonium* yang hidup di habitat air tawar. *Oedogonium* berkembang biak secara vegetatif dengan zoospora berflagel banyak dengan cara generatif dengan penyatuan ovum dan sperma. Apabila sel telur dan sperma berasal dari satu talus disebut *homotalus* dan apabila berlainan talus disebut *heterotalus*.

Contoh Chlorophyta yang berbentuk lembaran adalah *Ulva* (selada laut). Habitat makhluk hidup ini di perairan laut maupun perairan payau yang dangkal dengan cara menempel pada substrat berbatu dengan menggunakan *holdfast*. Makhluk hidup ini berkembang biak secara vegetatif dengan spora berflagel 4 dan secara generatif dengan membentuk zigospora yang akan lepas menjadi individu baru. Contoh yang lain adalah *Chara* yang hidup pada habitat air tawar dengan seluruh tuah terendam air. *Chara* mempunyai batang dan cabang yang beruas-ruas, pada cabang akan terbentuk oogonium (alat kelamin betina) dan antheridium (alat kelamin jantan). Reproduksi generatif dengan membentuk zigospora yang akan lepas dan menjadi individu baru.

2. *Phaeophyta*

Di pantai akan kita temukan tumbuhan laut yang memiliki semacam gelembung-gelembung udara. Tumbuhan itu berwarna coklat dan biasanya bercabang-cabang. Tumbuhan laut ini dikelompokkan ke dalam *Phaeophyta* (ganggang coklat).

Kelompok *Phaeophyta* memiliki tubuh berbentuk benang/lembaran. Panjangnya dapat mencapai beberapa meter sehingga bentuknya menyerupai tumbuhan tingkat tinggi. *Phaeophyta* merupakan algae yang banyak ditemukan di daerah intertidal pantai berkarang laut tropis dan sub tropis. Pigmen dominan yang dimiliki ialah **fukosantin** (cokelat).

Phaeophyta ini mampu menghasilkan asam alginat yang sangat penting untuk bahan industri, seperti salep dan es krim. *Phaeophyta* berkembang biak secara vegetatif dengan membentuk zoospora berflagel. *Phaeophyta* juga berkembangbiak secara generatif dengan membentuk **reseptakulum**, yaitu organ yang berisi alat perkembangbiakan pada ujung lembaran yang fertil (subur). Pada reseptekulum terdapat konseptakulum yang menghasilkan sel telur

dan spermatozoid. Contohnya Phaeophyta, antara lain *Macrocystis*, *Laminaria*, *Turbinaria*, *Sargassum*, dan *Fucus vesiculosus*.

3. Chrysophyta

Tumbuhan laut yang memiliki warna kuning keemasan terolong dalam Chrysophyta (ganggang keemasan). Adapun ciri-ciri Chrysophyta, antara lain bersel tunggal atau bersel banyak, memiliki klorofil dan pigmen dominan **karoten** (keemasan). Habitatnya di perairan tawar, perairan laut, perairan payau dan tanah yang basah atau lembab.

Ganggang keemasan ada yang bersel satu dan ada yang berbentuk filamen. Chrysophyta yang bersel satu, contohnya *Ohromonas* dengan iri-ciri tubuh menyerupai bola dan memiliki kloroplas berbentuk lembaran melengkung berwarna kekuningan. Selain itu, juga memiliki inti, vakuola, stigma, serta memiliki 2 flagel tidak sama panjang. *Ochromonas* berkembangbiak dengan membelah diri.

Navicula adalah contoh lain Chrysophyta bersel satu. *Naiula* ini lebih dikenal sebagai **ganggang kersik (Diatomea)**. Habitatnya di air tawar, air laut dan air payau sebagai plankton. Tubuhnya terdiri atas **epiteka** (bagian tutup) dan **hipoteka** (bagian kotak). *Naviula* yang mati akan mengendap di dasar tanah menjadi tanah diatomea. Tanah ini dapat di manfaatkan sebagai bahan penggosok, isolator, bahan pembalut dinamit, dan pembuat saringan. Diatomae dapat berkembang biak secara aseksual dengan cara membelah diri atau secara seksual dengan cara isogami.

Chrysophyta bersel banyak yang berbentuk benang, contohnya *Vaucheria*. Tubuhnya berbentuk benang, bercabang dan tidak bersekat. *Vaucheria* berkembang biak secara vegetatif dengan zoospora berflagel, sedangkan secara generatif dengan pertemuan antara oogonium dan spermatozoid.

4. Rhodophyta

Rhodophyta (ganggang merah) mempunyai ciri-ciri tubuh bersel banyak menyerupai benang/lembaran. Rhodophyta memiliki pigmen dominan **fikoeritrin** (merah). Rhodophyta sebagian besar hidup di perairan laut dengan substrat dasar berbatu, mulai dari daerah intertidal sampai dengan perairan laut yang lebih dalam (zona fotik). Rhodophyta berkembang biak secara generatif dengan spermatium (tidak berflagel) dan sel telur. Ganggang yang termasuk Rhodophyta adalah *Eucheuma spinosum*. Ganggang ini biasa dimanfaatkan untuk membuat agar-agar. Contoh lainnya adalah *Gellidium* dan *Gracillaria*

yang juga di gunakan untuk membuat agar-agar. Contoh yang lain adalah *Palmaria*, *Bossiella*, dan *Polysiphonia*.

5. *Euglenophyta*

Euglenophyta merupakan kelompok makhluk hidup antara hewan dan tumbuhan dengan ciri mempunyai kloroplas untuk fotosintesis dan alat gerak berupa bulu cambuk. Contoh kelompok ini adalah *Euglena viridis*, *Euglena pisciformis* (berbentuk gelendong), *Euglena spirogyra* (berbentuk besar dan tidak begitu aktif), dan *Euglena sanguinea* (memiliki hematokrom).

Euglena viridis (Gambar 6. 5) merupakan ganggang bersel satu, bentuk panjang, runcing pada bagian anterior, dan tumpul pada bagian posterior. Di bagian anterior terdapat bagian yang melekkuk pada bagian dalam disebut **sitostoma** (mulut) dan dibagian dasarnya terdapat kerongkongan. Dekat akhir kerongkongan terdapat **stigma** (bintik mata merah) yang banyak mengandung **hematokrom** yang lebih peka terhadap sinar. Nukleus berada dekat pertengahan tubuh dan memiliki vakuola kontraktile.



Gambar 6.7. *Euglena viridis*.

Hasil fotosintesis berupa **paramilon** yang disimpan dalam pirenoid. Ganggang ini juga dapat hidup saprofit dengan mengabsorpsi zat-zat tertentu dari material organik yang larut dalam air melalui seluruh permukaan tubuhnya. Dalam masa istirahat *Euglena* memiliki elastisitas. Benang di bagian anterior *Euglena* disebut flagelum, berupa tonjolan elastis yang dilapisi oleh suatu lapisan protoplasma. Hewan ini melakukan reproduksi dengan membelah diri secara longitudinal, diawali dengan pembelahan nukleus dan diikuti pembelahan seluruh tubuh.

6. *Phyrophyta*

Kelompok *Phyrophyta* (ganggang api) merupakan makhluk hidup autotrof uniseluler dengan 1 flagel dan dapat bergerak aktif. Dinding sel tersebut dari selulosa yang bersambungan rapat serta mengandung plastida yang mengandung klorofil dan figmen cokelat kekuning-kuningan (**xantofil** dan **karoten**). Biasanya, tubuh diselubungi kutikula yang tebal dan memiliki kromatofor.

Phyrophyta berkembang biak dengan membelah diri dan menghasilkan dua individu baru (pembelahan biner). Habitat *Phyrophyta* di perairan laut, perairan payau, dan perairan tawar. Di perairan tawar *Phyrophyta* banyak ditemukan di danau-danau di Pulau Jawa, Sumatra, dan Bali. Beberapa generasi yang banyak ditemukan di perairan tawar antara lain adalah *Parididium*, *Gymnodinium*, dan *Ceratium*. Beberapa spesies dari filum ini menghasilkan fluoresens (mampu memancarkan cahaya pada malam hari). Spesies-spesies tersebut antara lain adalah *Nocticulum scintillan* dan *N. vermilarris*.

C. *Myxomycophyta* (kapang lendir)

Kapang lendir memiliki siklus hidup unik yang membedakannya dari protozoa, ganggang, dan fungi (cendawan). Kapang lendir merupakan makhluk hidup eukariotik heterotrof yang multiselular (bersel banyak) atau multinukleus (berinti banyak). Pada kapang lendir, terdapat sangat sedikit diferensiasi jaringan.

Dinamakan kapang lendir karena memiliki penampakan yang mengkilap, basah, bertekstur seperti gelatin, dan terlihat lebih mirip kapang daripada makhluk hidup lainnya. Tubuh kapang lendir ada yang berwarna putih, tetapi sebagian besar berwarna kuning atau merah. Dalam ekosistem, kapang lendir berperan sebagai **dekomposer**. Tanah lembab, kayu lapuk, merupakan habitat kapang lendir.

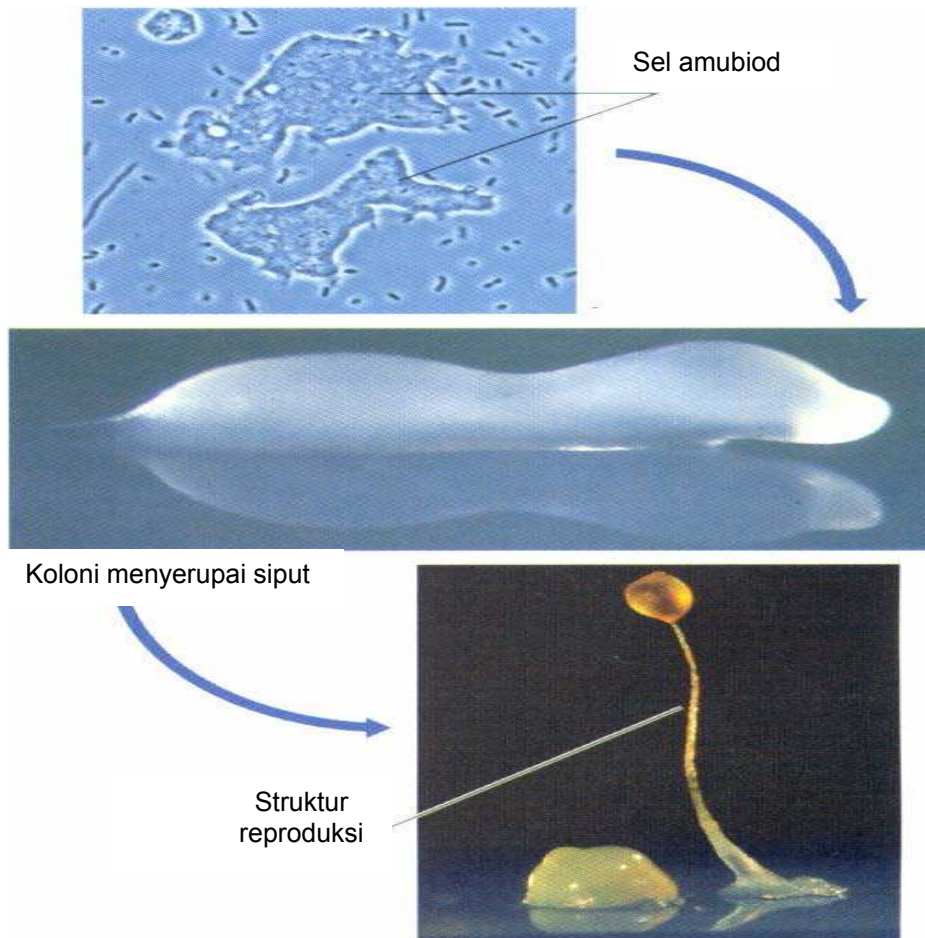
Dalam daur hidupnya, kapang lendir mengalami dua tahap, yaitu **tahap makan** yang bergerak dan **tahap reproduksi** yang menetap. Pada saat berproduksi jamur lendir membentuk badan buah, yaitu struktur pembawa spora. Pada tahap makan mereka berbentuk seperti *Amoeba*. Menurut sistematik dari B. Kendrick, kapang lendir dibagi menjadi 4 filum, yaitu Dictyostelida, Myxostelida, Aabyrinthulida, dan Dictyostelida. Hanya dua filum yang berperan pada manusia yaitu Dictyostelida dan Myxostelida.

1. Dictyostelida

Dictyostelida (dahulu disebut Acrasiamycota) ialah kapang lendir seluler. Protista ini merupakan bentuk peralihan antara bentuk *Amoeba* dan badan buah penghasil spora. Kebanyakan hidup di air tawar, tanah lembab, atau pada bagian tanaman-tanaman yang lapuk. Jika ada makanan, mereka akan menyatu membentuk struktur *pseudoplasmodium* (plasmodium palsu). Dinamakan demikian, karena struktur tersebut tersusun atas sel-sel yang berkumpul yang menyerupai siput tanpa cangkang. Sel-sel tersebut bergerak sebagai satu kesatuan, tetapi setiap sel merupakan struktur yang berdiri sendiri. Sering kali pseudoplasmodium menetap dan membentuk badan buah yang berisi spora haploid. Jika badan buah tersebut pecah, angin akan menerbangkan spora-spora yang ada didalamnya. Tiap spora akan berkembang menjadi satu sel amoeboid. Contoh spesies ini ialah *Dyctiostelium*.

2. Myxostelida

Myxostelida (dahulu disebut Myxomycota). Berbeda halnya dengan Dictyostelida yang memiliki pseudoplasmodium, Myxostelida telah memiliki plasmodium yang sebenarnya. Pada Myxostelida, *plasmodium* memiliki bermacam-macam warna dan bentuk yang berbeda pada tiap tahap kehidupannya. Saat makan, Myxostelida membentuk suatu massa sitoplasma yang disebut *plasmodium*. Tiap plasmodium memiliki banyak inti, dan terdiri atas ribuan sel. Plasmodium menyerap diatas tanah, batu-batuan atau kayu yang membusuk, memakan bakteri atau mikroorganisme lainnya dengan cara fagositosis. Jika makanan atau air tidak mencukupi, plasmodium bergerak kepermukaan yang terbuka dan mulai memproduksi. Plasmodium membentuk tubuh buah bertangkai di sebut **sporangium** yang berisi spora-spora haploid. Spora-apora tersebut sangat tahan terhadap kondisi yang buruk. Dalam kondisi yang sesuai, spora akan pecah dan menghasilkan sel-sel tidak mengalami sitokinesis sehingga berbentuk sitoplasma berinti banyak (plasmodium). Contoh makhluk hidup spesies ini ialah *Physarum polycephalum*.



Gambar 6.7. Kapang lendir.

6.2. Peranan protista dalam kehidupan

Seperti dua sisi mata uang, Protista dapat memberikan manfaat, tetapi dapat juga menimbulkan kerugian pada manusia, hewan, dan tumbuhan.

6.2.1. Protista yang menguntungkan

Protista yang menguntungkan, antara lain sebagai berikut.

- a. Protista yang hidup bebas di air tawar sebagai plankton, misalnya *Euglena viridis*, merupakan indikator polusi air sungai.
- b. Cangkang Radiolaria dan Foraminifera, digunakan sebagai indikator adanya minyak bumi.
- c. *Entamoeba coli*, membusukkan makanan dan membentuk vitamin k pada saluran pencernaan manusia.

- d. *Saprolegnia*, berperan sebagai pengurai dalam ekosistem air tawar.
- e. Ganggang cokelat *Turbinaria australis*, *Sargassum silquosum*, dan *Fucus vesiculosus*, digunakan untuk membuat salep, es krim, tablet, dan krim habis bercukur.
- f. *Navicula* sp yang mati membentuk tanah diatomae yang berguna untuk bahan isolasi, bahan penggosok, bahan penyekat dinamis (trinitrogliserin=TNT), untuk membuat saringan, serta untuk campuran semen.

6.2.2. Protista yang merugikan

a. Pada manusia

Protista yang merugikan manusia, antara lain sebagai berikut.

- a. *Trypanosoma gambiense*, menyebabkan penyakit tidur de daerah Afrika Tengah dan ditularkan oleh lalat tse tse jenis *Glossina palpalis*.
- b. *Trypanosoma rhodesiense*, menyebabkan penyakit tidur di daerah Afrika Timur dan ditularkan oleh lalat tse tse jenis *Glossina morsitans*. *Trypanosoma rhodesiense* lebih berbahaya karena penderita dapat meninggal dalam waktu yang singkat.
- c. *Trypanosoma cruzi*, menyebabkan penyakit chagas yang menyerang kelenjar limfa, hati, dan sumsum tulang.
- d. *Trypanosoma brucei*, menyebabkan penyakit nagano di Afrika.
- e. *Plasmodium* sp, menyebabkan penyakit malaria.
- f. *Balantidium coli*, menyebabkan disentri balantidium yang menyerang selaput lendir usus besar.
- g. *Entamoeba gingivalis*, menyebabkan bau mulut.
- h. *Leishmania donovani* menyebabkan penyakit kalaazar yang menyerang limpa, hati, dan kelenjar limfa.

b. Pada hewan

Protista yang merugikan hewan, antara lain sebagai berikut.

- a. *Trichomonas foetus* menyebabkan keguguran pada kambing.

- b. *Trypanosoma evansi* menyebabkan penyakit surra pada kuda, unta, dan sapi. Penyakit tersebut ditularkan nyamuk kandang (*Stomoxys* sp).
- c. *Trypanosoma equiperdum* menyebabkan penyakit pada kuda dan keledai.
- d. *Trypanosoma vivax* menyebabkan penyakit pada kuda.

Rangkuman

Berdasarkan cara hidupnya, protista dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu protista mirip hewan (protozoa), protista mirip tumbuhan (algae=ganggang), dan protista mirip jamur (Myxomycophyta =kapang lendir).

Protozoa merupakan kelompok protista yang bergerak dan memperoleh nutrisi seperti hewan. Berdasarkan jenis alat geraknya, protozoa dibagi menjadi empat filum, yaitu: Sarcodina, Ciliata, Zooflagellata, dan Sprozoa.

Algae merupakan kelompok protista yang mirip tumbuhan karena mampu membuat makanannya sendiri melalui proses fotosintesis. Berdasarkan dominansi pigmennya, alga dikelompokkan menjadi enam filum, yaitu: Chlorophyta, Phaeophyta, Chrysophyta, Rhodophyta, Euglenophyta, dan Phyrophyta.

Myxcomycophyta merupakan kelompok protista mirip jamur (kapang lendir) dibagi menjadi 4 filum, yaitu Dictyostelida, Myxostelida, Abyrinthulida, dan Dictyostelida. Hanya dua filum yang berperan pada manusia yaitu Dictyostelida dan Myxostelida.

Protista dapat memberikan manfaat, tetapi dapat juga menimbulkan kerugian pada manusia, dan hewan

Soal Latihan

a. Berilah tanda silang (x) pada huruf a, b, c, d, atau e untuk jawaban yang tepat !

1. Berikut merupakan ciri-ciri Protozoa:
 1. Tubuh berbentuk bulat
 2. Tidak memiliki alat gerak
 3. Respirasi secara difusi
 4. Reproduksi seksual: peleburan gamet
 5. Reproduksi aseksual: membentuk sporaProtista tersebut digolongkan dalam
 - a. Sporozoa
 - b. Mastigophora
 - c. Flagellata
 - d. Ciliata
 - e. Rhizopoda
2. Protista yang dapat menyebabkan penyakit surra pada ternak adalah
 - a. *Balantidium coli*
 - b. *Euglena viridis*
 - c. *Entamoeba gingivalis*
 - d. *Trypanosoma vivax*
 - e. *Trypanosoma evansi*
3. Protista berikut menyebabkan penyakit pada tanaman kentang
 - a. *Phytophthora infestans*
 - b. *Volvox globator*
 - c. *Paramecium caudatum*
 - d. *Plasmodium ovale*
 - e. *Navicula monilifera*
4. Konjugasi yang terjadi pada *Paramecium* menghasilkan
 - a. Dua makronukleus
 - b. Satu mikronukleus berdegenerasi
 - c. Delapan makronukleus anak
 - d. Satu *Paramecium* anak
 - e. Empat *Paramecium* anak
5. Dalam tinja manusia ditemukan suatu makhluk hidup mikroskopis, tidak berklorofil, memiliki bulu getar (silia), dan dapat menyebabkan gangguan perut. Mikroorganisme tersebut adalah

a. <i>Didinium</i>	d. <i>Vorticella</i>
b. <i>Balantidium</i>	e. <i>Stentor</i>

c. *Trypanosoma*

6. Sisa metabolisme pada Protista dikeluarkan melalui
- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| a. ribosom | d. vakuola nonkontraktil |
| b. vakuola makanan | e. lisosom |
| c. vakuola kontraktil | |

b. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar !

1. Mengapa *Euglena* dikatakan sebagai Protista peralihan?!
2. Sebutkan perbedaan antara phytoflagellata dan zooflagelata!
3. Jelaskan reproduksi pada jamur lendir (*Myxomycota*)!
4. Gambarkan bagaimana gerakan plasma sel pada *Amoeba* saat mencari makanan!
5. Mengapa jamur lendir dimasukkan dalam kingdom Protista, bukan kingdom Fungi?
6. Jelaskan reproduksi secara seksual pada *Plasmodium* dan tempat terjadinya!
7. Sebutkan lima manfaat ganggang bagi kehidupan manusia!
8. Tuliskan klasifikasi jamur lendir yang kalian kenal!
9. Sebutkan tiga macam protista yang menguntungkan!
10. Sebutkan lima macam Protista yang merugikan manusia!

BAB VII

FUNGI (CENDAWAN)

Di sekitar kita terdapat aneka makanan yang terbuat dari fungi atau cendawan, contohnya ialah tempe, oncom, keripik jamur merang dan sop jamur kuping. Selain sebagai sumber bahan pangan, cendawan juga mempunyai peranan penting dalam bidang pertanian. Apa saja peranan fungi dalam bidang pertanian ? Kalian akan dapat menjawab pertanyaan tersebut setelah memahami materi tentang cendawan dan sifat-sifatnya yang akan dijelaskan pada bab ini.

Standar Kompetensi

Mengetahui fungi (cendawan) dan peranannya bagi kehidupan.

Kompetensi Dasar

- 7.1. Mempelajari ciri dan sifat fungi (cendawan).
- 7.2. Mempelajari sistematika, keragaman dan peranan fungi (cendawan) dalam bidang pertanian.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari fungi dan peranannya, kalian diharapkan dapat:

- Mengenal fungi (cendawan) dengan pengamatan morfologi dan anatomi serta penafsiran gambar.
- Mendeskripsikan perbedaan fungi (cendawan).
- Memahami peranan fungi dalam bidang pertanian dan dalam kehidupan sehari-hari.

Kata-Kata Kunci

Artrospora	Khamir
Askokarp	Konidium
Basidiospora	Basidium
Blastospora	Piknidium
Plasmogami	Hifa bersekat
Septa	Kariogami
Senositik	Kitin
Sterigma	Klamidospora
Zigospora	

7.1. Ciri dan sifat fungi (cendawan)

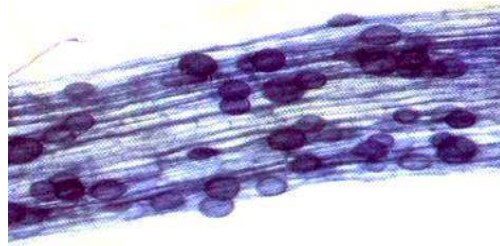
Fungi dalam bahasa Indonesia disebut cendawan. Ciri-ciri cendawan secara umum ialah makhluk hidup eukariotik, heterotrofik (tidak memiliki klorofil), memperoleh nutrisi melalui absorpsi dan energi penyimpanannya berupa glikogen. Cendawan mempunyai struktur somatik bersel satu atau banyak (multiseluler), kebanyakan berupa hifa dengan komponen utama dinding selnya ialah zat kitin, serta berkembang biak secara seksual dan aseksual dengan membentuk spora. Dalam definisi ini, cendawan mencakup jamur, kapang, dan khamir. Jamur (*mushroom*) ialah cendawan yang tubuh buahnya berukuran besar dan sebaliknya kapang (*moulds*) ialah cendawan yang berukuran renik. Khamir (*yeast*) ialah cendawan bersel tunggal.

Cendawan bukanlah tumbuhan atau hewan. Cendawan tidak memiliki klorofil seperti tumbuhan sehingga tidak dapat melakukan fotosintesis dan menyimpan karbohidratnya dalam bentuk glikogen bukan pati seperti pada tumbuhan. Cendawan tidak menelan dan mengunyah makanan seperti pada hewan, melainkan merombak makanannya di luar tubuh secara enzimatik dan diserap melalui hifa.

Cendawan termasuk makhluk hidup eukariotik karena sudah memiliki inti sel yang terbungkus membran. Hidupnya bersifat heterotrof dengan menggunakan bahan organik yang sudah tersedia. Bahan organik yang digunakan dapat berupa bahan organik mati (saprotrof) atau bahan organik hidup (simbiosis). Simbiosis dapat bersifat antagonistik (Gambar 7.1) dan mutualistik (Gambar 7.2). Cendawan yang melakukan simbiosis antagonistik dapat menyebabkan penyakit parasitik yang merugikan makhluk hidup inangnya. Sebaliknya, cendawan yang membentuk simbiosis mutualistik menguntungkan baik inang maupun cendawannya itu sendiri. Inang untuk cendawan ialah tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme termasuk cendawan.

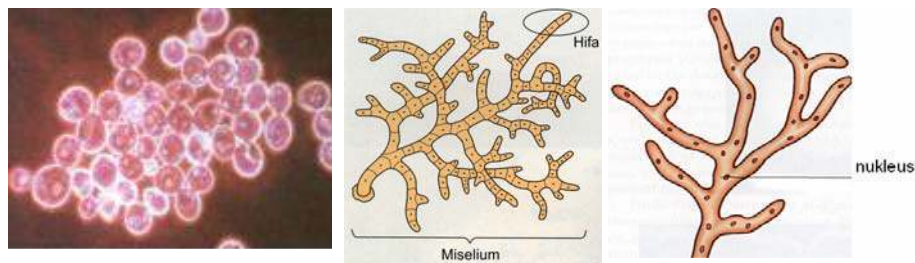


Gambar 7.1. Cendawan *Ustilago maydis* parasit pada jagung yang menyebabkan penyakit gosong.



Gambar 7.2. Cendawan simbiosis mutualistik antara cendawan endomikoriza dan akar tanaman hortikultura.

Struktur somatik cendawan multiseluler tersusun atas benang-benang yang disebut hifa. Hifa merupakan tabung-tabung kecil berisi sitoplasma dan nukleus. Dinding sel hifa umumnya tersusun atas kitin. Kumpulan hifa akan membentuk jalinan yang disebut miselium. Beberapa jenis cendawan memiliki hifa dengan sekat-sekat melintang yang dinamakan septa. Hifa yang memiliki sekat dinamakan hifa bersekat atau berseptata. Adapun hifa yang tidak memiliki sekat dinamakan aseptata atau senositik (Gambar 7.3). Hifa senositik memiliki banyak inti. Pada cendawan yang hidup sebagai parasit terdapat hifa yang mengalami modifikasi menjadi haustoria. Haustoria adalah hifa yang berfungsi sebagai organ penyerap makanan atau menempel pada inang. Selain menyerap makanan, hifa dapat berkembang membentuk struktur reproduksi.



Gambar 7.3. Struktur somatik cendawan berupa sel tunggal (a), hifa septat (b) dan hifa aseptat (c).

Cendawan dapat berproduksi secara aseksual dan seksual dengan membentuk spora. Terdapat bermacam-macam spora aseksual yang dibentuk oleh cendawan, antara lain ialah konidium (jamak: konidia), sporangiospora (spora), dan kladospora. Pembentukan spora seksual melibatkan proses perkawinan, kariogami dan meiosis. Ciri-ciri dari spora seksual digunakan dalam pengelompokan cendawan ke tingkat filum.

7.2. Peranan fungi (cendawan) dalam bidang Pertanian

7.2.1 Sistematika, keragaman, dan peranan fungi (cendawan) dalam bidang pertanian

Berdasarkan perkembangan sistematika cendawan terkini yang menggunakan ciri-ciri seperti evolusi, ultrastruktur, biokimia dan molekuler untuk kriteria pembentukan takson maka kingdom (dunia) fungi ditata ulang. Cendawan yang dahulunya menempati satu kingdom yaitu fungi sekarang terpisah menjadi 3 kingdom. Ketiga kingdom ini ialah Chromista, Protoctista dan Fungi. Kingdom Chromista disebut cendawan semu atau pseudofungi, kingdom Protoctista disebut cendawan protozoa, dan kingdom Fungi disebut cendawan sejati atau eufungi. Bahasan dalam buku ini utamanya mencakup cendawan anggota kingdom Fungi atau cendawan sejati dan sebagian anggota kingdom Chromista yang mempunyai peranan penting dalam bidang pertanian. Berdasarkan ciri reproduksi sebagai pembeda utama, kingdom Chromista atau cendawan semu dan kingdom Fungi atau cendawan sejati dibagi dalam beberapa filum. Kingdom Chromista terdiri dari 2 filum yaitu Hyphochytridiomycota dan filum Oomycota. Cendawan sejati terdiri atas 5 filum yaitu Chytridiomycota, filum Zygomycota, filum Ascomycota, filum Basidiomycota dan form-filum Deuteromycota.

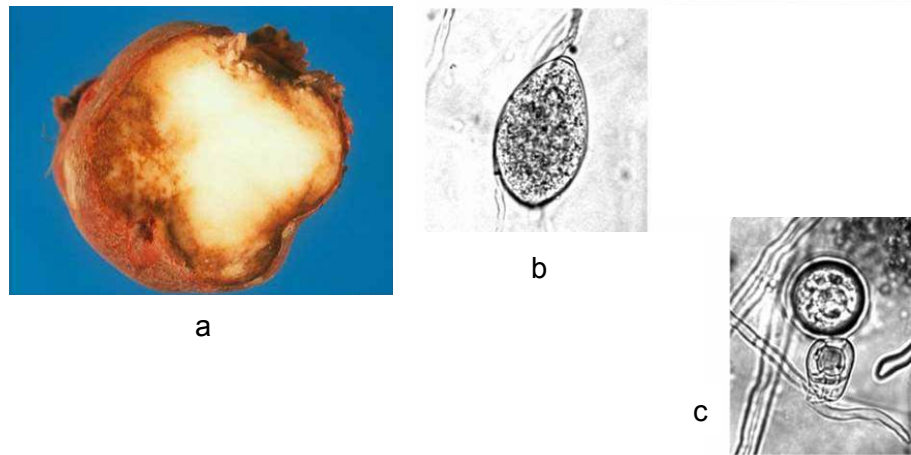
Kingdom Chromista (Cendawan semu)

Filum Oomycota

Oomycota atau cendawan air dikatakan sebagai cendawan yang memiliki telur. Oomycota merupakan cendawan yang tersusun atas hifa bercabang yang tidak bersekat. Polisakarida penyusun utama dinding selnya ialah selulosa, bukan kitin seperti pada cendawan sejati.

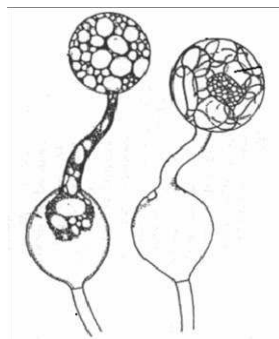
Oomycota berproduksi secara aseksual dan seksual. Reproduksi secara aseksual dilakukan dengan cara pembentukan zoospora berflagel 2 di dalam zoosporangium pada ujung hifa. Zoospora akan tumbuh membentuk hifa-hifa baru. Sementara itu, reproduksi seksual dilakukan dengan cara peleburan sel telur haploid dengan inti sel dari anteridium. Proses peleburan sel telur dan anteridium menghasilkan oospora yang diploid. Setelah mengalami masa dorman, oospora berkecambah membentuk zoosporangium yang menghasilkan zoospora diploid. Selanjutnya zoospora akan tumbuh menjadi hifa baru yang diploid.

Oomycota meliputi sejumlah makhluk hidup yang patogen pada tanaman (Gambar 7.4). Contohnya ialah *Phytophthora faberi* hidup sebagai parasit pada tanaman karet, *Phytophthora infestans* menyebabkan penyakit karat putih pada tanaman kentang dan *Phytophthora nicotinae* menyerang tanaman tembakau. Anggota oomycota lainnya yang bersifat parasit pada tanaman ialah *Plasmopara viticola* menyebabkan penyakit pada tanaman anggur, dan *Phythium* sebagai penyebab penyakit lapuk berbulu atau rebah semai (Gambar 7.5) yang menyerang pangkal kecambah beberapa tanaman pertanian. Cendawan Oomycota juga ada yang bersifat saprotrof yaitu *Saprolegnia* yang hidup pada bangkai hewan atau tumbuhan mati dalam air tawar (Gambar 7.6).



Sumber: www.vegetablemdonline.ppath.cornell.edu

Gambar 7.4. (a) Kentang yang terserang *Phytophthora*, (b) Zoosporangium, (c) Oogonium.



Sumber: Moore–Landecker 1996

Gambar 7.5. Zoosporangium dan vesikel *Pythium*.



Gambar 7.6. Kapang air tumbuh pada hewan dalam air.

Kingdom Fungi (Cendawan sejati)

1. Filum Chytridiomycota

Cendawan ini merupakan cendawan sejati yang paling sederhana dan sering disebut kitrid. Reproduksi aseksualnya dilakukan dengan cara membentuk zoospora berflagela tunggal berbentuk *whiplash*. Reproduksi seksual dilakukan dengan membentuk spora rehat. Filum ini merupakan nenek moyang dari cendawan sejati lainnya.

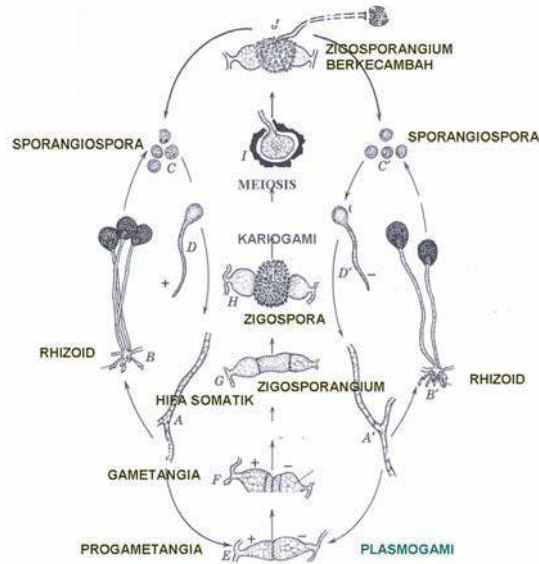
Sebagian kitrid hidup di air tawar, air laut, dan lingkungan yang lembab. Salah satu kitrid yang bersifat parasit pada tumbuhan ialah genus *Synchytrium*. *Synchytrium endobioticum* dapat menyebabkan penyakit pada tanaman kentang.

2. Filum Zygomycota

Cendawan anggota filum Zygomycota banyak yang mempunyai nilai ekonomi penting. Cendawan ini ada yang digunakan untuk produksi makanan, industri asam organik, dan bersifat parasitik pada tanaman. Zygomycota yang digunakan untuk produksi makanan dan umum kita kenal ialah *Rhizopus oryzae* atau kapang tempe. Untuk lebih mengenal cendawan Zygomycota, marilah kita pelajari ciri-ciri reproduksi kapang tempe. Ciri-ciri *R. oryzae* secara umum, antara lain ialah hifa tidak bersekat (senositik), hidup sebagai saprotrof, yaitu dengan menguraikan senyawa organik. Pembuatan tempe dilakukan secara aerobik.

Reproduksi aseksual cendawan *R. oryzae* dilakukan dengan cara membentuk sporangium yang di dalamnya terdapat sporangiospora. Pada *R. oryzae* terdapat stolon, yaitu hifa yang terletak di antara dua kumpulan sporangiofor (tangcai sporangium). Reproduksi secara seksual dilakukan dengan fusi hifa (+) dan hifa (-) membentuk progamentangium. Progamentangium akan membentuk gametangium. Setelah terbentuk gametangium, akan terjadi penyatuan plasma yang disebut plasmogami. Hasil peleburan plasma

akan membentuk cigit yang kemudian tumbuh menjadi zigospora. Zigospora yang telah tumbuh akan melakukan penyatuan inti yang disebut kariogami dan akhirnya berkembang menjadi sporangium kecabah. Di dalam sporangium kecabah setelah meiosis akan terbentuk spora (+) dan spora (-) yang masing-masing akan tumbuh menjadi hifa (+) dan hifa (-) (Gambar 7.7).



Sumber: Alexopoulos 1996
Gambar 7.7. Daur hidup *R. stolonifer*.

Coba ambil tempe yang dibungkus dengan daun, ambillah bagian yang berwarna hitam dengan menggunakan tusuk gigi. Amati bagian tersebut menggunakan mikroskop. Jelaskan hasil pengamatan kalian!

Dalam pembuatan tempe kedelai, tempe yang belum jadi apabila dibuka cendawannya masih dapat melangsungkan fermentasi atau kedelai tersebut tetap menjadi tempe. Mengapa demikian? Bandingkan dengan proses pembuatan tapai. Mengapa tapai yang dibuka sebelum fermentasi selesai tidak akan terbentuk?

Anggota cendawan Zygomycota lainnya diantaranya ialah *Pilobolus* yang hidup pada kotoran ternak (Gambar 7.8), *Cunninghamella* parasit pada pohon pinus, *Choaneophora* parasit pada tanaman *Curcubitaceae*, *Glomus* dan *Gigaspora*. *Glomus* dan *Gigaspora* ialah cendawan yang membentuk simbiosis mutualistik mikoriza dengan berbagai macam tanaman termasuk tanaman pertanian yang mempunyai nilai ekonomi penting. Oleh karena itu kedua cendawan tersebut digunakan sebagai pupuk hayati.



Gambar 7.8. *Pilobolus* pada kotoran ternak.

3. Filum Ascomycota

Kalian pernah makan tapai singkong atau tapai ketan? Tapai singkong atau tapai ketan yang dibuat dari bahan dasar singkong atau beras ketan merupakan hasil fermentasi khamir *Saccharomyces cerevisiae*.

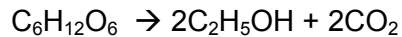
Marilah kita bahas lebih lanjut ciri-ciri, cara reproduksi, dan peranan cendawan *Ascomycota*. Cendawan *Ascomycota* hidup sebagai saprotof, simbiotik antagonistik, dan simbiotik mutualistik. Struktur somatik cendawan *Ascomycota* ada yang bersel satu misalnya *Saccharomyces* sp. yang disebut khamir, dan ada yang bersel banyak dengan hifa bersekat. Cendawan yang memiliki sel banyak yang bersekat ada yang membentuk tubuh buah mikroskopis misalnya *Talaromyces*, dan ada yang membentuk tubuh buah makroskopis misalnya *Morchella* dan *Nectria*. *Morchella* ialah cendawan pangan dari *Ascomycota*.

Cendawan kelompok ini melakukan reproduksi secara aseksual dengan cara membentuk konidium. Konidium ialah spora tunggal yang dihasilkan dalam kantung (sporangium). Selain itu, beberapa *Ascomycota* berkembang biak dengan tunas. Tunas terbentuk dari percabangan sel. Setelah semua bagian sel terbentuk, tunas melepaskan diri dari induknya.

Reproduksi secara seksual dilakukan dengan membentuk askokarp. Prosesnya diawali dengan plasmogami antara elemen jantan (antheridium) dengan gametangium betina (askogonium). Setelah terjadi fertilisasi akan terbentuk askus yang mengandung inti diploid. Inti diploid pada askus muda akan mengalami meiosis membentuk 4 inti haploid yang setelahnya dapat mengalami proses mitosis berkali-kali. Inti tersebut akan diselubungi dinding dan

berkembang menjadi askospora matang. Askus dapat dibentuk dalam suatu wadah yang disebut askokarp. Askospora yang matang akan keluar dari askus dan askokarp.

Saccharomyces (khamir) merupakan cendawan bersel satu yang tidak memiliki hifa dan tubuh buah makroskopis. Reproduksi khamir secara seksual dilakukan dengan cara persatuan dua sel yang akan membentuk askus menjadi askospora. *Saccharomyces* dimanfaatkan untuk membuat tapai, bir, dan roti. Dalam proses pembuatan bir, khamir akan mengubah karbohidrat menjadi glukosa. Kemudian mengubah glukosa tersebut menjadi alkohol. Apabila ditulis dengan rumus kimia, reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Saccharomyces juga dimanfaatkan untuk mengembangkan adonan roti, misalnya kue apem atau roti tawar. Adonan yang sudah jadi tidak langsung diolah, tetapi dibiarkan beberapa saat. Hal ini berfungsi untuk memberikan kesempatan pada khamir untuk melakukan proses fermentasi yang menghasilkan gas CO₂. Gas CO₂ yang terperangkap dalam adonan membuat teksturnya menjadi berongga dan mengembang. Khamir juga digunakan dalam industri alkohol. Proses akhir untuk mendapatkan alkohol ialah dengan cara penyulingan.

4. Filum Basidiomycota

Pernahkah kalian makan keripik jamur merang yang terkenal dari daerah Karawang atau jamur kancing yang berasal dari Dieng Wonosobo di Jawa Tengah? Keripik jamur merang ini dibuat dari bahan dasar jamur yang termasuk ke dalam filum *Basidiomycota*. Selain kripik, pernahkah kalian memakan jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*), jamur merang (*Volvariella volvaceae*), jamur shiitake (*Lentinula edodes*), dan jamur kuping (*Auricularia auricula*) (Gambar 7.9). Jamur tersebut merupakan jamur pangan yang telah umum dibudidayakan.

Selain digunakan sebagai jamur pangan, filum *Basidiomycota* juga ada yang dimanfaatkan untuk pengobatan, contohnya *Ganoderma* sp. (Gambar 7.10) yang sering disebut LingZhe. Di alam, *Ganoderma* yang digunakan sebagai jamur obat, dapat juga bersifat parasit terutama pada tanaman kelapa sawit yang sulit dikendalikan.



(a) (b)

Gambar 7.9. (a) Jamur shitake, (b). Jamur kuping.



Gambar 7.10. *Ganoderma* sp.

Jamur tiram (Gambar 7.11), shiitake, dan kuping ialah jamur kayu yang sering dijumpai tumbuh pada batang pohon yang sudah lapuk, sedangkan jamur merang tumbuh pada jerami padi.



(a) (b)

Gambar 7.11. Variasi jamur tiram:
a. jamur tiram coklat, b. jamur tiram putih

Basidiomycota hidup sebagai saprotrof, simbiotik antagonistik, dan simbiotik mutualistik pada tumbuhan. Basidiomycota umumnya membentuk tubuh buah makroskopis yang disebut basidiokarp. Di dalam basidiokarp terdapat basidium yang menyangga spora yang disebut basidiospora.

Reproduksi seksual dimulai setelah terjadinya peleburan 2 miselium haploid atau 2 basidiospora yang serasi ($n+n$). Sel hifa haploid yang berinti 2 yang serasi disebut hifa haploid dikariotik. Hifa haploid dikariotik ($n+n$) terus tumbuh membentuk basidiokarp. Beberapa sel yang terdapat pada bagian fertil dari basidiokarp berkembang membentuk basidium muda yang kemudian melakukan kariogami menghasilkan inti diploid ($2n$). Setiap inti diploid mengalami meiosis menghasilkan 4 inti haploid yang kemudian berkembang menjadi basidiospora yang dibentuk di ujung basidium. Setiap basidium dewasa biasanya menyangga 4 basidiospora. Struktur yang menyangga basidiospora pada basidium disebut sterigma.

5. Cendawan bermitospora

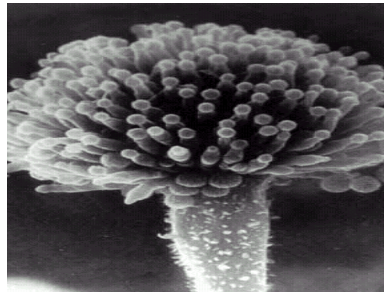
Kelompok cendawan ini memiliki hifa bersekat dan melakukan reproduksi secara aseksual dengan konidium. Spora aseksual lainnya dapat berupa blastospora (spora yang dibentuk secara bertunas) atau artrospora (spora yang dibentuk dari bagian-bagian hifa). Adapun reproduksi secara seksualnya belum diketahui. Bila cendawan ini membentuk reproduksi seksual maka akan berubah mejadi filum Ascomycota jika membentuk askospora dan filum Basidiomycota jika membentuk basidiospora. Beberapa anggota cendawan ini ada yang membentuk tubuh buah yang berisi spora aseksual yang disebut piknidium.

Cendawan cendawan bermitospora banyak yang bermanfaat dan juga merugikan manusia. Cendawan ini banyak yang sudah digunakan untuk industri diantaranya ialah antibiotik, pangan, dan pupuk hayati. Contoh dari cendawan yang berperan dalam industri antibiotik dan pangan ialah *Penicillium*. *Penicillium chrysogenum* dan *Penicillium notatum* digunakan sebagai penghasil antibiotik penisilin. Antibiotik penisilin pertama kali ditemukan oleh Alexander Fleming. *Penicillium roqueforti* dan *Penicillium camemberti* sering digunakan dalam pembuatan keju.

Contoh lain cendawan bermitospora ialah *Monilia sitophila*. (cendawan oncom) yang memiliki konidia berwarna merah jingga. Cendawan ini digunakan untuk pembuatan oncom merah. Di daerah Bandung, oncom merupakan makanan yang sangat digemari. *Monilia sitophila* membentuk reproduksi seksual dengan askospora sehingga cendawan seksualnya masuk ke dalam filum Ascomycota.

Kelompok cendawan bermitospora yang digunakan dalam industri ialah *Aspegillus* (Gambar 7.12). *Aspegillus niger* digunakan untuk produksi asam sitrat atau pupuk hayati. *Aspegillus wentii* dapat dimanfaatkan dalam pembuatan kecap, sake, tauco, asam sitrat, dan asam oksalat. Anggota genus *Aspegillus* juga ada yang bersifat

merugikan. *Aspegillus flavus* menghasilkan mikotoksin yang disebut aflatoksin. *Aspergillus fumigatus* dapat menimbulkan penyakit paru-paru pada burung. *Aspergillus* sp dapat hidup pada makanan, pakaian, buku, dan kayu yang lembab. Cendawan bermitospora banyak yang menyebabkan penyakit pada tumbuhan diantaranya ialah *Fusarium*, *Curvularia*, dan *Cladosporium*.



Gambar 7.12. Konidium *Aspergillus* sp.

7.2.2 Peranan fungi (cendawan) lainnya dalam bidang pertanian

Keberadaan fungi atau cendawan sangat berlimpah dan mempunyai peranan yang sangat penting di alam termasuk dalam bidang pertanian. Dalam bidang pertanian peranan cendawan dapat merugikan dan menguntungkan. Cendawan simbiotik antagonistik atau sering disebut cendawan parasit merugikan produksi pertanian, sedangkan cendawan simbiotik mutualistik sangat menguntungkan. Simbiotik mutualistik cendawan yang mempunyai peran dalam pertanian diantaranya ialah mikoriza dan liken.

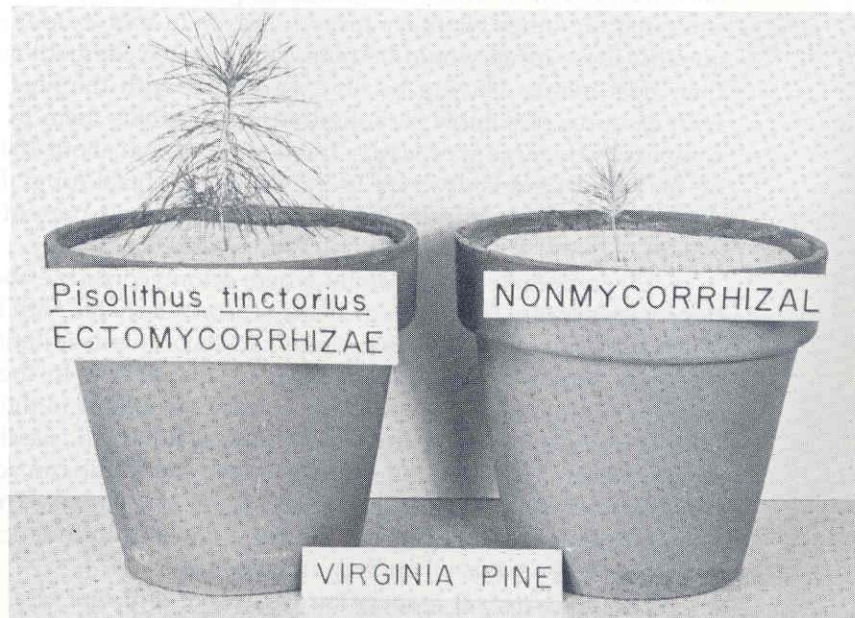
Mikoriza

Mikoriza ialah simbiosis mutualistik antara cendawan dengan akar tumbuhan. Dalam simbiosis mikoriza, cendawan mendapatkan unsur karbon dari tumbuhan, sedangkan tumbuhan mendapatkan air dan mineral dari cendawan, terutama fosfat. Hampir semua tumbuhan di dunia bersimbiosis membentuk mikoriza. Cendawan yang membentuk simbiosis mikoriza disebut cendawan mikoriza. Cendawan mikoriza termasuk ke dalam filum Zigomycota, Ascomycota, dan Basidiomycota. Berdasarkan tipe kolonisasinya, mikoriza dibedakan menjadi ektomikoriza dan endomikoriza.

Ektomikoriza

Salah satu contoh ektomikoriza ialah simbiosis mutualistik antara cendawan dengan akar pohon *Pinus* sp (Gambar 7.13). Cendawan yang membentuk ektomikoriza ialah Ascomycota dan Basidiomycota. Kolonisasi cendawan terbentuk secara interseluler dan membentuk hifa pada permukaan luar akar inangnya yang disebut mantel. Hifa cendawan mengkolonisasi akar sampai korteks dan tidak menembus endodermis. Selain tumbuh di dalam akar hifa cendawan juga tumbuh

di dalam tanah yang berfungsi untuk menyerap air dan zat hara terutama fosfat sehingga mikoriza berfungsi untuk memperluas bidang penyerapan akar.



Sumber: Moore-Landecker 1996

Gambar 7.13. Peningkatan pertumbuhan tanaman Pinus yang bersimbiosis dengan cendawan membentuk ektomikoriza.

Endomikoriza

Endomikoriza ialah mikoriza yang kolonisasi cendawannya terjadi secara intraseluler. Simbiosis mutualistik endomikoriza terbentuk antara cendawan dengan tanaman pertanian, perkebunan, tanaman dari hutan tanaman industri, dan tanaman hias. Anggrek, jagung, alpukat, melon, coklat, sengon, dan kunyit merupakan contoh tanaman yang bersimbiosis membentuk endomikoriza. Seperti halnya pada ektomikoriza, pada endomikoriza kolonisasi cendawan hanya sampai pada korteks. Cendawan mikoriza tidak mengkolonisasi endodermis akar seperti pada cendawan parasit. Cendawan yang membentuk endomikoriza termasuk ke dalam filum Zigomycota.

Liken (lumut kerak)

Di tembok-tembok, genting atau pada batang pohon sering kita temukan struktur seperti sisik berwarna-warni. Sisik tersebut sebenarnya ialah **lumut kerak** (lichens/likens). Meskipun disebut lumut kerak, namun makhluk hidup ini tidak termasuk ke dalam kelompok lumut. Lumut kerak merupakan simbiosis mutualistik antara cendawan dari kelompok Ascomycota atau Basidiomycota dengan ganggang

hijau atau ganggang hijau biru (sianobakteri). Dengan simbiosis ini, cendawan memperoleh makanan dari hasil fotosintesis ganggang, sedangkan ganggang memperoleh air dan mineral dari cendawan.

Pada liken, sering ditemukan struktur seperti tepung. Tepung itu adalah beberapa sel ganggang yang terbungkus hifa dan terdapat di permukaan lumut kerak yang disebut **soredium** (jamak: soredia). Soredium berfungsi untuk pembiakan secara vegetatif (fragmentasi), selain dengan spora dan membelah diri.

Habitat liken sangat bervariasi dan dapat hidup pada daerah yang ekstrim. Liken dapat melekat pada batu atau tembok yang tidak dapat ditempati oleh makhluk hidup lain. Oleh karena itu liken disebut juga **makhluk hidup pioner** atau **perintis**. Liken membantu proses pembentukan tanah dengan cara menghancurkan batuan dengan unsur likenik (Gambar 7.14). Perubahan cuaca, kelembaban dan pelepasan zat kimiawi oleh liken menyebabkan permukaan batuan melapuk yang kemudian dipakai sebagai media tumbuh untuk hidup tanaman dan hewan-hewan kecil. Liken yang bersimbiosis dengan sianobakteri dapat melakukan fiksasi nitrogen dari udara. Hal ini membantu siklus nitrogen yang ada di alam. Liken sangat sensitif terhadap beberapa jenis polutan yang berbahaya. Misalnya fluorid, logam berat, zat radioaktif, bahan kimia pertanian, dan pestisida. Dengan demikian liken tidak dapat hidup di lingkungan yang sudah tercemar. Sifat inilah yang membuat liken sering dipakai sebagai indikator pencemaran lingkungan. Liken yang hidup melekat pada batu-batuan diantaranya ialah *Graphis* sp sedangkan yang tumbuh melekat pada batang pohon ialah *Usnea dasipoga*. *Usnea* menghasilkan asam usnin yang dapat digunakan untuk mengobati penyakit TBC.



Sumber: Biology: Concept and Connection 5th edition tahun 2006
Gambar 7.14. Liken yang melekat pada batu.

Rangkuman

Cendawan termasuk makhluk hidup eukariotik (inti sel bermembran), bersel satu atau banyak (multiseluler) dengan dinding sel umumnya dari zat kitin dan tidak berklorofil. Memiliki struktur somatik dan struktur reproduktif. Hidupnya bersifat heterotrof. Dapat bersifat saprotrof, simbiotik antagonistik, dan simbiotik mutualistik.

Berdasarkan perkembangan sistematika cendawan terkini, kingdom (dunia) Fungi ditata ulang menjadi 3 kingdom yaitu Chromista (cendawan semu), Protoctista (cendawan protozoa), dan Fungi (cendawan sejati). Kingdom Chromista terdiri atas 2 filum diantaranya ialah Oomycota (cendawan air). Sedangkan kingdom fungi terdiri atas 5 filum yaitu Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota, Basidiomycota, dan form filum Deutromycota.

Zygomycota merupakan cendawan yang memiliki hifa tidak bersekat (senositik), reproduksi seksual (dengan membentuk zigospora) dan aseksual (dengan membentuk sporangiospora). Contoh cendawan ini ialah *Rhizopus oryzae* (kapang tempe).

Ascomycota merupakan cendawan yang memiliki hifa bersekat. Reproduksi aseksual dengan membentuk konidium sedangkan reproduksi seksual dengan askospora. Contohnya Ascomycota ialah *Sacharomyces cerevisiae* yang dimanfaatkan dalam pembuatan tapai, roti, dan bir. Contoh lain Ascomycota ialah *Morchella*, dan *Nectria*.

Basidiomycota merupakan cendawan yang memiliki hifa bersekat. Reproduksi secara aseksual dengan membentuk konidium dan seksual membentuk basidiospora. Contoh Basidiomycota yang digunakan sebagai jamur pangan ialah jamur merang (*Volvariella volvaceae*), jamur kuping (*Auricularia auricula*), dan jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*). *Ganoderma* sp. merupakan contoh Basidiomycota yang digunakan sebagai jamur obat.

Form filum Deutromycota merupakan kelompok cendawan yang belum diketahui proses reproduksi seksualnya. Reproduksi aseksual membentuk konidium. Contoh cendawan ini yang menyebabkan penyakit pada tumbuhan ialah *Fusarium*, *Curvularia*, dan *Cladosporium*. Sedangkan yang digunakan dalam industri asam organik, antibiotik dan pangan ialah *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp, dan *Monilia sitophila*.

Bentuk simbiosis mutualistik antara fungi dan akar tumbuhan disebut mikoriza. Hifa cendawan mikoriza memperluas bidang

penyerapan air dan nutrisi yang dilakukan oleh akar tumbuhan. Mikoriza terdiri atas ektomikoriza dan endomikoriza.

Lumut kerak (likens) merupakan simbiosis mutualistik antara fungi (cendawan) dan algae (ganggang). Contoh lumut kerak ialah *Graphis* sp. dan *Usnea dasipoga*.

Soal Latihan

A. Berilah tanda silang (x) pada huruf a, b, c, d, atau e untuk jawaban yang tepat !

1. Penyakit rebah semai yang sangat merugikan para petani disebabkan oleh serangan
 - a. *Phytophthora infestans*
 - b. *Phytophthora faberi*
 - c. *Saprolegnia*
 - d. *Phytum*
 - e. *Achilya*

2. Reproduksi seksual *Phytophthora* ialah dengan cara membentuk
 - a. Spora kembar
 - b. Oospora
 - c. Zoospora
 - d. Askospora
 - e. Konidiospora

3. *Plasmopara viticola* merupakan anggota cendawan semu yang hidup sebagai parasit pada tanaman
 - a. Apel
 - b. Anggur
 - c. Stroberi
 - d. Papaya
 - e. Kubis

4. Salah satu produk pada proses peragian dengan *Saccharomyces cerevisiae* ialah
 - a. alkohol
 - b. karbohidrat
 - c. antibiotik
 - d. aflatoksin
 - e. keju

5. Kapang yang tumbuh pada kacang tanah yang menghasilkan aflatoksin ialah
 - a. *Penicillium notatum*
 - b. *Aspergillus flavus*
 - c. *Fusarium* sp.
 - d. *Rhizopus oryzae*
 - e. *Sacharomyces cerevisiae*

6. Kapang yang digunakan dalam pembuatan tempe ialah
 - a. *Rhizopus oryzae*
 - b. *Aspergillus oryzae*
 - c. *Phytophthora infestans*
 - d. *Saccharomyces cerevisiae*
 - e. *Aspergillus wentii*

7. Pada proses peragian (fermentasi) yang dilakukan oleh *Saccharomyces* sp. terjadi reaksi
 - a. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2$
 - b. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - c. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{CO}_2$
 - d. $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{E}$
 - e. $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{O}_2$

8. Seorang siswa bernama Mega menemukan makhluk hidup tidak berklorofil, hifa bersekat, reproduksi aseksual dengan membentuk konidium, sedangkan reproduksi seksualnya belum diketahui. Berdasarkan ciri-ciri tersebut, Mega menyimpulkan bahwa makhluk hidup tersebut termasuk dalam filum
 - a. Oomycota
 - b. Zygomycota
 - c. Ascomycota
 - d. Basidiomycota
 - e. Deuteromycota

9. Basidiomycota yang digunakan sebagai jamur obat ialah
 - a. *Jamur tiram*
 - b. *Jamur merang*
 - c. *Jamur kuping*
 - d. *LingZhe*
 - e. *Shiitake*

10. Jamur yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan ialah
 - a. *Volvariela volvaceae*
 - b. *Amanita aplanoides*
 - c. *Physarum debarianum*

- d. *Saccharomyces cerevisiae*
- e. *Ganoderma aplanatum*

B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar !

1. Jelaskan daur hidup cendawan *Rhizopus stolonifer*!
2. Apa perbedaan antara hifa bersekat dan hifa tidak bersekat? Bagaimana keadaan intinya?
3. Jelaskan pembentukan spora seksual pada Ascomycota!
4. Sebutkan nama cendawan yang menyebabkan penyakit pada tanaman!
5. Jelaskan pembentukan spora seksual pada Basidiomycota!
6. Sebutkan nama lumut kerak (liken) berdasarkan habitatnya!
7. Berdasarkan tipe simbiosisnya, mikoriza dibedakan menjadi ektomikoriza dan endomikoriza. Jelaskan!
8. Mengapa liken disebut makhluk hidup pioner? Jelaskan!
9. Tuliskan produk yang dihasilkan dari cendawan di bawah ini:
 - a. *Aspergillus fumigatus*
 - b. *Aspergillus niger*
 - c. *Monilia sitophyla*
 - d. *Penicillium chrysogenum*
 - e. *Rhizopus oryzae*
10. Sebutkan lima jenis cendawan yang merugikan pada bidang pertanian!

BAB VIII

PLANTAE



Gambar 8.1. Hutan hujan tropis (Campbell, 2006).

Ketika kita pergi ke hutan dan mengamati ke sekeliling yang dipenuhi oleh pohon-pohon yang tumbuh lebat dan subur, sangatlah sulit bagi kita untuk membayangkan bahwa diperlukan waktu yang sangat lama untuk mencapai kondisi alam yang seperti itu, daratan hutan yang dipenuhi oleh kehidupan makroskopik. Kenapa demikian?

Dari fosil-fosil yang ditemukan serta hipotesis yang menyatakan kehidupan di bumi berasal dari bahan-bahan tak hidup yang terjadi secara spontan, maka kemungkinan kehidupan berawal dari lautan dan perairan, di sanalah diperkirakan kehidupan berevolusi selama 3 miliar tahun, berupa kehidupan mikroskopik.

Tumbuhan kemungkinan berevolusi dari alga hijau yang hidup di perairan, dengan berbagai bentuk adaptasi terhadap kehidupan di darat. Sehingga saat ini kita mengenal beragam tumbuhan, mulai dari Bryophyta (tumbuhan lumut, tanpa jaringan pembuluh), Pteridophyta (tumbuhan paku, tumbuhan berpembuluh tanpa biji), Gymnospermae (tumbuhan berpembuluh, berbiji terbuka), dan Angiospermae (tumbuhan berpembuluh berbiji tertutup).

Standar Kompetensi

Mengidentifikasi ciri morfologi dan anatomi tubuh tumbuhan (sel, jaringan, sistem jaringan pada organ, organ), proses tumbuh dan berkembang, reproduksi dan pemencarannya, klasifikasi dan peranan tumbuhan bagi kehidupan.

Kompetensi Dasar

- 8.1. Mengidentifikasi ciri morfologi dan ciri anatomi tubuh tumbuhan (sel, jaringan, sistem jaringan pada organ, organ).
- 8.2. Mengidentifikasi proses tumbuh dan berkembang, reproduksi serta pemencarannya pada tumbuhan.
- 8.3. Mengklasifikasikan jenis tumbuhan berdasarkan ciri dan sifat yang ada
- 8.4. Mendeskripsikan peranan tumbuhan bagi kehidupan.

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari *Plantae*, kalian diharapkan dapat:

- Mengidentifikasi penyusun tubuh tumbuhan (sel, jaringan, sistem jaringan pada organ, dan organ) dengan pengamatan ciri morfologi dan anatomi serta penafsiran Gambar.
- Mendeskripsikan perbedaan proses tumbuh dan berkembang, reproduksi serta pemencarannya pada tumbuhan.
- Mengklasifikasikan jenis tumbuhan berdasarkan ciri dan sifat yang ada.
- Mengkomunikasikan peranan plantae dalam bidang pertanian dan dalam kehidupan sehari-hari.

Kata-Kata Kunci

Alogami	Herkogami
Amfiksisi	Hibridisasi
Anatomi	Hidroponik
Angiospermae	Higroskopis
Apomiksis	Heterostili
Aporogami	Imbibisi
Autogami	Involunter
Diferensiasi	Irreversibel
Difusi	Klasifikasi
Dikogami Meristem	Konyugasi
Dikotil	Monokotil
Dispersal	Morfologi
Dormansi	Morfogenesis
Ekstravaskuler	Parenkim

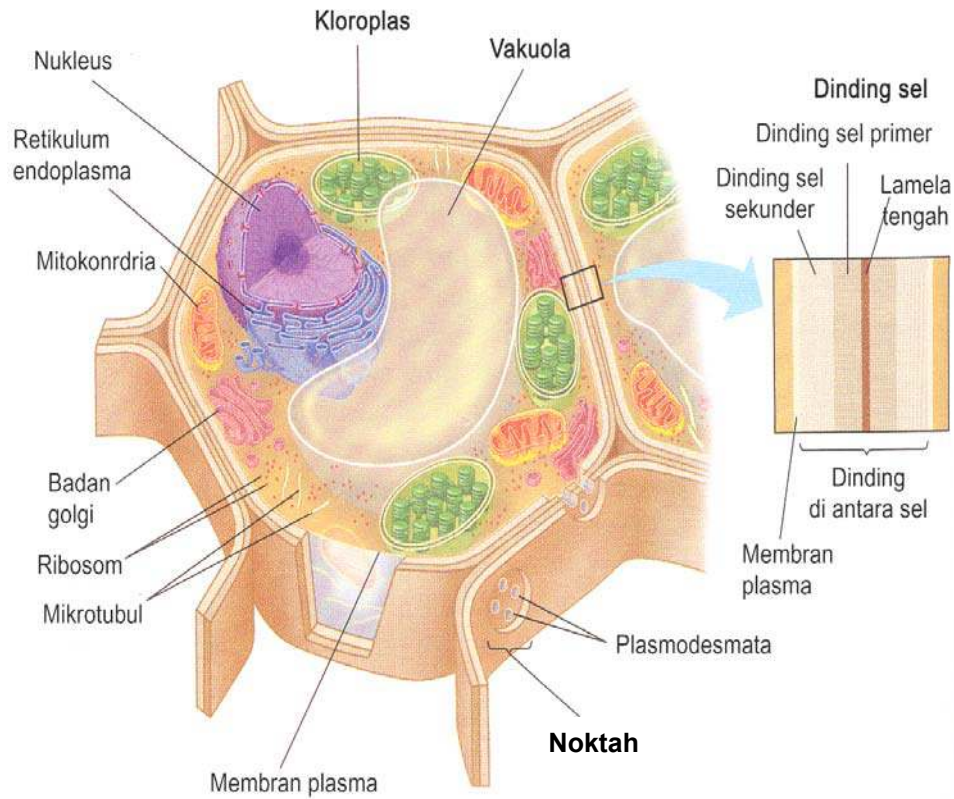
Endonom	Partenogenesis
Esionom	Partenokarpi
Etiolasi	Porogami
Floem	Transport Aktif
Fototropisme	Transpirasi
Gutasi	Vaskuler
Geitonogami	Volunter
Gymnospermae	

8.1. Sel dan jaringan tumbuhan

Perbedaan sel tumbuhan dari sel hewan ditunjukkan dari adanya kloroplas, sel yang dewasa memiliki vakuola sentral yang besar yang berfungsi membantu memelihara turgiditas sel, serta adanya dinding sel pada sel tumbuhan. Dinding sel tumbuhan terutama disusun oleh selulosa. Kebanyakan sel tumbuhan, khususnya sel yang memberikan kekuatan, memiliki dua lapis dinding sel, dinding primer dan sekunder. Pada dinding sel ada bagian-bagian yang tetap tipis disebut noktah, melalui noktah inilah aliran sitoplasma sel-sel yang berdampingan (plasmodesmata) dapat saling berhubungan. Plasmodesmata merupakan saluran komunikasi dan sirkulasi di antara sel-sel tumbuhan yang berdampingan (Gambar 8.2)

Pada makhluk hidup multiseluler, sel-sel yang sejenis mengalami proses spesialisasi untuk membentuk jaringan embrional (meristem), pada tumbuhan terdapat pada titik tumbuh. Jaringan embrional kemudian berdiferensiasi membentuk jaringan lainnya. Berkenaan dengan proses tersebut, pada tumbuhan dan hewan dijumpai berbagai macam jaringan. Berdasarkan perkembangannya, jaringan tumbuhan dibedakan atas dua macam, yaitu jaringan meristem (embrionik = muda) dan jaringan dewasa.

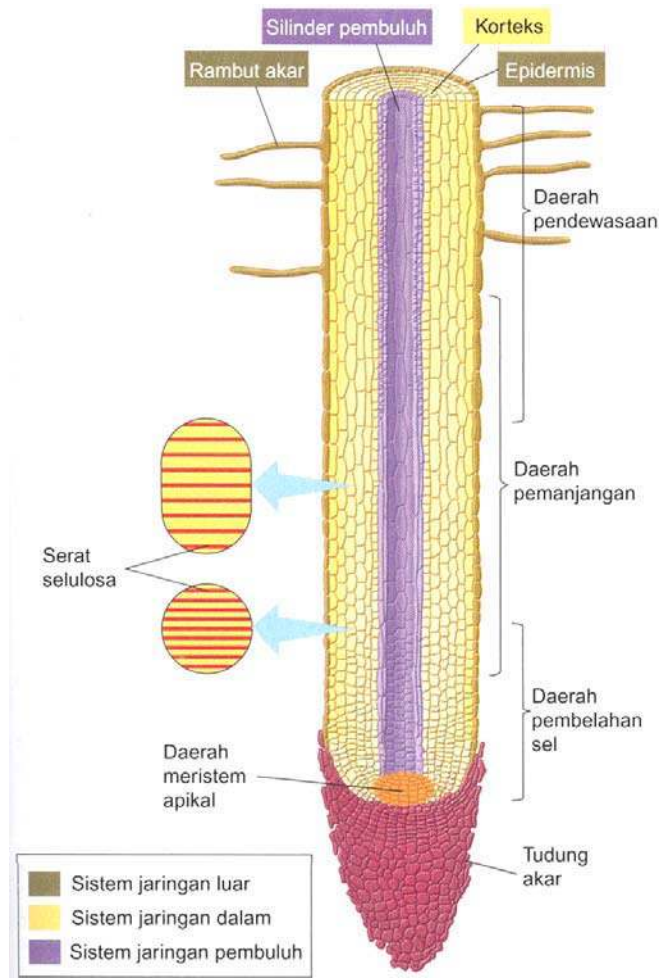
Jaringan dewasa tidak lagi mengalami pembelahan sel, dibedakan atas jaringan epidermis, jaringan parenkim, jaringan penyokong (klorenkima dan sklerenkim), jaringan pembuluh (xilem dan floem), serta jaringan gabus (periderm).



Gambar 8.2. Struktur sel tumbuhan (Campbell, 2006)..

a. Jaringan meristem

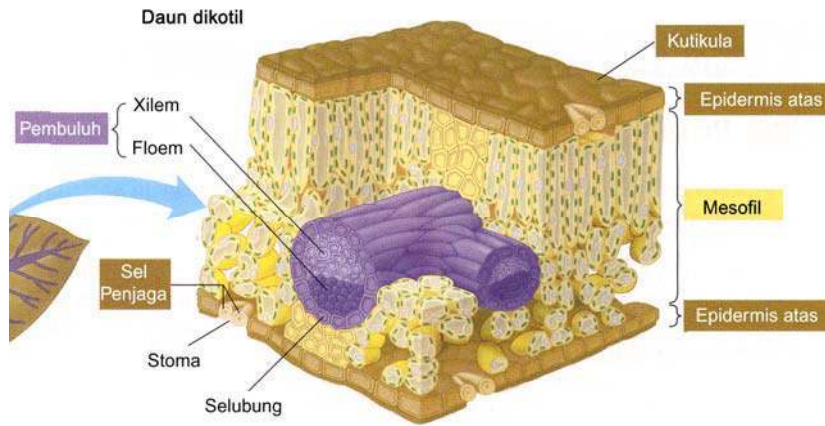
Pada jaringan ini terjadi pembentukan sel-sel baru (aktif membelah). Jaringan meristem terdapat pada titik tumbuh, misalnya pada ujung akar, ujung batang, maupun kambium. Jaringan yang terdapat di ujung akar dan ujung batang disebut meristem ujung (*apical meristem*), yang terdapat di antara xilem dan floem disebut *kambium pembuluh* dan yang menggantikan fungsi epidermis sebagai jaringan protektif disebut jaringan gabus, disebut juga *periderm* seperti Gambar 8.3 .berikut.



Gambar 8.3. Jaringan meristem pada akar (Campbell, 2006).

b. Jaringan epidermis

Jaringan epidermis merupakan lapisan terluar dari organ tumbuhan, umumnya terdiri dari selapis sel hidup dan tersusun rapat, berbentuk pipih, kubus, prisma, atau berlekuk- lekuk (Gambar 8.4). Jaringan ini berfungsi melindungi jaringan yang terletak di dalamnya dari kerusakan fisik atau infeksi *patogen*. Pada organ yang mengalami pertumbuhan sekunder fungsi perlindungan digantikan oleh jaringan gabus, yang terbentuk kemudian. Pada daun atau batang beberapa tumbuhan, sel-sel epidermisnya menghasilkan senyawa lilin yang disebut kutikula (apa fungsi kutikula?).



Gambar 8.4. Jaringan epidermis daun dikotil (Campbell, 2006)..

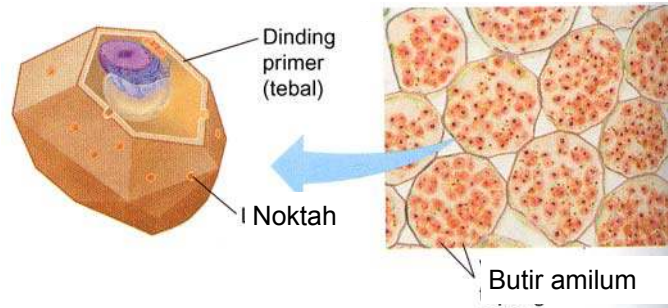


Sumber: Botany, 1979

Gambar 8.5. Epidermis permukaan daun *Zea mays*.

c. Jaringan parenkim

Jaringan parenkim merupakan jaringan dasar, terdiri atas sel-sel hidup, mempunyai dinding yang tipis (Gambar 8.6), umumnya berbentuk poligonal. Pada daun dijumpai sel parenkim yang mengandung kloroplas yang disebut klorenkima, berperan penting dalam proses fotosintesis. Dijumpai pula sel-sel parenkim tanpa kloroplas pada umbi, buah, biji, yang berfungsi sebagai tempat cadangan makanan. Sel parenkim memiliki vakuola besar, dapat mengandung pati, minyak, kristal, serta beragam hasil sekresi sel lainnya. Sel parenkim dewasa dapat membelah dan berdiferensiasi menjadi tipe sel lainnya. Kemampuan sel parenkim memperbanyak diri sangat penting untuk memperbaiki jaringan yang rusak, misalnya pada saat tumbuhan terluka.



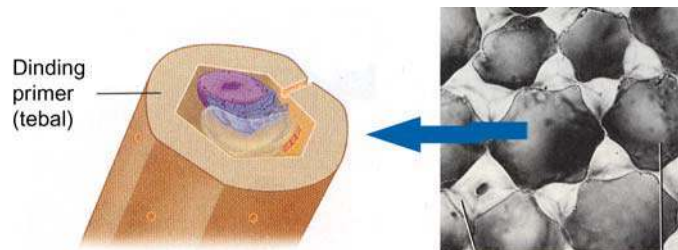
Gambar 8.6. Sel parenkim (Campbell, 2006).

d. Jaringan penyokong/penguat

Jaringan penyokong berfungsi agar dapat mengokohkan berdirinya tubuh tumbuhan. Jaringan ini terbagi dua tipe, yaitu *kolenkim* (sel hidup, penebalan dinding selulosa pada sudut-sudut sel, pektin), berperan mengokohkan batang muda yang belum berkayu, dan *sklerenkim* (sel mati, dinding tebal dan mengeras, lignin). Ada dua tipe sklerenkim yaitu sklereid (sel batu, bentuk bulat, pada tempurung kelapa) dan serat (bentuk panjang dan kedua ujung meruncing, terdapat pada permukaan batang kelapa).

* Jaringan kolenkim

Seperti halnya jaringan parenkim, sel-sel kolenkim tersusun dari sel-sel hidup, tetapi dinding sel mengalami penebalan yang tidak merata sehingga dapat menghasilkan berbagai tipe kolenkim, seperti kolenkim sudut dan kolenkim bidang. Fungsinya sebagai jaringan penunjang organ-organ muda (Gambar 8.7).



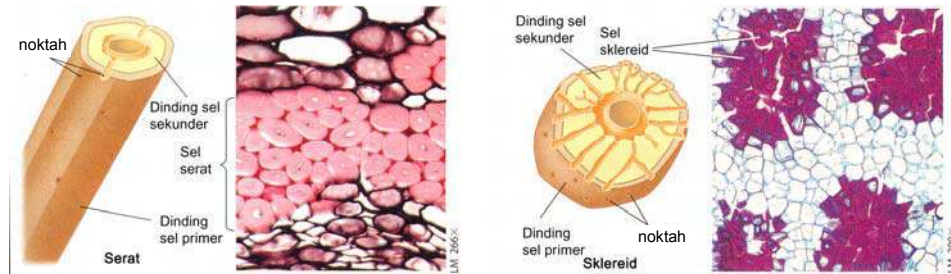
Sumber: Biology of Plants 5th edition, 1992

Gambar 8.7. Sel kolenkim.

* Jaringan sklerenkim

Berbeda dengan kolenkim, jaringan sklerenkim tersusun dari sel-sel yang berdinding tebal dan protoplasmanya mati atau tidak aktif, mengandung lignin (zat kayu). Adanya lignin menyebabkan dinding sel menjadi kaku dan keras. Jaringan sklerenkim yang dewasa

terdapat di daerah yang pertumbuhan memanjangnya sudah berhenti. Terdapat dua tipe jaringan sklerenkim yakni *serat* dengan sel-sel panjang dan ramping dengan ujung meruncing serta *sklereid* dengan sel-sel pendek agak membulat (Gambar 8.8). Beberapa spesies tumbuhan mempunyai serat bernilai ekonomi tinggi, misalnya serat manila sebagai bahan dasar tali. Sel sklereid berdinding tebal dan sangat keras, dijumpai sebagai penyusun kulit kacang dan kulit biji (dapatkah kalian mencari contoh serat dan sklereid lainnya?).



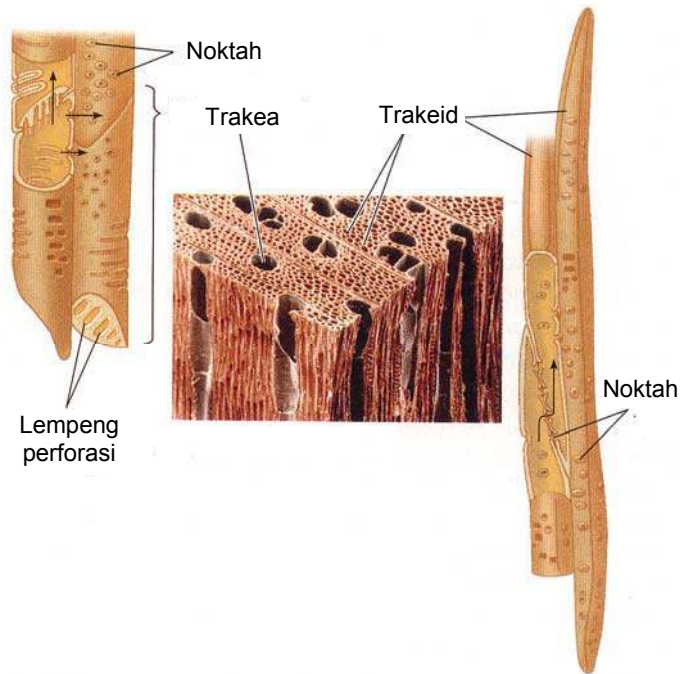
Gambar 8.8. Sel sklerenkim, serat (kiri) dan sklereid (kanan) (Campbell, 2006).

e. Jaringan pengangkut

Jaringan pengangkut, jaringan pertama adalah *xilem* (pembuluh kayu: sel mati, dinding berlignin), tersusun atas trakea, trakeid, serat, dan parenkim xilem, berfungsi mengangkut air dan garam mineral dari akar ke daun. Jaringan kedua ialah *floem* (pembuluh tapis dengan sel pengiring = *companion cell*), berfungsi sebagai pengangkut hasil asimilasi dari daun ke seluruh organ tubuh yang lain. Floem tersusun atas: pembuluh tapis, sel tapis, serat floem, parenkim floem serta sel pengiring.

Jaringan xilem

Xilem merupakan jaringan kompleks yang berfungsi sebagai jaringan pengangkut air dan garam mineral dari akar ke daun. Sel-sel jaringan tersebut panjang-panjang menyerupai serat. Berdasarkan sifat hubungan sel-selnya, dikenal dua macam xilem, yaitu *trakea* dan *trakeid* (Gambar 8.9). Dikatakan trakea, jika dinding batas di antara sel-sel penyusunnya telah hilang dan yang lain. terdapat *lempeng perforasi*. Dikatakan trakeid, jika batas di antara sel – sel penyusunnya tampak berlubang – lubang yang disebut noktah (*pit*). Pada umumnya, dinding – dinding samping juga bernoktah.

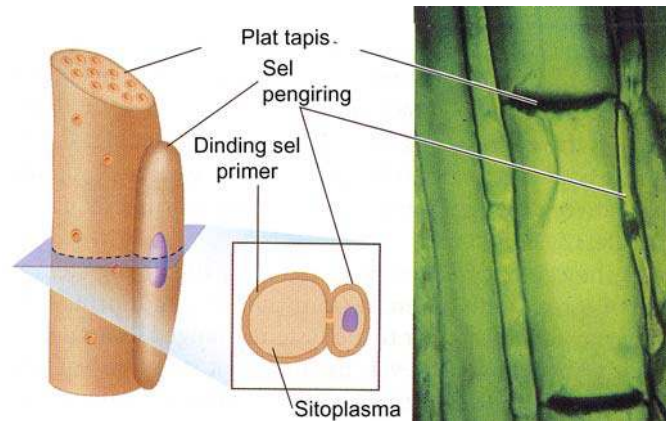


Gambar 8.9. Jaringan xilem (Campbell, 2006).

Jaringan floem

Jaringan floem termasuk jaringan kompleks dan berfungsi sebagai jaringan pengangkut. Berbeda dengan xilem, zat yang diangkut umumnya senyawa organik hasil fotosintesis yang terjadi di daun. Floem terdiri dari pembuluh tapis, sel tapis, parenkim, serat dan sel pengirim (Gambar 8.10). Komponen pembuluh tersusun dari sel-sel panjang yang ujung-ujungnya menyatu sehingga membentuk pembuluh. Dinding batas kedua sel berlubang-lubang seperti tapisan, melalui lubang-lubang tersebut protoplasma kedua sel dapat berhubungan secara langsung.

Komponen pembuluh tapis (*floem*) merupakan sel-sel yang hidup. Suatu keistimewaan dari bagian tersebut adalah bahwa nukleusnya hilang setelah sel dewasa sehingga sel-sel komponen pembuluh tapis berhubungan dengan satu atau beberapa sel pengiring, di antara keduanya dihubungkan oleh sejumlah plasmodesmata. Sel pengiring sangat erat hubungannya dengan pembuluh tapis, apabila pembuluh tapis mati, maka sel pengiring akan mati (kenapa demikian?), keduanya terbentuk dari sel induk yang sama.



Gambar 8.10. Jaringan floem(Campbell, 2006).

Komponen pembuluh tapis (*floem*) merupakan sel-sel yang hidup. Suatu keistimewaan dari bagian tersebut adalah bahwa nukleusnya hilang setelah sel dewasa sehingga sel-sel komponen pembuluh tapis berhubungan dengan satu atau beberapa sel pengiring, di antara keduanya dihubungkan oleh sejumlah plasmodesmata. Sel pengiring sangat erat hubungannya dengan pembuluh tapis, apabila pembuluh tapis mati, maka sel pengiring akan mati (kenapa demikian?), keduanya terbentuk dari sel induk yang sama.

Jaringan xilem dan floem membentuk satu kesatuan fisiologis. Pada umumnya, xilem dan floem berdekatan letaknya dan dapat dengan mudah dibedakan dari bagian yang lain. Kedua jaringan kompleks tersebut membentuk *jaringan pengangkut*.

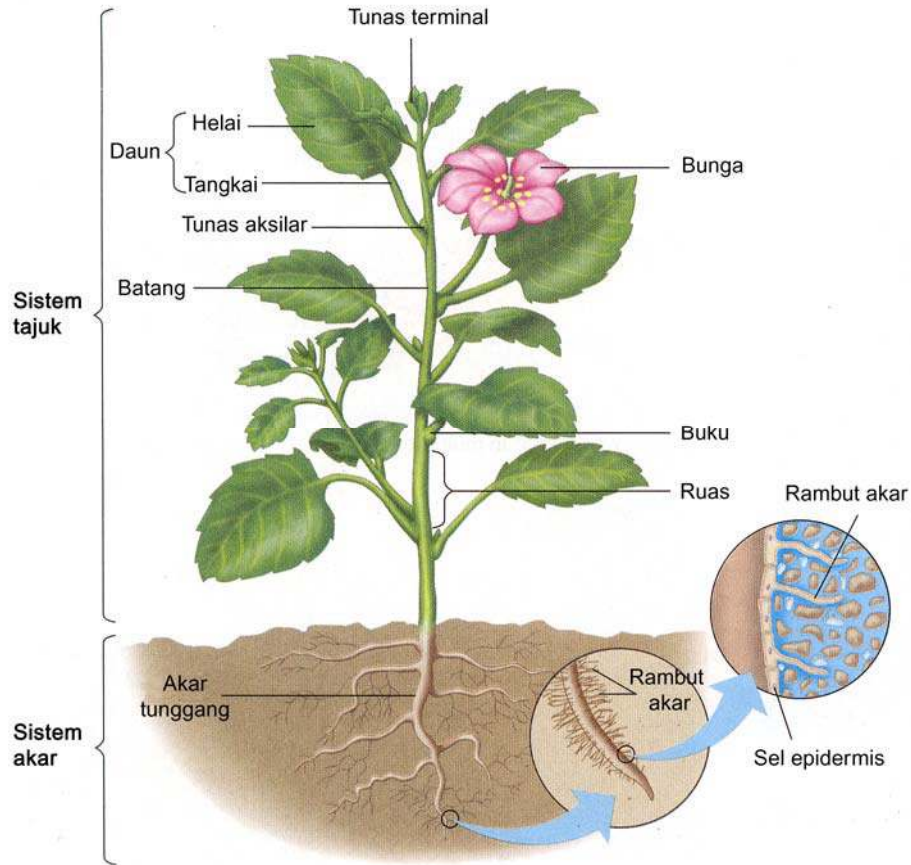
f. Jaringan periderm (jaringan gabus)

Jaringan gabus (periderm) terdiri atas sel-sel gabus yang dihasilkan oleh kambium gabus (felogen), berfungsi menutupi akar, batang dan cabang dari gangguan fisik, menggantikan fungsi epidermis sebagai pelindung. Jaringan gabus terdapat pada tumbuhan dikotil.

8.2. Organ tumbuhan

Tubuh tumbuhan terdiri dari akar dan tajuk yang dihubungkan secara kontinyu oleh jaringan pembuluh. Perhatikan Gambar 8.11! Akar berfungsi sebagai penopang berdirinya tumbuhan, pengabsorpsi air dan mineral, serta tempat menyimpan cadangan makanan. Tajuk terdiri dari batang dan daun, serta bunga (bunga merupakan adaptasi untuk reproduksi tumbuhan angiospermae). Batang adalah bagian tumbuhan yang terdapat di atas tanah, mendukung daun-daun dan bunga. Pada pohon, batang meliputi batang pokok dan semua

cabang-cabang, termasuk ranting-ranting yang kecil. Batang mempunyai buku sebagai tempat melekatnya daun, juga mempunyai ruas yang terdapat di antara dua buku. Daun merupakan tempat utama berlangsungnya proses fotosintesis, terdiri dari helai daun yang melebar (lamina) dan tangkai daun (petiol) yang menghubungkan helai daun dengan batang. Pada ujung batang terdapat tunas yang belum berkembang, disebut tunas ujung (tunas apikal). Pada ketiak daun terdapat tunas lateral yang nantinya dapat tumbuh membentuk cabang atau bunga.



Gambar 8.11. Tubuh tumbuhan (dikotil) (Campbell, 2006).

8.3. Sistem jaringan penyusun tubuh tumbuhan

Akar, batang, dan daun tersusun atas tiga sistem jaringan, yaitu epidermis, sistem berkas pembuluh, dan sistem jaringan dasar.

Epidermis berfungsi melindungi akar, batang, dan daun yang masih muda dari kerusakan fisik atau infeksi patogen. Ditemukan senyawa lilin, disebut kutikula, berfungsi untuk melindungi tumbuhan dari proses kehilangan air (pada tumbuhan yang hidup di habitat kering, bagaimana lapisan kutikulanya?). Sistem jaringan pembuluh (xilem&floem) berperan dalam transport air dan garam mineral serta hasil fotosintesis. Sistem jaringan dasar, mengisi daerah di antara sistem epidermis dan sistem pembuluh, memiliki fungsi sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis, tempat cadangan makanan, sebagai penguat atau penyokong tubuh tumbuhan, terutama tersusun dari parenkim, tetapi terdapat juga kolenkim dan sklerenkim.

A. Struktur akar tumbuhan dikotil dan monokotil

Akar tumbuhan tersusun dari berbagai macam jaringan, berkembang dari jaringan meristem yang terdapat di ujung akar. Letak jaringan tersebut tidak tepat di ujung, melainkan sedikit agak ke belakang dari bagian ujung. Letak yang demikian memungkinkan akar membentuk sel-sel baru untuk memperpanjang sumbu akar dan sel-sel yang akan menjadi *tudung akar*. Bagian tersebut berfungsi sebagai organ yang melindungi bagian meristem, melumasi akar untuk mengurangi gesekan antara ujung akar dan partikel tanah, serta mengatur pertumbuhan bagian-bagian akar yang lain.

Di belakang tudung akar, sepanjang lebih kurang 1 cm terdapat bagian akar dengan permukaan yang halus. Daerah itu dikenal sebagai *daerah perpanjangan*. Sel-sel hasil pembelahan jaringan meristem tumbuh dengan cepat dan menghasilkan perpanjangan akar. Satu atau beberapa sentimeter dari titik tempat perpanjangan berhenti terdapat rambut-rambut halus yang menutupi permukaan akar. Bagian itu disebut *rambut akar*. Di belakang daerah rambut akar merupakan tempat timbulnya *akar lateral*.

Susunan akar tumbuhan dikotil

Untuk memperoleh Gambaran yang baik tentang struktur akar dikotil dapat dipelajari irisan melintang akar primer dewasa. Preparat tersebut dapat diperoleh dari bagian daerah rambut akar atau bagian yang lebih tua. Perhatikan Gambar di atas! Pada umumnya, akar tumbuhan dikotil tersusun dari lapisan penutup luar (*epidermis*), kulit (*korteks*), dan silinder pusat (*stele*) (Gambar 8.12).

a. Epidermis

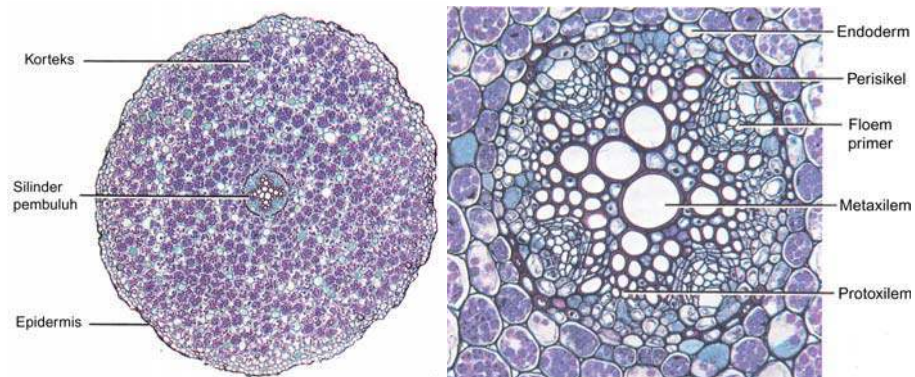
Epidermis tersusun dari selapis selapis yang tersusun rapat, menutupi permukaan akar. Air dan unsur garam (mineral) diserap oleh akar dari tanah melalui sel-sel epidermis. Beberapa sel epidermis tumbuh menjulur membentuk rambut akar. Keberadaan

rambut-rambut akar akan memperluas bidang permukaan sehingga penyerapan menjadi lebih efektif.

b. Korteks

Di sebelah dalam epidermis, terdapat sistem jaringan dasar yang membentuk korteks akar, parenkim sebagai komponen utamanya. Sel-sel parenkim korteks susunannya longgar sehingga membentuk ruang-ruang antar sel. Cadangan makanan berupa pati biasanya ditimbun pada korteks akar.

Satu atau beberapa lapisan sel korteks di bawah epidermis memiliki dinding sel yang dilapisi *suberin*, sejenis karbohidrat yang menyebabkan bagian tersebut tampak berbeda dengan bagian korteks yang lain. Bagian korteks itu disebut *eksodermis*. Lapisan sel-sel korteks yang paling dalam tersusun rapat tanpa ruang antarsel dan terdiri atas sel-sel berbentuk kotak. Lapisan sel itu disebut *endodermis*. Sel-sel endodermis mengalami penebalan suberin pada dinding-dinding radial dan vertikalnya sehingga membentuk semacam pita. Pita itu disebut *pita Caspary*, sesuai dengan nama penemunya, Caspary. Pita Caspary memiliki fungsi penting sebagai penghalang masuknya air serta mineral terlarut melalui jalur ekstraseluler, menentukan jenis-jenis mineral apa saja yang dapat memasuki xilem akar. Beberapa sel endodermis tetap berdinding tipis, disebut sel peresap (apa fungsi sel peresap?).



Sumber: Biology of Plants 5th edition, 1992
Gambar 8.12. Penampang melintang akar dikotil.

c. Stele

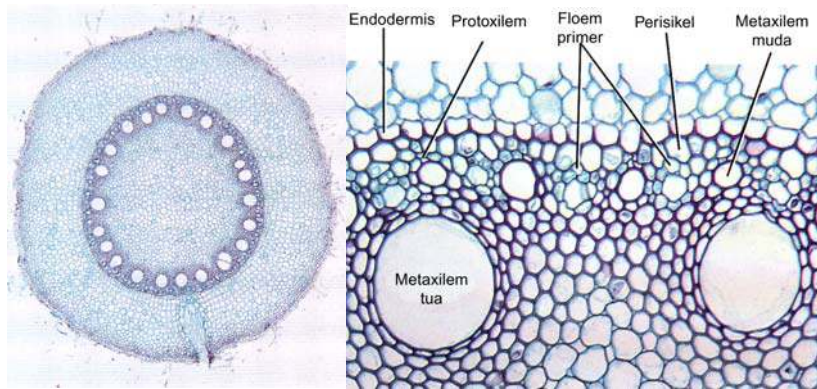
Silinder pusat tersusun dari perisikel dan ikatan pembuluh. Perisikel terdapat di sebelah dalam endodermis. Perisikel tersusun dari sel-sel parenkim. Pada bagian inilah tumbuh akar lateral. Ikatan pembuluh tersusun dari xilem dan floem yang berselang-seling pada bidang radial. Dalam penampang melintang tampak xilem

mengelompok di tengah dan membentuk Gambaran seperti bintang. Floem tampak sebagai jalur-jalur di antara lengan-lengan bintang xilem. Antara xilem dan floem dipisahkan oleh sederetan parenkim yang dikenal sebagai *parenkim penghubung*.

Susunan akar tumbuhan monokotil

Pada dasarnya, susunan jaringan pada akar tumbuhan monokotil adalah sama dengan akar tumbuhan dikotil. Beberapa perbedaan yang tampak, antara lain:

- a. *Endodermis* sering membentuk dinding sekunder tebal sehingga mudah dikenali pada penampang melintang akar (Gambar 8.13). Pertumbuhan xilem tidak berbentuk bintang, melainkan terpisah satu sama lainnya. Ditengah silinder pembuluh terbentuk empulur yang berisi sel-sel parenkim.



Sumber: Biology of Plants 5th edition, 1992

Gambar 8.13. Penampang melintang akar monokotil (*Zea mays*).

B. Struktur batang tumbuhan dikotil dan monokotil

Batang merupakan suatu organ tumbuhan yang tersusun dari berbagai macam jaringan. Untuk memperoleh Gambaran yang baik tentang struktur batang, pelajarilah struktur batang tumbuhan jarak pagar (*Jatropha curcas*) sebagai contoh tumbuhan dikotil dan batang jagung (*Zea mays*) sebagai contoh tumbuhan monokotil.

Susunan batang tumbuhan dikotil

Bagian terluar batang dikotil berupa selapis sel-sel yang tersusun rapat dan tertutup kutikula. Lapisan sel itu disebut *epidermis*. Pada beberapa tempat jaringan tersebut robek dan membentuk lubang yang disebut lentisel.

Di sebelah dalam lentisel terdapat ruang udara yang berhubungan langsung dengan sistem ruang udara antar sel parenkim. Di sebelah

dalam epidemis terdapat korteks yang dapat dibedakan sebagai berikut:

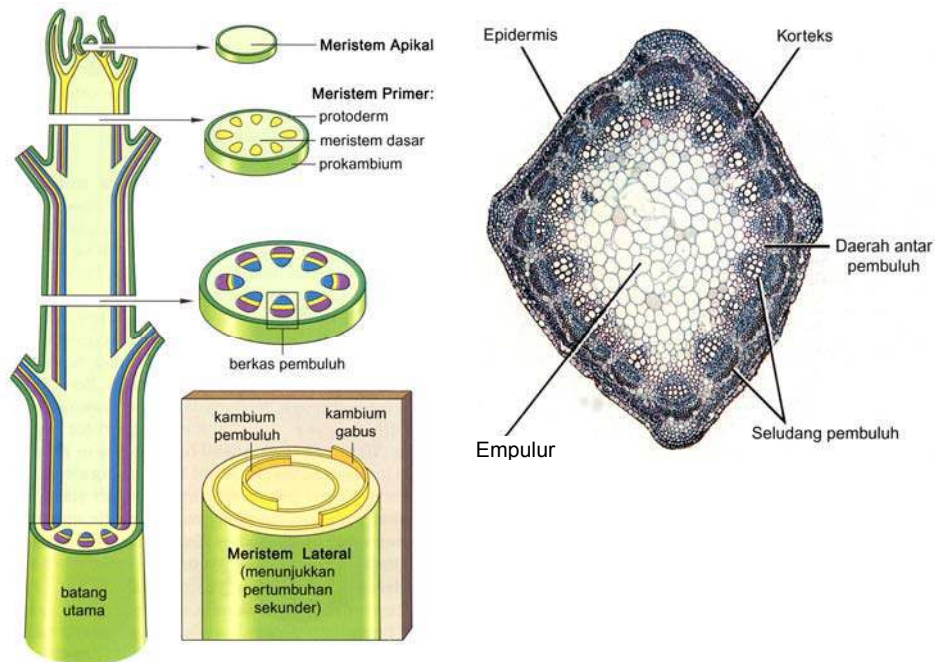
- a. korteks luar, terdiri atas jaringan parenkim dan kolenkim. Pada beberapa tempat bagian tersebut tidak ada, tetapi pada bagian lain tampak selapis sel-sel parenkim yang berhubungan erat dengan kolenkim dan berselang-seling atau saling berdesakan antara keduanya.
- b. Korteks dalam, terdiri atas jaringan parenkim longgar dengan ruang antar sel yang jelas berhubungan dengan ruang udara di bawah lentisel.

Sel-sel kolenkim banyak mengandung klorofil yang memberi warna hijau pada batang, terutama batang yang masih muda. Bagian terdalam korteks sering mengandung banyak pati sehingga mudah dikenali, disebut seludang pati. Dinding radial dan melintang dari bagian tersebut saling menempel erat sehingga tidak dijumpai ruang antar sel yang menghubungkannya dengan bagian lain dari korteks (Gambar 8.14).

Sebelah dalam dari korteks adalah silinder pusat (*stele*). Pada bagian tersebut terdapat ikatan pembuluh dengan susunan yang bervariasi, bergantung pada jenis tumbuhannya.

Pada tumbuhan jarak, ikatan pembuluhnya bertipe kolateral, xilem di dalam dan floem diluar. Diantara xilem dan floem terdapat meristem yang dikenal dengan kambium. Dengan adanya kambium maka batang tumbuhan dikotil dapat melakukan penebalan sekunder. Akibat pertumbuhan tersebut maka struktur batang dikotil dewasa berbeda dengan struktur batang yang muda.

Bagian paling dalam merupakan bagian pusat yang tersusun dari jaringan parenkim yang susunannya longgar. Bagian itu disebut empulur. Pada beberapa jenis tumbuhan, perpanjangan batang (pertumbuhan primer) menyebabkan robeknya empulur, sehingga empulur tersebut berlubang.



Gambar 8.14. Susunan batang utama tumbuhan dikotil dengan penebalan sekunder (Cecie, 1996).

Susunan batang tumbuhan monokotil

Pada bagian terluar batang tumbuhan monokotil terdapat epidermis dengan stomata. Di bawah epidermis, terdapat satu atau beberapa lapis sel-sel serat yang menyusun korteks. Bagian itu tidak dapat dibedakan secara jelas dengan bagian empulur. Selain itu, ikatan pembuluh pada tumbuhan monokotil tersebar dalam empulur. Jumlah ikatan pembuluh dapat mencapai 200 buah dengan susunan kolateral. Pada penampang melintang batang, xilem tersusun menyerupai huruf V atau Y dan floem terletak pada lengan V atau Y. Pada dasar V atau Y terdapat bagian yang kosong, disebut rongga protoxilem. Bagian itu terbentuk akibat proses pertumbuhan memanjang dari batang sehingga xilem yang terbentuk lebih awal akan robek dan meninggalkan lubang.

Setiap ikatan pembuluh dikelilingi seludang berkas yang umumnya tebal, terutama pada ikatan pembuluh perifer (perifer = tepi). Pada beberapa tumbuhan monokotil, ikatan pembuluh tersebut tebal dan rapat sehingga seludang berkasnya hampir membentuk silinder yang sempurna, berhubungan dengan lapisan serat tipis di bawah epidermis. Pada beberapa tumbuhan monokotil yang berbentuk pohon terdapat pita perifer parenkim di luar daerah penyebaran ikatan pembuluh. Pada daerah korteks inilah terdapat

kambium sehingga batang tumbuhan tersebut mampu melakukan pertumbuhan menebal sekunder.

C. Struktur daun tumbuhan dikotil dan monokotil

Susunan daun tumbuhan dikotil

Epidermis menutupi permukaan atas dan permukaan bawah daun yang dilanjutkan dengan epidermis batang. Pada beberapa jenis tumbuhan dikotil, misalnya oleander (*Nerium oleander*) mempunyai epidermis atas yang berlapis-lapis. Akan tetapi, ciri khas epidermis hanya lapisan terluarnya saja dan lapisan-lapisan sel di bawahnya berfungsi menampung air. Adanya lapisan lemak (*kutin*) pada sel-sel epidermis menimbulkan terbentuknya lapisan nonseluler yang tebal, yang disebut lapisan kutikula. Lapisan tersebut dapat mempertahankan kekakuan daun, selain melindungi daun dari penguapan yang berlebihan.

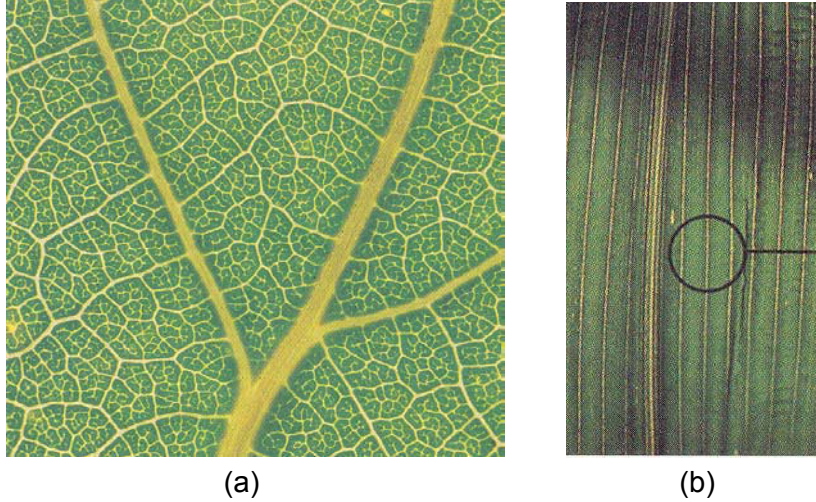
Mesofil merupakan daerah utama untuk berlangsungnya proses fotosintesis. Bagian tersebut tersusun dari jaringan parenkim longgar dan berklorofil. Umumnya dibedakan atas dua bagian, yaitu jaringan tiang (*palisade*) dan jaringan bunga karang (*spons*).

Jaringan tiang umumnya terdiri atas selapis sel, tetapi pada beberapa tumbuhan dikotil seperti bunga soka (*Ixora* sp.) memiliki beberapa lapis sel. Pada umumnya, jaringan tiang terdapat pada permukaan atas daun, seperti pada daun *Nerium oleander*, tetapi ada kalanya jaringan tersebut ditemukan pada kedua permukaan daun, seperti pada daun kayu putih (*Eucalyptus* sp.). Posisi jaringan tiang adalah tegak lurus dengan permukaan daun dan sel-sel penyusunnya penuh dengan kloroplas. Tidak ada bagian lain dari tubuh tumbuhan yang mengandung kloroplas sebanyak yang terdapat pada sel-sel jaringan tersebut.

Lapisan bunga karang terdiri atas sel-sel yang tersusun lepas, umumnya bercabang tidak beraturan dan saling berhubungan di ujung-ujung percabangan. Dengan susunan demikian menimbulkan gambaran seperti bunga karang dengan sistem rongga antarsel yang intensif. Kloroplas yang dikandung tidak sebanyak yang terdapat pada sel-sel jaringan tiang.

Sistem pembuluh pada daun membentuk sistem percabangan jala yang kompleks pada bagian mesofil, tepatnya pada tempat-tempat pertemuan antara jaringan tiang dengan jaringan bunga karang. Masuknya jalur yang lebih besar menyebabkan mesofil menonjol keluar, terutama di permukaan bawah membentuk *venasi daun*

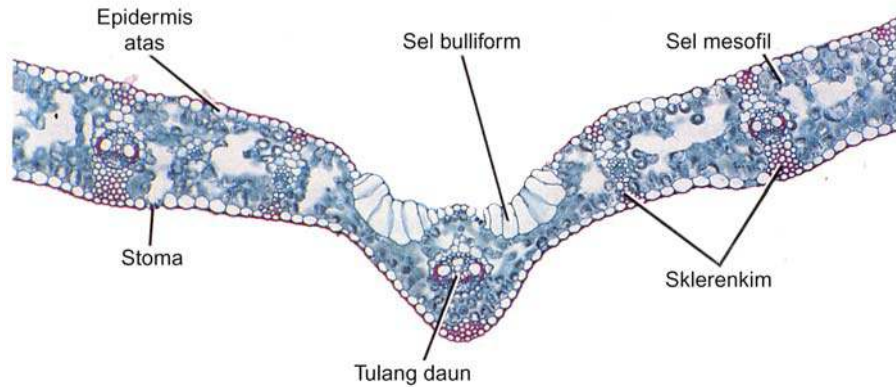
(pertulangan daun). Pada kebanyakan dikotil, venasi daun membentuk *pertulangan menjala* (Gambar 8.15).



Gambar 8.15. Pola venasi daun: a. menjala, b. sejajar.

Susunan daun tumbuhan monokotil

Pada umumnya, daun tumbuhan monokotil tersusun dari satu lapis sel yang terdapat di permukaan bawah daun. Pada tempat-tempat tertentu di temukan stomata. Selain itu, pada daun tumbuhan monokotil khususnya *Graminae* (rumput-rumputan) terdapat sekumpulan sel-sel epidemis yang susunannya seperti kipas, disebut sel *bulliform* (Gambar 8.16).



Sumber: Biology of Plants 5th edition tahun 1992
Gambar 8.16. Penampang melintang daun monokotil.

Kelompok sel-sel ini tidak mempunyai lapisan kutikula sehingga dindingnya tipis. Sel-sel itulah yang berperan dalam penggulungan daun tumbuhan monokotil pada waktu udara kering. Dapatkah kalian menerangkannya? Diskusikanlah dengan teman atau kelompok

belajarmu. Jika tidak memperoleh jawaban yang pasti, dapat ditanyakan kepada guru biologimu!

Jaringan mesofil pada tumbuhan monokotil tidak berkembang sempurna seperti pada tumbuhan dikotil. Pada kebanyakan tumbuhan monokotil, venasi membentuk pertulangan sejajar. Pertulangan daun terpecah pada dasar daun atau sepanjang ibu tulang daun dan akhirnya bertemu lagi di ujung daun.

8.4. Transportasi pada tumbuhan

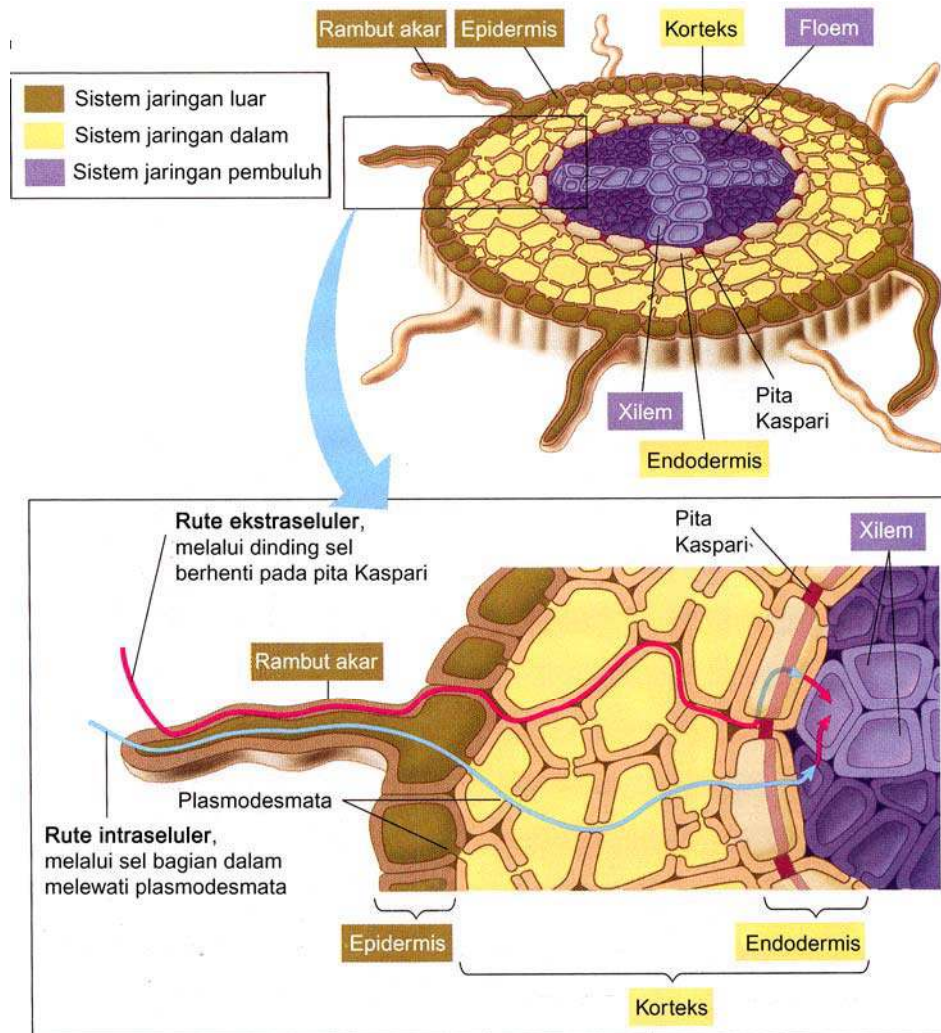
Tumbuhan dapat membuat makanan sendiri melalui suatu proses yang disebut proses fotosintesis. Salah satu komponen alam yang dibutuhkan tumbuhan untuk proses tersebut adalah air. Air diperoleh tumbuhan dari dalam tanah. Melalui mekanisme tertentu air tersebut sampai ke daun, tempat biasanya berlangsung fotosintesis. Dapatkah kalian menerangkan mekanisme yang dimaksud?

Tumbuhan tingkat tinggi memerlukan air, karbondioksida, garam-garam mineral dan oksigen yang diambil dari lingkungan untuk fotosintesis. Pada tumbuhan tingkat tinggi, gas diangkut melalui proses difusi, tetapi air, garam-garam mineral, dan senyawa hasil fotosintesis diangkut melalui jaringan pembuluh atau jaringan vaskuler (Gambar 8.17 dan 8.18).

Pembuluh-pembuluh pengangkut berkelompok membentuk berkas ikatan pembuluh atau berkas pembuluh yang meluas ke seluruh organ tubuh, misalnya akar, batang, daun, dan bunga sehingga transportasi tumbuhan dapat berlangsung dengan cepat dan efisien.

Penyerapan zat-zat hara

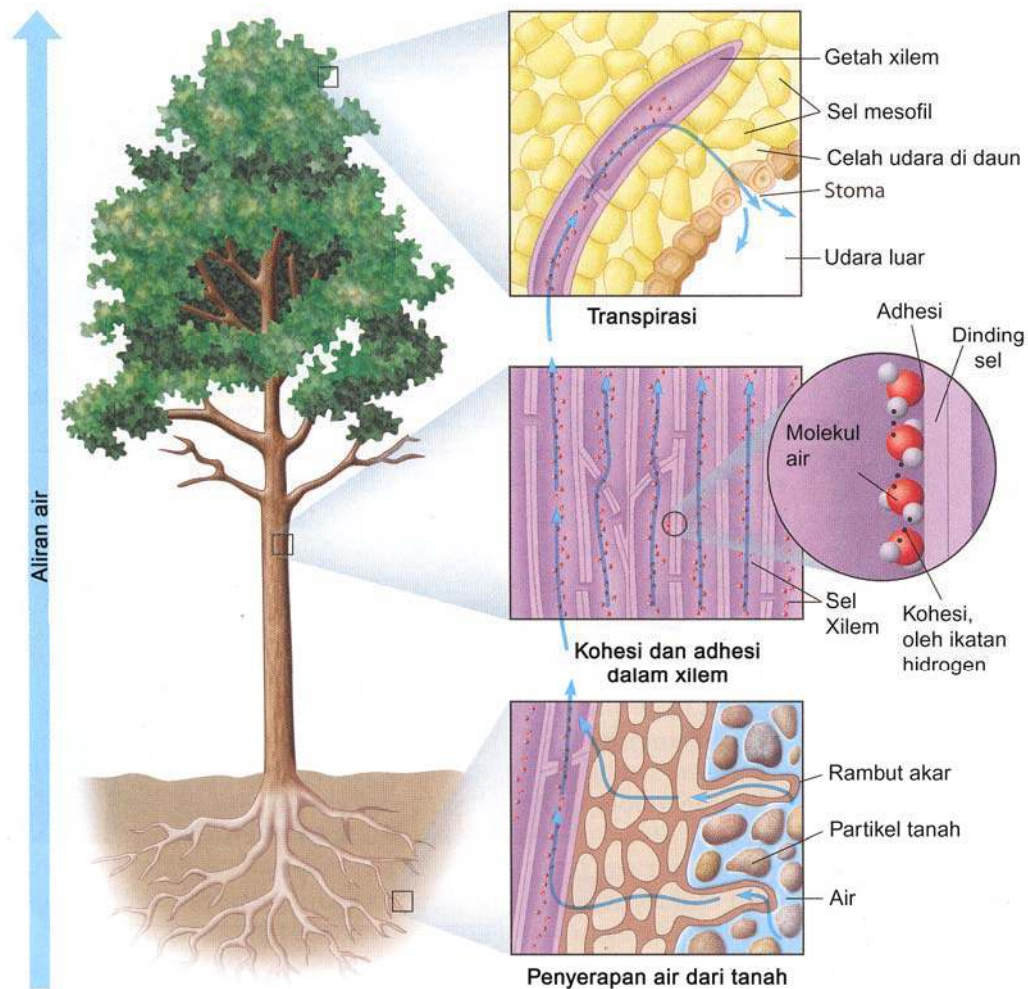
Protista, fungi dan tumbuhan yang hidup di dalam air, seluruh permukaan tubuhnya bersentuhan dengan air sehingga air dapat langsung menyerap zat-zat yang diperlukan, baik berupa ion maupun gas. Tumbuhan yang hidup di darat mengambil zat-zat yang diperlukan dari lingkungannya, seperti air, garam mineral, karbon dioksida, dan oksigen melalui alat-alat khusus. Untuk pengambilan air dan garam mineral yang terlarut, dilakukan oleh rambut-rambut akar dan akar yang masih muda dengan dinding yang belum bergabus.



Gambar 8.17. Rute horizontal pengangkutan air dan garam mineral dari akar ke daun (Campbell, 2006).

Pengambilan zat-zat berupa gas dilakukan melalui alat khusus yaitu stomata. Stomata adalah celah yang dibatasi oleh dua sel penutup. Pada tumbuhan darat (terrestrial) stomata banyak ditemukan pada permukaan daun sebelah bawah (sisi abaksial) sedangkan pada tumbuhan air (akuatik) banyak ditemukan pada permukaan daun sebelah atas (sisi adaksial).

Pada tumbuhan yang hidup di dalam air maupun yang di darat, proses pengambilan zat-zat yang diperlukan dilakukan melalui proses kimia dan biologi, yaitu imbibisi, difusi, osmosis dan transport aktif.



Gambar: 8.18. Rute vertikal pengangkutan air dan garam mineral dari akar ke daun (Campbell, 2006).

1. Imbibisi

Imbibisi berasal dari bahasa latin, imbibire, yang berarti minum. Dalam hubungannya dengan pengambilan zat oleh tumbuhan imbibisi berarti kemampuan dinding sel dan plasma sel untuk menyerap air dari luar sel. Air yang terserap disebut air imbibisi. Pada peristiwa tersebut, molekul-molekul air terikat di antara molekul-molekul dinding sel atau plasma sel. Akibatnya plasma sel mengembang. Benda yang dapat mengadakan imbibisi dibedakan menjadi dua golongan berikut.

- Benda yang pada waktu imbibisi mengembang dengan terbatas, artinya setelah mencapai volume tertentu tidak dapat

memembang lagi. Misalnya, kacang tanah yang direndam air akan mengembang sampai volume tertentu.

- b. Benda yang pada waktu imbibisi mengembang dengan tidak terbatas, artinya bagian-bagian yang menyusunnya akhirnya terlepas dan bercampur air menjadi koloid dalam fase sol. Misalnya roti yang direndam air akan mengembang dan akhirnya hancur dan larut dalam air tersebut.

2. Difusi

Difusi adalah pergerakan molekul-molekul zat dari daerah berkonsentrasi lebih tinggi (hipertonis) ke daerah berkonsentrasi lebih rendah (hipotonis). Misalnya, setetes tinta dimasukkan ke dalam gelas yang berisi air maka warna biru akan menyebar ke seluruh penjuru dan akhirnya warna biru merata ke seluruh air dalam gelas.

3. Osmosis

Osmosis adalah perpindahan molekul-molekul air dari larutan berkonsentrasi rendah ke daerah berkonsentrasi tinggi atau dari daerah yang konsentrasi molekul-molekulnya airnya tinggi ke daerah yang konsentrasi molekul-molekul airnya rendah melalui selaput yang hanya dilalui oleh molekul air dan zat tertentu saja (*selaput semipermiabel*).

Permukaan air di dalam pipa corong naik disebabkan molekul-molekul air yang berpindah dari gelas kimia dan masuk ke dalam corong lebih tinggi dari pada di luar corong, sedangkan molekul-molekul gula tidak dapat keluar. Berdasarkan dapat tidaknya selaput dilalui oleh molekul zat, selaput dibedakan menjadi tiga macam, yaitu sebagai berikut:

- a. *Selaput permiabel*, yaitu selaput yang dapat dilalui oleh molekul air dan zat yang larut di dalamnya.
- b. *Selaput semipermiabel*, yaitu selaput yang dapat dilalui molekul-molekul air dan zat tertentu saja sehingga disebut juga selaput permiabel selektif.
- c. *Selaput impermiabel*, yaitu selaput yang tidak dapat ditembus oleh air maupun zat yang terlarut.

Sel tumbuhan memiliki ketiga macam selaput tersebut. Dinding sel yang berlapis gabus merupakan selaput impermiabel, sedangkan yang hanya mengandung selulosa bersifat permiabel. Di sebelah dalam dinding sel terdapat membran sel, pada sel hidup

bersifat semipermeabel atau permeabel selektif. Fungsi selaput tersebut mengatur pertukaran zat yang masuk dan keluar sel. Oleh karena itu, permeabilitasnya dapat berubah-ubah. Misalnya rambut akar juga dapat berubah.

Seorang ahli bernama Pfeffer berhasil membuat selaput semipermeabel dengan mencampur $K_4Fe(CN)_6$ dengan $CuSO_4$ di dalam sebuah pot tanah yang berpori. Endapan $Cu_2 Fe(CN)_6$ yang terbentuk pada dinding sebelah dalam pot merupakan selaput semipermeabel, sedangkan dinding pot tanah itu sendiri bersifat permeabel. Alat itu dikenal sebagai Pfeffer dan jika dihubungkan dengan manometer terbuka merupakan alat yang dapat mengukur tekanan osmosis suatu larutan dibandingkan dengan air. Alat itu dikenal sebagai *Osmometer dari Pfeffer*.

Sel Pfeffer diisi dengan larutan gula yang diukur tekanan osmosisnya kemudian dimasukkan dalam bejana yang berisi air. Konsentrasi larutan gula lebih besar dari pada air. Oleh sebab itu, larutan tersebut mempunyai kemampuan untuk menyerap air yang ada di sekitarnya. Besarnya tekanan yang ditimbulkan oleh daya isap larutan gula dapat dibaca pada manometer. Tekanan tersebut dinamakan tekanan osmosis. Suatu larutan yang mempunyai tekanan osmosis lebih besar daripada larutan lain disebut isotonis atau isosmostis. Sel-sel tumbuhan dapat digambarkan seperti keadaan sel Pfeffer, yaitu mempunyai daya isap dan tekanan osmosis yang dapat berubah-ubah. Pada waktu sel menyerap air, dinding sel akan mengembang dan mengalami kenaikan tekanan. Keadaan tegang yang timbul antara dinding sel dan isi sel karena sel menyerap air disebut *turgor*. Sel yang mempunyai tekanan turgor tertentu disebut *turgesen*. Tekanan isi sel pada dinding sel disebut tekanan turgor yang besarnya sama dengan tekanan dinding sel pada isi sel. Sel yang mempunyai turgesen mempunyai kekuatan tertentu. Jaringan yang terdiri atas sel-sel yang turgesen mempunyai kekuatan tertentu, disebut tegangan jaringan.

Tumbuhan yang kehilangan air, misalnya karena proses penguapan, akan kehilangan tegangan jaringan (layu). Jika sel berada pada larutan hipertonis terhadap cairan sel maka air akan keluar sel. Jika konsentrasi larutan di luar sel cukup tinggi maka sel akan kehilangan turgor, dinding sel tidak dapat mengerut lagi sehingga protoplasma akan lepas dari dinding sel. Peristiwa ini disebut *plasmolisis*.

4. Transport aktif

Proses difusi dan osmosis yang telah dibahas adalah proses fisika, yaitu molekul-molekul atau ion-ion bergerak dari daerah yang

berkonsentrasi tinggi ke daerah yang berkonsentrasi rendah. Dalam proses biologi dapat terjadi sebaliknya, yaitu molekul-molekul atau ion-ion bergerak dari daerah yang berkonsentrasi rendah ke daerah yang berkonsentrasi tinggi. Pengangkutan zat seperti di atas memerlukan energi yang disebut transport aktif.

Proses transport aktif dapat berhenti jika berada pada suhu rendah (misalnya, 2-4⁰C), ada racun atau kehabisan energi. Bagaimanakah proses transpor aktif berlangsung? Salah satu hipotesis menyatakan bahwa dalam selaput plasma terdapat carrier yang dapat mengantar molekul-molekul atau ion-ion di permukaan luar selaput plasma ke permukaan dalam selaput plasma. Setelah itu, carrier kembali ke permukaan luar dan mengulangi pekerjaannya.

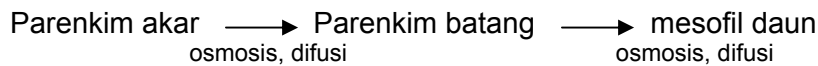
Proses transpor aktif memerlukan energi yang didapat dari pemecahan ATP menjadi ADP atau ADP menjadi AMP. Selaput plasma tidak hanya mengontrol zat-zat yang masuk ke dalam sel, tetapi juga yang keluar sel. Misalnya, banyak sel yang menimbun kalium (K⁺), tetapi membuang natrium (Na⁺). Perlu diingat pula bahwa selaput plasma dapat melalukan suatu zat tertentu, tetapi tidak dapat bagi zat-zat lain. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa selaput plasma bukan pelindung sel yang pasif, melainkan batas antara isi sel dengan lingkungannya yang dinamis.

Pengangkutan air dan garam-garam mineral oleh tumbuhan

Air dan garam-garam mineral diserap oleh tumbuhan kemudian diangkut ke seluruh bagian tubuh tumbuhan, terutama ke daun. Pada tumbuhan transportasi berlangsung dengan dua cara, yaitu :

1. Pengangkutan ekstravaskuler

Pengangkutan ekstravaskuler adalah pengangkutan air dan garam mineral di luar berkas pembuluh, berlangsung dari sel ke sel secara horizontal. Pengangkutan tersebut mulai dari rambut akar pada epidermis, parenkim korteks, endodermis, perisikel lalu ke pembuluh kayu. Proses pengangkutan dari epidermis ke sel-sel korteks berlangsung secara difusi dan osmosis. Begitu pula setelah sampai di daun. Di dalam daun, air keluar dari pembuluh kayu masuk ke dalam sel-sel mesofil. Reaksinya adalah:



Dari hasil penelitian, nilai osmosis sel-sel korteks makin ke dalam makin tinggi. Dengan demikian, air dengan mudah mengalir dari luar ke dalam secara osmosis. Setelah sampai di endodermis, terjadi pengaturan pemasukan air karena dinding radial endodermis

mengalami penebalan dari gabus sehingga terbentuk lapisan gabus yang disebut pita Caspary. Oleh sebab itu, pemasukan air hanya melalui dinding transversal saja. Nilai osmosis sel endodermis ternyata lebih rendah daripada nilai osmosis sel korteks di sebelah luarnya. Meskipun demikian, endodermis dapat mendorong air masuk ke pusat silinder. Menurut Ursprung Nilai Osmosis Sel-sel Akar Kacang Babi (*Vicia faba*) dapat dilihat pada tabel 8.1 dibawah ini.

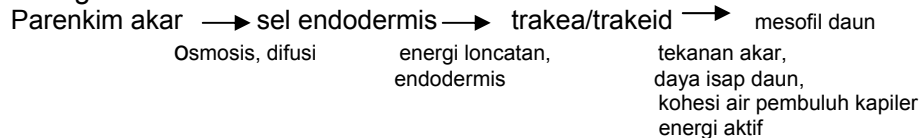
Tabel 8.1. Nilai osmosis beberapa sel

Sel yang diukur	Nilai Osmosis (atm)
Epidermis	0.1
Lapis korteks 1	1.4
Lapis korteks 2	1.5
Lapis korteks 3	2.1
Lapis korteks 4	2.8
Lapis korteks 5	3.0
Endodermis	1.7
Perisikel	0.8

2. Pengangkutan vaskuler

Pengangkutan vaskuler adalah pengangkutan air dan garam-garam mineral melalui pembuluh pengangkut. Pengangkutan tersebut melalui pembuluh xilem dari akar ke batang, terus sampai ke daun. Pada beberapa tumbuhan, jarak pengangkutan tersebut cukup jauh. Misalnya, pada pohon *Eucalyptus regnaus* di Victoria dan Tasmania, serta *Sequoia gigantea* di California, tingginya dapat mencapai 100 meter.

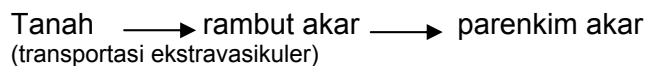
Meski demikian, ujung-ujung pohon tetap mendapat air yang cukup dari akar. Untuk itu, diperlukan tenaga untuk pengangkutan. Transportasi vaskuler hanya ada pada Tracheophyta, dengan alur sebagai berikut:



Transportasi zat anorganik vaskuler

Transportasi zat anorganik vaskuler diangkut melalui trakea dan trakeid yang terdapat pada xilem. Zat anorganik ini dapat mengalir di sepanjang pembuluh karena adanya: tekanan akar, daya isap daun, kohesi air dalam pembuluh kapiler dan terjadi secara aktif.

Zat anorganik yang dapat ditransportasikan mulai dari akar sampai mesofil daun dengan jalur sebagai berikut:



Imbisi, osmosis, difusi aktif → osmosis + difusi (transportasi vaskuler)

Pada mesofil daun sebagian air dikeluarkan supaya sel di atas selalu hipertonis terhadap sel yang ada di bawahnya, hingga transportasi dapat tetap berlangsung. Dari dalam daun, air dapat dikeluarkan dalam bentuk :

Uap air, prosesnya disebut *transpirasi*, apabila uap air itu keluar melalui stomata. Sedangkan *evaporasi* terjadi apabila uap air itu keluar melalui epidermis daun.

Tetes air, prosesnya disebut *gutasi*, dimana air akan keluar melalui gutatoda = emisarium dengan energi tekanan akar. Gutasi terjadi pada saat udara lembab.

Transportasi zat organik

Karbohidrat hasil fotosintesis pada waktu siang hari disimpan sementara dalam bentuk amilum, malam hari diubah kembali menjadi glukosa lalu ditransportasikan ke seluruh tubuh. Beberapa tenaga pengangkutan air dipengaruhi oleh faktor berikut ini yaitu: tekanan akar, daya isap daun, daya kapilaritas, dan pengaruh sel-sel yang hidup.

a. Tekanan akar

Adanya tekanan akar dapat diamati dengan memotong batang tanaman pisang kemudian bagian tengahnya dilubangi. Setelah satu hari maka akan terlihat air keluar dari permukaan potongan. Keluarnya air akibat adanya tekanan yang mendorong air ke atas disebut tekanan akar. Adanya tekanan akar dapat pula diamati pada tandan bunga enau atau kelapa yang dilukai sehingga keluar air gula yang dapat dibuat gula kelapa atau aren. Besarnya tekanan akar dapat diukur, rata-rata sekitar 0.7-2 atm (tabel 8.2).

Tabel 8.2. Tekanan Akar beberapa Jenis Tanaman

Jenis tanaman	Tanaman akar (cmHg)
<i>Petuna hibrida</i>	0.7
<i>Morus alba</i>	1.2
<i>Ricinus communis</i>	33.4
<i>Urtica dioica</i>	46.2
<i>Vitis vinivera</i>	90-100
<i>Betula alba</i>	139
<i>Schirrolobium exelsum</i>	600

b. Daya isap daun

Daya isap daun terjadi sebagai akibat penguapan air di permukaan daun. Besarnya penguapan air bergantung pada luas permukaan daun. Makin luas permukaan daun makin besar daya isap daun. Pohon yang besar dengan jumlah daun yang banyak menyebabkan daya isap daun lebih besar dibandingkan pohon yang kecil dan daunnya sedikit. Daya isap daun mampu menaikkan air setinggi 100 meter, jauh lebih besar dibandingkan tekanan akar yang hanya mampu menaikkan air setinggi 18 meter (tabel 8.3).

Tabel 8.3. Daya isap daun pada *Hedera helix*

Jarak yang ditempuh	Daya Isap Daun (atm)
2,5 meter di atas tanah	4.2
0.35 meter di atas tanah	2.1
Akar tua di dalam tanah	2.1

c. Daya kapilaritas

Pembuluh-pembuluh kayu merupakan pipa-pipa yang sangat kecil sehingga merupakan pipa kapiler. Pipa kapiler yang diameternya 10 mikron, dapat menaikkan air sampai setinggi 3 meter. Hal itu menyebabkan air naik dalam pembuluh kayu dari akar sampai ke daun. Bagi tumbuhan yang tinggi, daya kapilaritas tidak cukup untuk menaikkan air sampai ke daun.

d. Pengaruh sel-sel yang hidup

Pembuluh-pembuluh kayu tersusun dari sel-sel yang mati, sekat di antara sel-selnya telah lenyap sehingga merupakan saluran untuk jalannya air dari akar ke ujung batang. Perjalanan di dalam pembuluh akan menentang gaya berat maupun gesekan dinding sel, tetapi pengangkutan air dapat terlaksana karena adanya sel-sel hidup, misalnya sel-sel parenkim dan sel jejari empulur.

a. Kecepatan pengangkutan air

Dari hasil percobaan, kecepatan pengangkutan pada berbagai macam tumbuhan tidak sama. Kecepatan pengangkutan dipengaruhi oleh beberapa faktor, sebagai berikut:

1. Faktor luar, banyaknya air dalam tanah (Tabel 8.4), suhu, angin, dan kelembaban udara.
2. Faktor dalam, banyaknya pembuluh kayu dan keaktifan sel-sel dalam akar, batang, dan daun.

Tabel 8.4. Kecepatan Pengangkutan air pada beberapa tumbuhan

Tanaman	Kecepatan pengangkutan air (cm/jam)
Jagung	36
Bunga matahari	63
Pisang	100
Tembakau	118
Labu	600

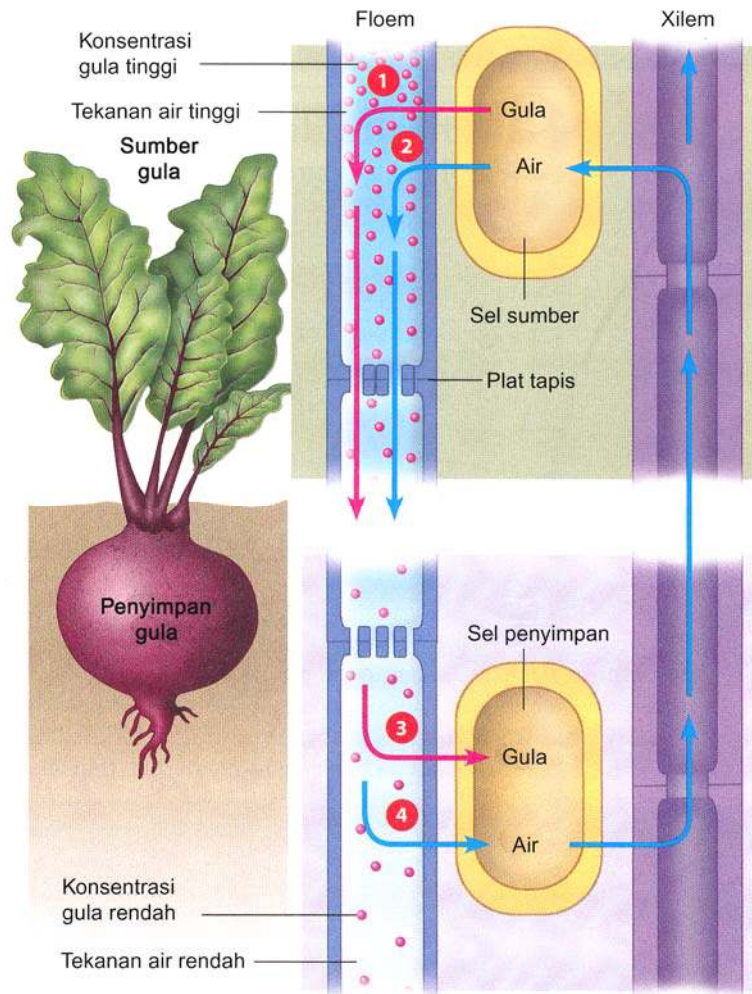
b. Pengangkutan hasil fotosintesis

Zat organik sebagai hasil fotosintesis yang di bentuk di dalam daun dan diangkut ke seluruh bagian tubuh yang memerlukan. Supaya zat-zat tersebut dapat diangkut, zat tersebut akan diuraikan terlebih dahulu oleh enzim menjadi zat yang dapat larut dan dapat keluar dari sel sampai ke ujung pembuluh tapis (floem) (Gambar 8.19).

Kemudian, zat-zat tersebut diangkut melalui pembuluh tapis ke seluruh bagian tubuh tumbuhan. Proses pengangkutan bahan organik pada pembuluh tapis disebut translokasi. Arah pengangkutannya dari atas ke bawah. Kecepatannya beberapa ratus kali kecepatan difusi. Misalnya, pada tumbuhan berkisar antara 0.5-1 meter per jam. Bagaimana mekanisme pengangkutan zat organik tersebut?

Ada beberapa pendapat mengenai pergerakan bahan organik di dalam floem, yaitu sebagai berikut:

1. Beberapa ahli fisiologi berpendapat bahwa suatu aliran materi (*mass flow*) di dalam floem terjadi sebagai akibat adanya tekanan turgor yang lebih tinggi pada ujung pembuluh tapis yang mengandung timbunan bahan cadangan gula yang dihasilkan oleh daun yang secara aktif disekresikan atau di pompa ke dalam pembuluh tapis oleh sel-sel parenkim sekelilingnya.



Gambar 8.19. Rute pengangkutan hasil fotosintesis (fotosintat).
(Campbell, 2006).

2. Para ahli fisiologi lain menyatakan bahwa aliran sitoplasma memegang peranan penting dalam pengangkutan bahan dari satu sel ke sel yang lain dengan bantuan difusi melalui *plasmodesmata*, yaitu benang-benang sitoplasma yang menghubungkan sel yang berdampingan.

3. Pendapat lain adalah proses pengangkutan disebabkan ada difusi aktif, yaitu aktivitas metabolisme dari sel hidup untuk mempercepat proses difusi.

Pendapat di atas ada benarnya dan ada pula kelemahannya karena belum ada bukti yang memuaskan. Namun demikian, hampir semua penemuan pada translokasi dianggap sebagai keterangan yang dapat diterima, meskipun masih perlu penelitian dan keterangan yang lebih lanjut.

Peristiwa translokasi dapat kita amati pada peristiwa mencangkok, yaitu dengan menyayat batang pada bagian floemnya, xilem dibiarkan utuh. Setelah beberapa lama akan terjadi penggembungan pada bagian yang di sayat karena ada timbunan bahan organik. Bagian bekas luka yang menggembung disebut *kalus*. Pada batang atau akar tumbuhan dikotil, jika mengalami luka maka akan ada usaha untuk memperbaiki bagian tersebut dengan pembentukan kalus dan dengan bantuan hormon luka atau kambium luka (*asam traumalin*). Translokasi dapat pula diamati pada pengeluaran getah pada proses penyadapan.

Pengeluaran oleh zat tumbuhan

Tumbuhan tidak hanya mengambil atau menyerap zat dari lingkungannya, tetapi juga mengeluarkan zat kembali ke lingkungannya yang disebut pengeluaran zat (*eliminasi*). Zat yang dikeluarkan pada eliminasi dapat dibedakan ke dalam tiga kelompok, yaitu:

1. Zat yang dikeluarkan sama dengan ketika diserap, misalnya air yang dikeluarkan pada peristiwa penguapan dan penetasan air.
2. Zat yang dikeluarkan sebagai hasil fotosintesis, misalnya madu yang dikeluarkan oleh kelenjar madu.
3. Zat yang dikeluarkan sebagai hasil proses pembakaran. Misalnya CO_2 dan H_2O dari proses pernapasan.

1. Transpirasi

Transpirasi adalah pengeluaran air tumbuhan yang berbentuk uap air ke udara bebas. Besarnya penguapan dipengaruhi oleh faktor-faktor yakni suhu udara, luas daun, jumlah daun, jumlah stomata, tekanan udara, dan kelembaban. Transpirasi daun dibedakan sebagai berikut:

- a. *Transpirasi kutikula*, yaitu penguapan melalui permukaan daun dengan menembus epidermis dan kutikula.

- b. *Transpirasi substomata*, yaitu penguapan melalui stoma dalam keadaan tertutup.
- c. *Transpirasi stomata*, yaitu penguapan melalui stoma.

2. Penetasan (Gutasi)

Gutasi adalah peristiwa pengeluaran air dalam bentuk tetes-tetes air melalui celah-celah yang terdapat pada tepi daun, disebut *hidatoda* atau *gutatoda* atau *emisarium*. Hal itu terjadi jika udara jenuh uap air tetapi penyerapan oleh akar sangat intensif.

3. Perdarahan

Perdarahan adalah pengeluaran zat oleh tumbuhan ke lingkungannya melalui luka atau hal-hal lainnya yang tidak wajar. Misalnya, penyadapan pohon karet, dan pohon aren.

8.5. Pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan

Untuk mempertahankan jenisnya, tumbuhan, hewan, dan manusia melakukan perkembangbiakan. Tumbuhan dapat menghasilkan spora atau biji sebagai alat pembiakan. Biji akan tumbuh menjadi tanaman baru yang kecil dan terus tumbuh menjadi besar sampai menjadi dewasa.

Pertumbuhan dan perkembangan merupakan dua hal yang selalu menandai suatu kehidupan. Namun, pertumbuhan dan perkembangan tidak terjadi begitu saja. Ada banyak faktor yang mempengaruhi kedua kegiatan hidup tersebut. Faktor apa sajakah yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup?

Demikian juga hewan dan manusia menghasilkan sel telur yang akan dibuahi oleh sperma (spermatozoa) kemudian tumbuh menjadi zigot, embrio, lahir sebagai bayi, dan tumbuh menjadi dewasa. Bertambah besar dan tingginya badan tubuh hewan atau manusia disebabkan bertambah banyaknya sel, masa dari sel itu, maupun jenis sel-sel penyusun organ-organ yang dimiliki oleh hewan atau manusia itu. Sebuah sel yang disebut zigot akan membelah lalu mengalami diferensiasi menjadi berbagai jenis sel yang menyusun jaringan-jaringan tubuh makhluk hidup.

Perubahan yang terjadi pada tubuh tumbuhan, hewan, dan manusia meliputi perubahan secara kualitatif maupun kuantitatif yang disebut *pertumbuhan* dan *perkembangan*.

Pertumbuhan adalah peristiwa pertambahan volume yang mencakup pertambahan jumlah sel, volume sel, jenis sel, maupun

substansi yang terdapat di dalam sel dan bersifat *irreversible* (tak dapat kembali).

Perkembangan adalah suatu proses yang berjalan sejajar dengan pertumbuhan. Perkembangan dapat diartikan sebagai suatu proses menuju tercapainya kedewasaan, tidak dapat dinyatakan dengan ukuran-ukuran.

Jaringan meristem pada tumbuhan terdiri atas:

1. Titik tumbuh :

Terjadinya pada ujung akar dan ujung batang, menyebabkan tumbuhan meninggi atau memanjang, disebut pertumbuhan primer.

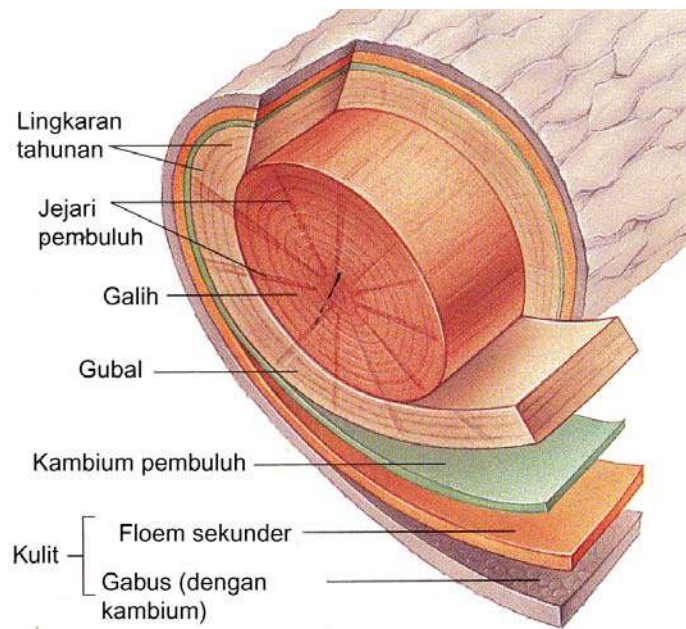
Ada dua Teori titik tumbuh yaitu:

a. Teori Histogen dikemukakan oleh **Hanstein**. Titik tumbuh terdiri dari : - *Dermatogen*, yang akan menjadi epidermis
- *Periblem*, yang akan menjadi korteks
- *Plerom*, yang akan menjadi silinder pusat.

b. Teori Tunika Korpus dikemukakan oleh **Schmidt**. Titik tumbuh terdiri dari : - *Tunika*, yang memperluas titik tumbuh.
- *Korpus*, yang menjadi jaringan-jaringan.

2. Kambium pembuluh (antara xilem dan floem).

Pada akar dan batang Dikotil dan Gymnospermae. Pada Monokotil hanya terdapat pada batang tumbuhan tertentu misalnya Agave dan Peomele. Kambium ini ke arah luar membentuk floem sekunder, ke arah dalam membentuk xilem sekunder dan ke arah samping tumbuh membentuk jaringan meristematis baru sehingga memperluas kambium. Kambium pembuluh menyebabkan pertumbuhan melebar, disebut pertumbuhan sekunder. Jaringan yang tidak bertambah pada pertumbuhan sekunder adalah jaringan epidermis. Aktivitas kambium pembuluh menyebabkan terbentuknya lingkaran tahun, yaitu xilem yang dibentuk oleh kambium dari satu musim ke musim yang sama pada tahun berikutnya, dimana xilem yang dibentuk selama musim hujan mempunyai pembuluh yang lebar sedangkan yang dibentuk selama musim kemarau berpembuluh banyak tetapi diameter pembuluhnya sempit. Hal inilah yang menyebabkan terbentuknya lingkaran-lingkaran konsentris pada batang yang disebut lingkaran tahun (Gambar 8.20). Bila ada pohon yang telah ditebang, dapatkah kalian menentukan umur pohon tersebut dengan mengamati penampang melintangnya?



Gambar 8.20. Anatomi batang pohon(Campbell, 1997).

3. Kambium gabus (felogen).

Kambium ini terbentuk pada permukaan luar organ tumbuhan yang epidermisnya pecah akibat pertumbuhan sekunder. Kambium ini ke arah luar membentuk sel gabus (felem) pengganti epidermis yang pecah untuk menutupi permukaan. Karena sel gabus tidak dapat ditembus udara, maka antar sel gabus terdapat celah/lubang untuk masuknya udara yang disebut *lenti sel*. Kambium gabus ke arah dalam membuat sel feloderm yang hidup, karena itu kambium gabus disebut kambium felogen.

4. Perisikel (perikambium)

Jaringan yang membentuk cabang-cabang akar maupun batang. Pada akar terletak pada permukaan silinder pusat (eksogen) dan pada batang sebelah dalam silinder pusat (endogen).

5. Parenkim batang beberapa Monokotil ada yang bersifat meristematis, seperti parenkim batang pohon palem raja.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan:

- 1. Faktor intraseluler** : faktor intraseluler yang mempengaruhi pertumbuhan adalah gen (= faktor hereditas)
- 2. Faktor interseluler** : hormon.

Tumbuhan bertambah tinggi dan besar karena kegiatan titik tumbuh primer (pada ujung akar dan batang) yang menyebabkan

bertambah tingginya tumbuhan dan kegiatan titik tumbuh sekunder (kambium) yang menyebabkan bertambah besarnya tumbuhan.

Pertumbuhan pada tumbuhan dimulai dengan pembelahan sel, pemanjangan dan diferensiasi sel yang terjadi pada daerah titik tumbuh. Ujung batang dan ujung akar tumbuhan merupakan titik tumbuh primer, sedangkan kambium merupakan daerah titik tumbuh sekunder. Kecepatan pertumbuhan ujung batang dan akar di tiap-tiap bagian tidak sama. Hal itu disebabkan pada daerah titik tumbuh terdapat tiga daerah pertumbuhan dan perkembangan, yaitu:

- a. *daerah pembelahan*, terletak paling ujung,
- b. *daerah pemanjangan*, terletak di bawah daerah pembelahan,
- c. *daerah diferensiasi*, merupakan daerah yang sel-selnya telah mengalami spesifikasi dan terletak paling belakang pada daerah titik tumbuh.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh 2 faktor, yaitu faktor intraseluler (hereditas/gen) dan faktor interseluler yaitu makanan (nutrisi), gen, lingkungan, dan zat tubuh (hormon).

a. Nutrisi (makanan)

Tumbuhan yang diberi pupuk akan tumbuh lebih baik dan lebih cepat dibandingkan dengan tumbuhan yang tidak diberi pupuk. Hal itu membuktikan zat makanan (pupuk) mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan (Gambar 8.21)

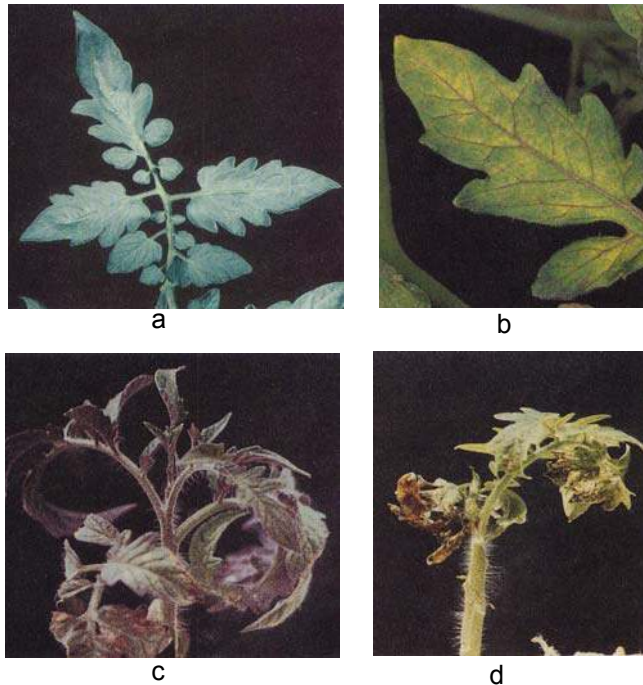


Gambar 8.21. Perbedaan pertumbuhan pada tanaman jagung. Tanaman yang tercukupi unsur nitrogennya (kiri), defisiensi unsur nitrogen (kanan) (Campbell, 2006).

Pengaruh pemberian nutrisi pada tumbuhan juga dapat dilihat pada penanaman dengan cara hidroponik. Medium tanaman diberi larutan nutrisi yang sesuai dengan jenis tanaman yang ditanam, akan membuat tanaman tumbuh, berkembang, dan bertambah besar. Contoh nutrisi yang diperlukan tumbuhan dapat dilihat Tabel 8.5. berikut ini.

Tabel 8.5. Nutrisi yang dibutuhkan tumbuhan

Unsur	Bentuk digunakan tumbuhan	Fungsi
Mikro Oksigen Karbon Hidrogen Nitrogen Kalium Kalsium Magnesium Fosfor Sulfur	O_2, H_2O CO_2 H_2O $NO_3^- \cdot NH_4^+$ K^+ Ca^{2+} Mg^{2+} $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , SO_4^{2-}	Pembentuk zat organik Pembentuk zat organik Pembentuk zat organik Pembentuk asam inti Bentuk protein, osmosis, membuka/menutup stomata Stabilitas dinding sel Komponen klorofil, aktivasi enzim Komponen asam inti, ATP, koenzim Komponen protein dan koenzim
Makro Klor Besi Boron Mangan Seng Tembaga Molibdenum	Cl^- Fe^{3+}, Fe^{2+} H_3BO_3 Mn^{2+} Zn^{2+} Cu^+, Cu^{2+} Mo^{4-}	Aktivasi fotosintesis dan air Aktivasi enzim Transportasi KH & asam inti Pembentukan asam amino Pembentukan klorofil & enzim Enzim reduksi oksidasi Pengikatan nitrogen



Gambar 8.22. Kondisi daun. (a) daun normal, (b) defisiensi nitrogen, (c) defisiensi fosfat, (d) defisiensi potasium (Campbell, 2006).

b. Gen

Gen adalah faktor pembawa sifat yang dimiliki oleh semua jenis makhluk hidup, baik tumbuhan maupun hewan. Kalau kita mengambil dua kelompok biji kacang, kelompok yang pertama bijinya besar-besar, sedangkan kelompok yang ke dua bijinya kecil-kecil, keduanya lalu ditanam pada kondisi tanah yang sama maka biji kacang yang besar-besar diharapkan akan tumbuh lebih baik daripada biji kacang yang kecil-kecil. Hal ini disebabkan karena faktor pembawa sifat yang terkandung dalam biji kacang yang besar berbeda dengan yang dikandung oleh biji kacang yang kecil.

c. Lingkungan

Lingkungan yang berada di sekitar tumbuhan dapat berupa suhu, cahaya atau sinar, air dan kelembaban.

1). Suhu

Tumbuhan dapat tumbuh baik jika berada dalam suhu yang optimum. Tumbuhan di daerah tropis mempunyai suhu optimum antara 22-27 °C. Suhu terendah yang memungkinkan tumbuhan masih dapat hidup disebut *suhu minimum*, sedangkan *suhu maksimum* merupakan suhu tertinggi yang memungkinkan tumbuhan

masih dapat hidup. Suhu minimum maupun suhu maksimum dari berbagai jenis tumbuhan berbeda-beda. Pada tumbuhan tropis, suhu minimumnya sekitar 10⁰C, sedangkan tumbuhan yang hidup di daerah dingin mempunyai suhu minimum sekitar 5⁰C.

2). Cahaya

Pada tumbuhan hijau, cahaya memang sangat diperlukan untuk keperluan fotosintesis, tetapi terhadap pertumbuhan, cahaya bersifat menghambat. Mengapa demikian?

Sebenarnya pada daerah pertumbuhan terdapat zat tumbuh yang disebut auksin. Auksin berfungsi merangsang pembelahan sel untuk memperpanjang tubuh tumbuhan. Jika terkena sinar matahari, auksin akan terurai atau berubah menjadi zat lain sehingga di daerah pertumbuhan tidak ada yang mempengaruhi untuk pembelahan sel-selnya, akibatnya pertumbuhan terhambat.

Sebagai bukti adalah jika ada dua macam kecambah (tanaman muda), yang satu dibiarkan terkena sinar matahari dan yang lainnya ditutup rapat agar tidak terkena sinar matahari maka tanaman yang tidak terkena sinar matahari atau sedikit menyerap cahaya matahari tidak akan mati akan tetapi tanaman akan menderita *etiolasi*, batangnya lemas karena defisiensi sinar matahari.

3). Air atau kelembaban

Air sangat diperlukan oleh tanaman untuk pertumbuhan. Contohnya:

- a). Jika ada dua tanaman dalam pot, yang satu disiram dengan air dan yang lainnya tidak maka tanaman yang sering disiram akan tumbuh dengan baik. Tetapi perlu diketahui bahwa tanaman memerlukan air hanya pada batas tertentu saja. Pada jenis tanaman tertentu kelebihan air dapat mengakibatkan kematiannya. Coba cari contoh tanaman tersebut!
- b). Biji-bijian jika berkecambah (tumbuh) juga memerlukan air, bahkan ada beberapa tanaman menggunakan air sebagai media pertumbuhan seperti tanaman *Nymphaea* sp (Gambar 8.24). Coba kalian letakkan beberapa biji kedelai pada kapas yang kering. Amatilah apa yang akan terjadi setelah tiga hari? Apakah yang dapat kalian simpulkan dari kegiatan tersebut?



Gambar 8.23. Air sebagai media pertumbuhan.

d. *Zat tumbuh (hormon)*

Ada beberapa zat tumbuh (hormon) pada tumbuhan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan organ-organ tertentu. Zat tumbuh tersebut, antara lain auksin, giberelin, sitokinin, dan kalin.

1). *Auksin*

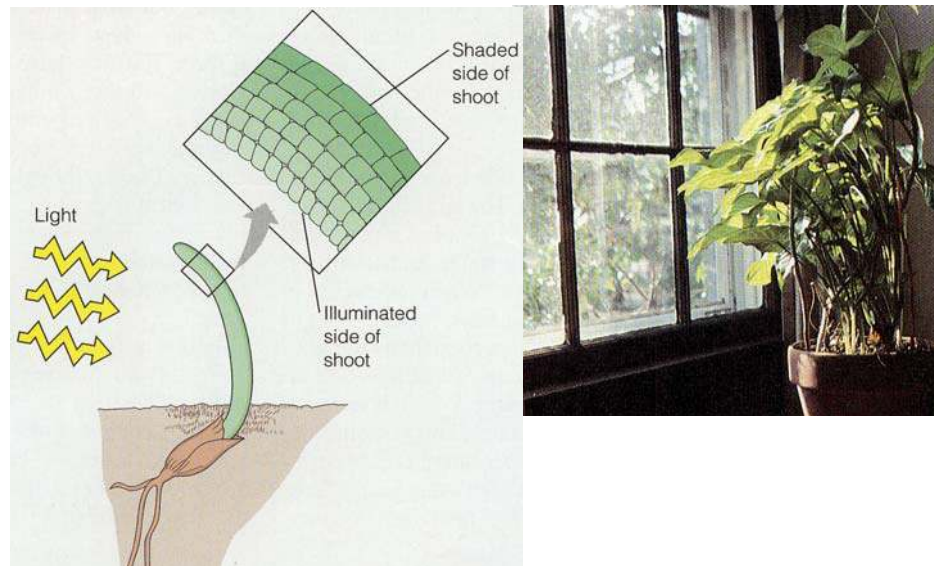
Auksin merupakan senyawa indol asetat maupun turunannya, ditemukan di ujung tumbuhan yang sedang memanjang. Auksin banyak ditemukan pada ujung koleoptil (tudung pembungkus tunas) dari tumbuhan gandum (*Avena sativa*).

Fungsi auksin, yaitu:

- a. merangsang perpanjangan sel.
- b. merangsang titik tumbuh,
- c. merangsang pembentukan buah tanpa adanya penyerbukan yang dinamakan *partenokarpi*. Contohnya: pisang.
- d. membengkokkan batang,
- e. merangsang perkembangan akar lateral dan akar serabut.
- f. merangsang pembelahan kambium pembuluh.
- g. menyebabkan diferensiasi sel menjadi xilem.
- h. meningkatkan perkembangan bunga dan buah.
- i. dominasi apikal (menghambat pertumbuhan kuncup samping/ketiak).

Pembelokan yang terjadi pada pertumbuhan tanaman yang terkena sinar pada satu sisinya, disebabkan karena auksin di bagian yang terkena sinar matahari mengalami penguraian sehingga pertumbuhan pada bagian tersebut terhambat.

Sebaliknya, auksin pada sisi yang tidak terkena sinar tetap bekerja normal. Kecepatan pembelahan yang tidak sama antar kedua sisi tanaman tersebut menyebabkan tanaman membelok ke arah sinar (Gambar 8.24).



Gambar 8.24. Peranan auksin berperan pada fototropisme (Campbell, 2006).

Auksin dengan konsentrasi tinggi merangsang pertumbuhan batang, tapi menghambat pertumbuhan akar. Auksin menjauhi sinar matahari. Hormon auksin yang diisolasi dari tumbuhan adalah Indol Asam Asetat (IAA). Auksin sintetis adalah 2.4 D, dalam konsentrasi tertentu tidak berpengaruh pada golongan Graminae tetapi dapat mematikan tumbuhan lain.

Auksin juga dapat menyebabkan tumbuhan membentuk lapisan absisi yang menyebabkan buah dapat tumbuh sampai masak dan dapat merangsang perkembangan buah tanpa biji (tanpa fertilisasi).

2). *Giberelin*

Giberelin ditemukan pada *Giberella fujikuroi* (sejenis jamur parasit pada tanaman padi). Fungsi giberelin adalah untuk :

- merangsang aktivitas kambium.
- menyebabkan tanaman lebih cepat berbunga.
- memperbesar ukuran buah dan tanaman (Gambar 8.25).
- mempengaruhi perkembangan embrio.
- menghambat pembentukan biji.
- merangsang pembentukan saluran serbuk sari dan pembentukan bunga.

- g. mematahkan dormansi biji dan kuncup samping/aksiler.



Gambar 8.25. Pengaruh giberelin terhadap pertumbuhan buah. (Campbell, 2006).

3). Sitokinin

Sitokinin berfungsi untuk :

- a. merangsang pembelahan sel dengan cepat.
- b. merangsang daerah pucuk untuk tumbuh ke samping.
- c. merangsang pelebaran daun (Gambar 8.26).
- d. memperkecil dominansi apikal.
- e. mengatur pembentukan bunga dan buah.
- f. menunda pengguguran daun, bunga, dan buah dengan meningkatkan transpor makanan ke organ tersebut.



Gambar 8.26. Pengaruh sitokinin terhadap pelebaran daun.

4). Kalin

Tumbuhan juga mempunyai hormon seperti pada hewan yang fungsinya merangsang pertumbuhan dari organ-organ tertentu, disebut *kalin*.

Berdasarkan organ yang dipengaruhi, dibedakan menjadi:

- a. *kaulokalin*, fungsinya merangsang pertumbuhan batang.

- b. *rhizokalin*, fungsinya merangsang pertumbuhan akar (rhizokalin identik dengan vitamin B₁).
- c. *fitokalin*, fungsinya merangsang pertumbuhan daun (folium).
- d. *anthokalin*, fungsinya merangsang pertumbuhan bunga.
- e. *asam traumalin*, fungsinya merangsang pertumbuhan kalus pada batang dikotil yang dilukai.
- f. *Asam absisat*, fungsinya menghambat pertumbuhan bila kondisi buruk sehingga tanaman berada dalam keadaan dorman.

Pemanfaatan zat tumbuh (hormon) dalam bidang pertanian

Dalam bidang pertanian, zat tumbuh (hormon) dapat dimanfaatkan, misalnya untuk merangsang pertumbuhan batang dan akar, perkembangan tanaman, dan kecepatan pembentukan buah. Auksin dihasilkan di dalam daun di tempat terjadinya pertumbuhan. Selain menumbuhkan, auksin juga berperan dalam mengatur tanggapan pertumbuhan mengikuti cahaya dan gaya berat. **Dr.F.W.Went** pernah meneliti pengaruh auksin terhadap pertumbuhan *Avena* (gandum) sehingga menghasilkan gandum yang lebih banyak.

Hormon pada tumbuhan dapat pula berfungsi mengatur gugurnya daun dan buah. Para ilmuwan telah menemukan bahwa penyemprotan auksin pada sisi tertentu tanaman apel dapat mencegah kerontokan buah sebelum waktunya. Penyemprotan zat anti auksin pada tanaman kapas dapat merontokkan daun sehingga mempermudah pemetikan kapas.

8.6. Gerak pada tumbuhan

Gerak pada tumbuhan tingkat tinggi bukan berarti pindah dari satu tempat ke tempat yang lain, akan tetapi sebenarnya berupa pembengkokan bagian tumbuhan akibat pertumbuhan yang tidak seimbang atau akibat turgor jaringan yang tidak sama.

Gerakan pada tumbuhan dapat dibedakan berdasarkan bagian yang bergerak dan faktor-faktor yang mempengaruhi gerakan tersebut. Macam gerak tersebut adalah *gerak higroskopis*, *gerak endonom*, dan *gerak esionom*.

1. Gerak higroskopis

Gerak higroskopis adalah gerak karena perbedaan kadar air yang tidak merata pada bagian tubuh tumbuhan. Gerak tersebut dijumpai pada pecahnya kulit buah polong, membuka dan menutupnya annulus pada sporangium paku, serta membuka dan menutupnya gigi peristom pada sporangium lumut. Jika buah polong, misalnya buah bunga merak (*Caesalpinia pulcherima*) terkena sinar matahari, maka bagian yang kena sinar akan kehilangan air lebih banyak,

mengakibatkan terjadi perbedaan kadar air pada kedua sisi buah polong-polongan tersebut.

Perbedaan kadar air tersebut menyebabkan mengembang dan mengerutnya kulit buah menjadi tidak seimbang. Akibatnya, sisi yang ikatannya kurang kuat akan pecah mendadak. Biji yang ada di dalamnya akan melenting.

2. *Gerak endonom*

Gerak endonom adalah gerak bagian tubuh tumbuhan yang disebabkan oleh rangsangan dari dalam. Jenis rangsangan juga belum jelas sehingga ada pakar yang menyebutkan gerakan tersebut terjadi karena kemauan tumbuhan maka sering disebut *gerak otonom*. Contoh gerak endonom, antara lain gerak sitoplasma pada sel umbi lapis bawang merah, gerak melingkar batang gadung (*Dioscorea* sp.), palmae, maupun batang kacang panjang. Ujung batang gadung akan selalu melilit batang rambatannya ke arah kiri, sedangkan ujung batang kacang panjang akan melilit ke arah kanan. Mengapa demikian?

3. *Gerak esionom*

Gerak esionom adalah gerak berupa reaksi terhadap rangsang dari luar. Rangsangan itu dapat berupa cahaya, gravitasi bumi, sentuhan, senyawa kimia, dan air. Gerak esionom dibedakan menjadi tiga, yaitu nasti, tropisme, dan taksis.

I. Nast

a. Niktinasti

Niktinasti adalah gerak menutupnya daun pada banyak spesies Leguminosae ketika malam hari. Pada sebagian besar peristiwa niktinasti, permukaan daun ada pada posisi horizontal dan menghadap ke matahari sepanjang hari, tetapi melipat dalam posisi vertikal jika matahari terbenam (Gambar 8.27). Jadi, terjadinya periode yang berselang antara terang dan gelap itulah yang mengatur gerakan tersebut.



Gambar 8.27. Gerak niktinasti pada Leguminoceae.

Gerak niktinasti terjadi karena perubahan turgor suatu jaringan yang memiliki struktur khusus pada persendian tangkai daun (pulvinus). Jaringan tersebut tersusun dari sel-sel khusus (sel motor) yang berfungsi sebagai pemompa ion K^+ dari satu bagian ke bagian lainnya. Dengan demikian akan mengubah potensial air pada sel-sel tertentu. Pada pohon ki hujan (*Samanea saman*) anak-anak daunnya menggantung pada malam hari, gerakan ke atas anak daun pada pagi hari disebabkan oleh peningkatan turgor pada sel motor ventral dan penurunan turgor pada sel motor dorsal. Perubahan yang sebaliknya terjadi ketika anak daun melipat dan menggantung pada waktu matahari terbenam. Jika ion K^+ dipompa keluar dari sel-sel pulvinus maka akan diikuti mengalirnya air keluar dari sel-sel itu. Hal itu menyebabkan turunnya tekanan turgor pada jaringan pulvinus di jaringan persendian daun sehingga tangkai daun menuju kebawah dan terjadilah gerak tidur.

b. Seismonasti

Seismonasti adalah gerak menutupnya daun yang disebabkan oleh sentuhan (Gambar 8.28). Mekanisme dari gerak tersebut disebabkan oleh perubahan turgor pada pulvinus, sama seperti prinsip gerak tidur (niktinasti). Untuk lebih jelasnya, lakukanlah pengamatan gerak seismonasti pada si kejut (*Mimosa pudica*). Bagaimanakah pola gerakannya?

c. Fotonasti

Fotonasti adalah gerak nasti karena rangsangan cahaya, misalnya membukanya bunga pukul empat (*Mirabilis jalapa*) pada sore hari. Sebenarnya tidak semata-mata cahaya, tetapi ada faktor lain yang ikut berpengaruh terhadap membuka dan menutupnya bunga tersebut, seperti suhu maupun kelembaban udara.



Gambar 8.28. Gerak seimonasti pada *Mimosa pudica*(Campbell, 1997).

d. Termonasti

Termonasti adalah gerak nasti karena rangsang suhu, misalnya bunga tulip (di daerah dingin) yang membuka karena pengaruh temperatur. Bunga tersebut akan mengembang jika mendadak mengalami kenaikan temperatur dan akan menutup lagi jika temperatur menurun.

e. Gerak kompleks

Gerak kompleks adalah gerak nasti yang terjadi karena berbagai faktor rangsangan yang bekerja sama. Berbagai rangsangan tersebut, antara lain zat kimia, suhu, cahaya, dan air. Proses membukanya stomata daun pada siang hari dan menutup di malam hari merupakan contoh dari gerak tersebut.

II. Tropisme

Tropisme ialah gerak tumbuh bagian tubuh tumbuhan dengan arah gerak yang ditentukan oleh arah datangnya rangsang. Jika arah gerak mendekati sumber rangsangan, disebut tropisme positif. Sebaliknya, jika menjauhi rangsangan disebut tropisme negatif. Berdasarkan cara perangsangannya, gerak tropisme dapat dibedakan menjadi gerak fototropi, geotropi, tigmotropi, dan hidrotropi.

a. Fototropisme

Fototropisme adalah gerak tumbuh bagian tubuh tumbuhan karena rangsangan cahaya. Hal itu dapat kita lihat pada tanaman pot yang kita letakkan dekat jendela, dimana cahaya hanya datang dari satu sisi (Gambar 8.24).

Dapatkan kalian menduga apa yang akan terjadi pada pertumbuhan batang tersebut? Fototropisme dapat dibedakan menjadi fototropisme positif dan fototropisme negatif. Gerak tumbuh ujung batang menuju ke arah datangnya cahaya adalah contoh gerak

fotropisme positif, sedangkan gerak pertumbuhan akar menjauhi sumber cahaya disebut fototropisme negatif.

Orang pertama yang melakukan eksperimen untuk mempelajari pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan batang adalah Charles Darwin, biolog Inggris yang amat terkenal dalam mempelajari evolusi. Percobaan lain untuk menyelidiki gerak fototropi adalah dengan menggunakan *klinostat*! Tumbuhan yang ditempatkan pada klinostat diletakkan mendatar dan diputar secara perlahan-lahan sehingga bagian tumbuhan tersebut mendapat cahaya secara merata. Akibatnya, batang dan akar tumbuhan itu tetap mendatar. Mengapa demikian? Dapatkah kalian meramalkan apa yang akan terjadi jika pemutaran dihentikan? Mengapa hal itu terjadi?

b. Geotropisme

Geotropisme adalah gerak bagian tumbuhan menuju ke pusat bumi karena rangsangan gaya gravitasi bumi. Gerak tersebut juga dapat dibedakan menjadi gerak geotropisme positif dan geotropisme negatif. Contoh gerak geotropisme positif adalah gerak pertumbuhan akar menuju ke arah pusat bumi. Perhatikan Gambar 8.29! Ke manakah arah pertumbuhan batang dan akar tumbuhan tersebut? Mengapa demikian?



Gambar 8.29. Gerak geotropisme akar (Campbell, 2006).

c. Tigmotropisme (haptotropisme)

Tigmotropisme atau haptotropisme adalah gerak membelok bagian tubuh tumbuhan sebagai akibat dari sentuhan atau persinggungan (Gambar 8.30). Contohnya adalah gerak ujung batang atau ujung sulur pada famili Cucurbitaceae, misalnya mentimun dan markisa (*Passiflora quadrangularis*). Jika ujung sulur menyentuh ranting atau batang tumbuhan lain pada sisi kirinya maka sulur akan membelok melilit ke arah kiri. Jika tidak tersentuh, ujung sulur akan

tumbuh lurus. Jika tersentuh pada sisi kanannya maka ujung sulur akan melilit memutar ke kanan.



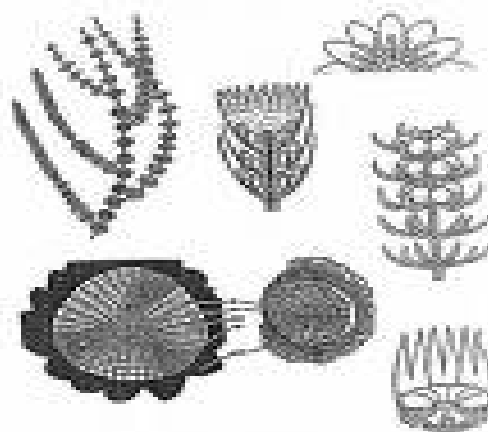
Gambar 8.30. Gerak tigmotropisme.

d. Hidrotropisme

Hidrotropisme adalah gerak bagian tubuh tumbuhan menuju ke tempat yang lembab atau karena rangsang air. Arah gerak pertumbuhan akar menuju lapisan tanah yang cukup air juga merupakan contoh gerak tersebut

e. Kemotropisme

Kemotropisme adalah gerak bagian tubuh tumbuhan karena rangsangan zat kimia. Misalnya gerak tabung sari menuju tempat pembentukan sel telur, gerak ujung akar menuju ke lapisan tanah yang kaya unsur hara, dan gerak akar napas menuju ke tempat yang cukup O_2 (Gambar 8.31).



Gambar 8.31. Gerak kemotropisme pteridophyta.

III. Taksis

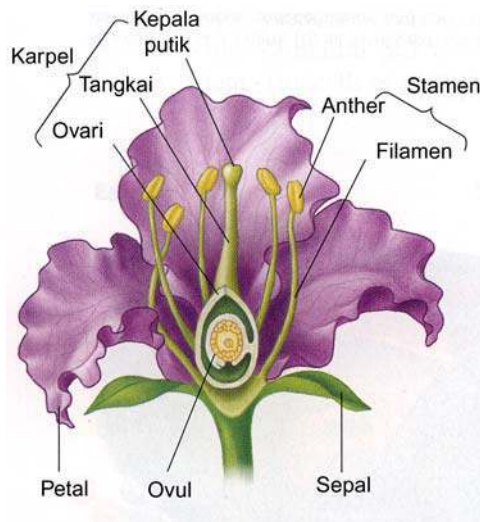
a. Fototaksis

Fototaksis adalah gerak yang disebabkan oleh cahaya. Contoh gerak tersebut adalah gerakan *Euglena* menuju ke tempat yang bercahaya dan gerakan pemencaran spora dari sporangium jamur *Pilobolus* sp.

b. Kemotaksis

Kemotaksis adalah gerak yang disebabkan oleh rangsangan zat kimia. Contoh gerak tersebut adalah gerakan spermatozoid ke arah sukrosa atau asam maleat pada arkegonium tumbuhan lumut atau paku dan gerakan bakteri aerob menuju ke tempat yang banyak O₂.

8.7. Reproduksi pada tumbuhan



Gambar 8.32. Struktur bunga (Campbell, 2006).

Reproduksi (re = ulang, produksi = hasil), mengandung arti perkembangbiakan. Dispersal, artinya pemencaran alat-alat perkembangbiakan. Untuk melestarikan jenisnya, (kelangsungan hidup dan proses mempertahankan jenis) tumbuhan mengadakan perkembangbiakan dengan cara yang berbeda-beda menurut jenisnya masing-masing. Alat perkembangbiakan pada tumbuhan lengkap seperti Gambar 8.32. Perkembangbiakan pada umumnya dibedakan dalam dua cara berikut ini:

1. Perkembangbiakan aseksual
2. Perkembangbiakan seksual

1. Perkembangbiakan aseksual (vegetatif)

Reproduksi aseksual (vegetatif) yaitu terjadinya calon individu baru tanpa peleburan gamet jantan dan gamet betina.

Perkembangbiakan vegetatif berdasarkan ada tidaknya campur tangan manusia dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

- a. Vegetatif alamiah, pada perkembangbiakan ini calon individu baru terjadi tanpa peleburan 2 buah gamet dan tanpa campur tangan manusia. Misalnya:
 - * *Pembelahan sel*, seperti pada *Amoeba proteus*, Chlorophyceae, dan bakteri.
 - * *Pembentukan spora* (sel terspesialisasi bereproduksi vegetatif dan spora terbentuk dari peleburan dua sel dilakukan secara generatif), seperti jamur (fungi).
 - * *Fragmentasi* (melepaskan sejumlah sel disebut homogonium), seperti Cyanophyceae, dan Liken.
 - * *Pembentukan tunas/anakan*, seperti bambu dan pisang.
 - * *Tunas adventif*, seperti cocor bebek.
 - * *Rizoma = rimpang* (batang yang tumbuh sejajar di bawah permukaan tanah), seperti alang-alang.
 - * *Kormofita*, seperti mangga, durian, dan sawo manila.
 - * *Umbi lapis*, seperti bawang merah (*Allium cepa*).
 - * *Umbi batang*, seperti kentang.
 - * *Umbi akar*, seperti ubi kayu.
 - * *Geragih atau stolon* (batang yang tumbuh menjalar di atas permukaan tanah), seperti lengkuas, dan jahe.
- b. Vegetatif buatan, merupakan perkembangbiakan dengan bantuan campur tangan manusia. Misalnya: mencangkok, menempel (okulasi), menyambung, merunduk, mengenten, dan stek. Keuntungannya ialah mendapatkan tanaman sesuai dengan sifat induknya dan cepat menghasilkan buah. Sedangkan kerugiannya ialah tumbuhan tidak kokoh dan tidak tahan hidup lama.

2. Perkembangbiakan seksual (generatif)

Generatif (seksual), yaitu terjadinya calon individu baru didahului dengan peleburan sepasang gamet. Reproduksi generatif dapat berlangsung dengan cara:

- * Konyugasi (peleburan dua sel yang belum terspesialisasi disebut zygospora). Contoh: Chlorophyta.
- * Fertilisasi (peleburan sepasang gamet membentuk zigot). Contoh: Chrysophyta
- * Partenogenesis (ovum tidak dibuahi, dapat menjadi individu baru). Contoh: Spermatophyta.

- * Metagenesis (pergiliran keturunan dimana reproduksi vegetatif bergantian dengan generatif). Contoh: Cormophyta.

Pada tumbuhan berbiji, pembuahan didahului oleh peristiwa penyerbukan atau persarian. Penyerbukan terjadi apabila serbuk sari sampai pada tempat tujuannya. Pada Gymnospermae, serbuk sari sampai di tetes penyerbukan pada bakal biji dan pada Angiospermae terjadi bila serbuk sari sampai di kepala putik.

Berhubungan dengan peristiwa penyerbukan dan pembuahan ini maka tumbuhan berbiji memiliki alat penyerbukan yaitu serbuk sari dan kepala putik. Serbuk sari/tepung sari terdapat pada benang sari, kepala putik terdapat pada putik

I. Macam-macam penyerbukan (Polinasi)

Polinasi (penyerbukan) adalah jatuhnya serbuk sari yang berisi sperma ke tempat bakal biji yang berovum. Polinasi hanya terdapat pada tumbuhan yang mempunyai serbuk sari dan bakal biji, yaitu pada Angiospermae dan Gymnospermae.

Penyerbukan dibagi berdasarkan:

a. *Asal serbuk sari*, yaitu:

1. Penyerbukan sendiri (*autogami*), yaitu serbuk sari berasal dari bunga yang sama. Kalau penyerbukan terjadi selagi bunga belum mekar disebut *kleistogami*.
2. Penyerbukan tetangga (*geitonogami*), yaitu serbuk sari berasal dari bunga lain pada satu individu.
3. Penyerbukan silang (*alogami*), yaitu serbuk sari berasal dari individu lain yang spesiesnya sama.
4. Penyerbukan bastar, yaitu serbuk sari berasal dari bunga tumbuhan yang berbeda spesies.

b. *Faktor yang menyebabkan serbuk sari sampai di tempat tujuan (dengan perantara)*, dibedakan atas:

1. Penyerbukan dengan bantuan angin (*anemogami*)
Ciri-ciri tumbuhannya ialah memiliki serbuk sari yang banyak, lembut, kering dan warna mahkota tidak perlu menarik perhiasan bunganya tidak ada dan kalau ada hanya kecil, sederhana dan ringan. Misalnya: pada padi-padian dan berbagai jenis rumput-rumputan.
2. Dibantu oleh air (*hidrogami*), misalnya terjadi pada *Hydrilla* sp.

3. Dibantu oleh hewan (*zoidogami*) dibedakan atas:
 - a. Penyerbukan dengan bantuan serangga (*entomogami*).
Ciri tumbuhannya: memiliki mahkota yang menarik (berwarna warni), menghasilkan madu, atau serbuk sari.
 - b. Penyerbukan dengan bantuan burung (*ornitogami*)
Ciri tumbuhannya: bunganya mengandung banyak madu, berukuran besar.
 - c. Penyerbukan dengan bantuan kelelawar (*kiropterogami*).
Ciri tumbuhannya: bunganya mekar pada malam hari.
 - d. Penyerbukan siput (*malakogami*)
Terjadi pada tumbuhan yang sering mendapat kunjungan dari siput.

4. Dibantu oleh manusia (*antropogami*), karena di alam tidak ada perantara yang cocok dalam proses penyerbukannya, misalnya pada tumbuhan vanilli. Faktor-faktor yang menyebabkan tumbuhan tidak dapat mengadakan penyerbukan sendiri (autogami) adalah:
 - (i) *Dioseus (berumah dua)*, yaitu serbuk sari dan putik terletak pada individu yang berbeda. Contoh: salak, melinjo.
 - (ii) *Dikogami*, yaitu masaknya serbuk sari dan putik tidak bersamaan, dapat dibedakan atas:
 - a. Protogini, yaitu putik matang lebih dulu. Contoh: coklat, alpokat.
 - b. Protandri, yaitu serbuk sari suatu bunga masak lebih dulu. Contoh: jagung.
 - c. Herkogami, yaitu serbuk sari tidak dapat jatuh ke kepala putik (vanili).
 - d. Heterostili

Yang terjadi pada serbuk sari setelah penyerbukan :

- Eksin pecah, serbuk sari membentuk buluh serbuk dan di dalamnya mengandung dua inti yaitu inti tabung dan inti generatif. Inti generatif membelah menghasilkan dua inti sperma. Buluh serbuk memanjang menuju mikropil.

- Sinergid membantu inti sperma memasuki bakal biji melalui mikropil.
- Dalam bakal biji satu inti sperma melebur dengan ovum, hasilnya adalah zigot diploid. Inti sperma lainnya melebur dengan dua inti kutub membentuk inti triploid yang akan berkembang menjadi endosperm = tempat makanan cadangan untuk lembaga (fertilisasi ganda pada Angiospermae). Pada Gymnospermae semua inti sperma melebur dengan ovum (fertilisasi tunggal).

Cara masuknya inti sperma ke dalam bakal biji dibedakan menjadi:

- **Porogami** : bila inti sperma masuk melalui mikropil
- **Aporogami**: bila inti sperma masuk tidak melalui mikropil, misalnya melalui kalaza disebut **Kalazogami**.

Cara terbentuknya lembaga (bakal tumbuhan baru) dilakukan dengan:

- **Amfiksis**, bila lembaga berasal dari hasil peleburan ovum dan sperma.
- **Apomiksis**, bila lembaga bukan berasal dari hasil peleburan ovum dan sperma.

Apomiksis dapat terjadi secara :

- Partenogenesis, embrio berasal dari ovum yang tidak dibuahi.
- Apogami, embrio berasal dari bagian lain dari luar kandung lembaga tanpa dibuahi misalnya dari sinergid.
- Embrionik adventif, embrio berasal dari sel di luar bakal biji tanpa dibuahi.

Apomiksis dapat menyebabkan terbentuknya lebih dari satu embrio (poliembrioni) dalam biji, sering terdapat pada biji mangga dan jeruk.

II. Pembuahan

Pembuahan (fertilisasi) adalah peristiwa terjadinya peleburan antara gamet jantan dan betina. Terdapat perbedaan pembuahan pada gymnospermae dan angiospermae. Pada gymnospermae, terjadi pembuahan tunggal, sedangkan pada angiospermae terjadi pembuahan ganda.

a. Pembuahan tunggal pada Gymnospermae

Pembuahan tunggal terjadi bila setiap pembuahan (satu kali pembuahan) menghasilkan embrio. Tumbuhan yang melaksanakan pembuahan ini mempunyai alat perkembang biakan yang berkumpul

pada satu badan yang disebut strobilus (kerucut). Strobilus jantan kecil disebut mikrosporofil, sedangkan strobilus betina besar disebut makrosporofil.

Jalannya pembuahan tunggal

1. serbuk sari (mikrospora) yang sampai di tetes penyerbukan (pada strobilus betina) terisap masuk ke ruang serbuk sari melalui mikropil. Serbuk sari ini terdiri dari sel generatif atau sel anteridium (kecil) dan sel vegetatif atau sel tabung (besar).
2. serbuk sari yang berada di ruang serbuk kemudian tumbuh membentuk buluh serbuk sari menuju ruang arkegonium. Pada saat itu sel generatif membelah menjadi dua yaitu sel dinding (dislokator) dan sel spermatogen. Sel spermatogen kemudian membelah lagi membentuk dua sperma yang berambut getar.
3. selanjutnya sel vegetatif lenyap, sedangkan sel sperma yang berambut getar membuahi ovum yang terdapat pada ruang arkegonium dan akhirnya terbentuklah zigot.

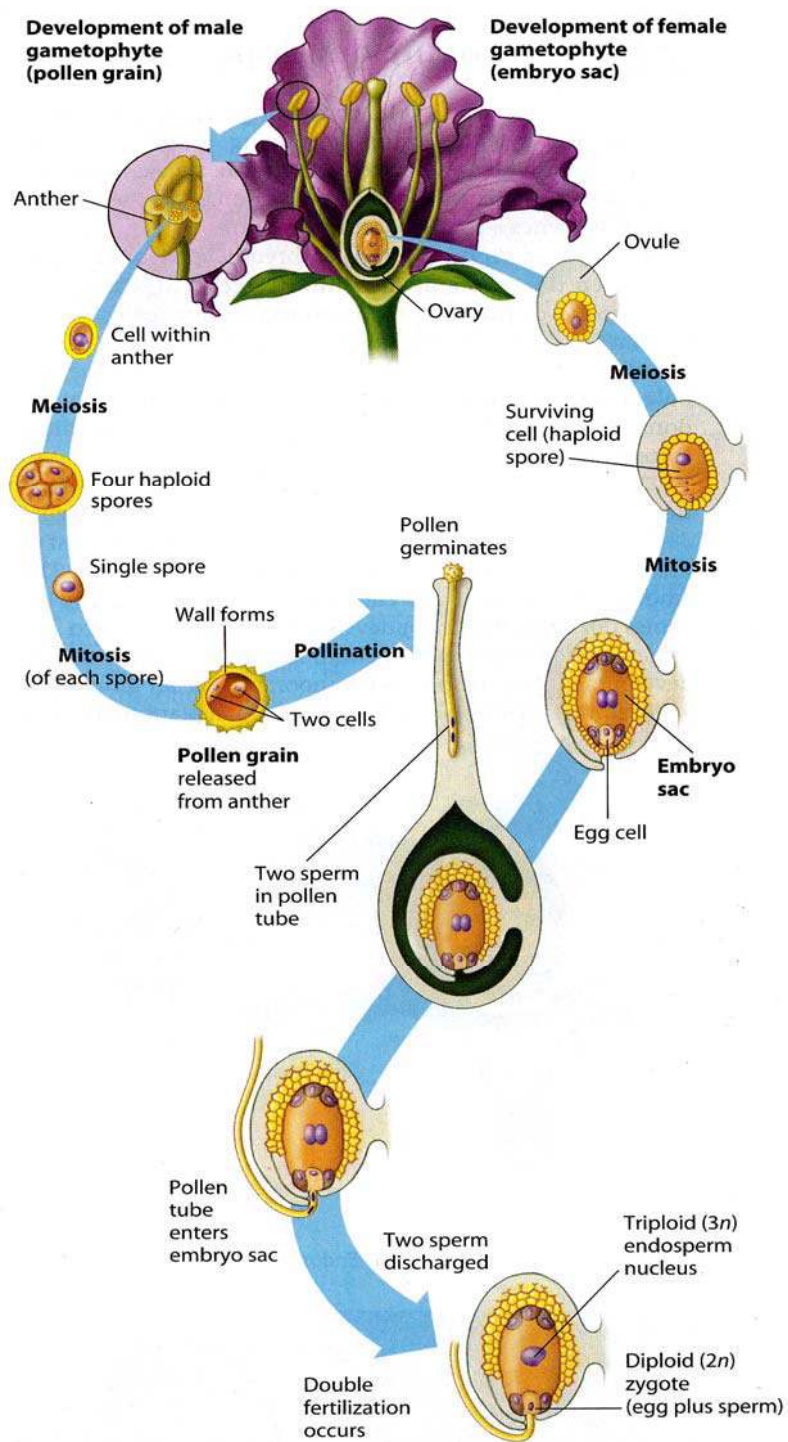
b. Pembuahan ganda pada Angiospermae

Pembuahan ganda terjadi dua kali pembuahan yang menghasilkan satu embrio dan endosperm (Gambar 8.33).

Jalannya pembuahan ganda

Sebelum pembuahan ini terjadi, terlebih dahulu ada perubahan-perubahan pada benang sari dan pada putik, antara lain:

1. Perubahan pada putik
 - a. Di ruang bakal biji (ovul) sel kandung lembaga dalam nuselus membelah menjadi 4, 3 di antaranya kemudian menyusut dan yang satu lagi menjadi sel calon kandung lembaga primer. Inti sel calon kandung lembaga primer membelah menjadi 2 dan masing-masing menuju kutub. Kemudian masing-masing membelah lagi 2 kali berturut-turut sehingga terbentuk 8 inti.
 - b. Di dekat mikropil terdapat 3 inti yang menempatkan diri pada dinding disebut antipoda. Sedangkan inti yang satu lagi menuju ke tengah bergabung dengan satu inti yang lain dan membentuk inti kandung lembaga sekunder (polar nuclei = inti polar).
 - c. Di dekat mikropil terdapat 3 inti yang menempatkan diri pada dinding bagian tengah disebut sel telur, sel pengapitnya disebut sinergid. Dalam keadaan seperti inilah putik siap dibuahi.



Gambar 8.33. Perkembangan gametofit dan pembuahan ganda pada Angiospermae (Campbell, 2006).

2. Perubahan pada serbuk sari

Setelah proses meiosis berlangsung dalam kotak sari maka akan dihasilkan butir serbuk sari (polen). Serbuk sari mempunyai 2 membran, membran luar (ektin) dan membran dalam (intin). Serbuk sari ini mempunyai 2 inti yakni, inti vegetatif (inti tabung) dan inti generatif. Serbuk sari yang jatuh di kepala putik setelah beberapa saat akan berkecambah (tumbuh). Ektinnya pecah dan intin membuat buluh serbuk sari (*pollen tube*=buluh serbuk sari). Jadi dalam buluh serbuk sari terdapat inti vegetatif pada bagian depan dan inti generatif di bagian belakang.

Perkembangan berikutnya inti generatif membelah lagi menjadi 2 inti generatif (inti sel sperma) tanpa rambut getar. Inti generatif yang di depan disebut inti generatif I (di belakang inti vegetatif) dan inti generatif yang berada di belakang inti generatif I disebut inti generatif II (inti sperma II). Jadi pada buluh serbuk (tabung serbuk sari) sekarang dijumpai 3 inti dan telah siap untuk mengadakan pembuahan.

Saat-saat pembuahan

Melalui tabung buluh serbuk sari, inti vegetatif akan sampai ke mikropil dan seketika lenyap. Selanjutnya inti generatif I dan inti generatif II bergerak menuju ruang kandung lembaga. Inti generatif I melebur dengan inti sel telur membentuk zigot yang akan berkembang menjadi embrio (bakal individu baru), inti generatif II membuahi inti kandung lembaga sekunder menjadi endosperm. Endosperm berperan sebagai cadangan makanan bagi perkembangan embrio kelak.

Berkaitan dengan proses penyerbukan dan pembuahan di atas, beberapa hal yang perlu diketahui antara lain:

- a. Porogami, yaitu masuknya sperma ke dalam kandung lembaga melalui mikropil. Sedangkan bila tidak melalui mikropil disebut aporogami.
- b. Kalazogami, yaitu masuknya sperma ke dalam kandung lembaga melalui kalaza.
- c. Amfiksisis, merupakan peleburan ovum dan sperma yang kemudian berkembang menjadi embrio.
- d. Ampomiksisis, yaitu pembentukan embrio tanpa didahului oleh peleburan sperma dan ovum. Terjadi karena:
 - a. *Partenogenesis*, yaitu pembentukan embrio dari sel telur yang tidak dibuahi.

- b. Apogami, yaitu pembentukan embrio dari bagian lain kandung lembaga tanpa perkawinan. Misalnya dari sinergid, antipoda.
- c. *Embrio adventif*, yaitu embrio yang terjadi dari sel-sel lain kandung lembaga. Misalnya dari nuselus.

Apomiksis menyebabkan terdapatnya lebih dari satu embrio dalam biji dan kejadian ini disebut poliembrio. Misalnya pada jeruk, mangga, atau duku.

III. Pemencaran alat perkembangbiakan

Berdasarkan luasnya areal penyebaran, tumbuhan dapat dibedakan menjadi :

- **Tumbuhan Kosmopolit**, yaitu tumbuhan yang areal penyebarannya luas (terdapat di mana-mana). Contohnya Lumut.
- **Tumbuhan Endemik**, tumbuhan yang daerah penyebarannya terbatas, hanya terdapat di daerah tertentu saja. Contohnya *Rafflesia arnoldii* hanya ada di daerah Bengkulu.

Untuk memperluas tempat tumbuhnya, (areal atau daerah distribusi), calon individu baru dari suatu tumbuhan dilepaskan atau meninggalkan induknya (dipencarkan atau didispersalkan) dengan atau tanpa bantuan faktor-faktor lain. Pemencaran terbagi dua macam, yaitu: tanpa bantuan faktor luar dan dengan bantuan faktor luar.

Tanpa Bantuan Faktor Luar

Pemencaran alat perkembangbiakan tanpa bantuan faktor-faktor luar, misalnya:

1. Rhizoma. Rhizoma tumbuh menjalar dalam tanah, dan pada suatu jarak tertentu dari induknya tunas rhizoma muncul di atas permukaan tanah menjadi tumbuhan baru. Misalnya pada bunga tasbih (*Canna*) dan berbagai jenis jahe-jahean (zingiberaceae).
2. Pembentukan tunas-tunas (anakan) yang tetap berada dekat induknya sehingga terjadi rumpun. Misalnya pada bamboo (*Bambusa*), pisang (*Musa*) dan lain-lain.
3. Tumbuhan induk pada geragih (stolon), pada jarak tertentu dapat menghasilkan tumbuhan baru. Misalnya pada pegagan (*Centela asiatica*), rumput teki (*Cyperus rotundus*).

4. Gerak higroskopis. Gerak ini menyebabkan biji terpelanting. Misalnya pada : jarak (*Ricinus sp*) , kembang merak (*Caesalpinia pulcherrima*) dan lain-lain.

Dengan Bantuan Faktor Luar

Pemencaran alat perkembangbiakan dengan bantuan faktor luar, antara lain :

1. Dengan perantaraan angin (*anemokori*).
Ciri tumbuhannya: alat perkembangbiakannya mudah diterbangkan oleh angin. Contoh tanamannya ialah:
 - a. Anggrek (*orchidaceae*): biji kecil dan ringan.
 - b. Lalang (*Imperata cylindrica*), kapuk (*Ceiba pentandra*), biduri (*Calotropis gigantea*): bijinya kecil, mempunyai rambut dan bulu-bulu.
 - c. Mahoni (*Swietenia*): biji bersayap.
 - d. Meranti, tengkawang: buah bersayap.
2. Dengan perantaraan air (*hidrokori*)
Ciri tumbuhannya alat perkembangbiakan ringan, massa jenis lebih besar dari satu, mempunyai pelindung (perikarp/kulit buah) yang baik bagi calon individu baru. Contoh:
 - a. Kelapa mempunyai tiga lapisan perikarp:
 - * Eksokarp merupakan lapisan yang tipis, licin , mengkilap, tidak mudah basah, tidak mudah tembus air.
 - * Mesokarp merupakan lapisan yang tebal dan banyak rongga-rongga udaranya.
 - * Endokarp merupakan lapisan yang keras, kuat, dan berfungsi sebagai pelindung terhadap embrio.
3. Dengan perantaraan hewan (*zookori*)
Berdasarkan jenis hewan perantaranya dibedakan atas:
 - a. *Entomokori*, yaitu pemencaran dengan bantuan serangga. Ciri tumbuhannya: biji kecil dan mengandung lemak, misalnya tembakau (*Nicotiana*).
 - b. *Ornitokori*, yaitu pemencaran dengan bantuan burung. Ciri tumbuhannya: biji tidak dapat dicerna misalnya beringin (*Ficus*), dan benalu (*Loranthus*).
 - c. *Kiroptorokori*, yaitu pemencaran dengan bantuan kelelawar. Ciri tumbuhannya memiliki bagian buah yang dapat dimakan, sedangkan bijinya tidak dapat dicerna. Misalnya: jambu biji (*Psidium guajava*), dan jambu air (*Eugenia javanica*).

- d. *Mamokori*, yaitu pemencaran melalui mamalia. Ciri tumbuhannya: memiliki buah atau biji yang dapat menempel pada tubuh mamalia, misalnya rumput jarum (*Andropogon aciculatus*) pada kelelawar, biji kopi (*Coffea*) oleh musang.
4. Perantara manusia (*antropokori*), secara:
- * Sengaja, membantu pemencaran biji-biji tumbuhan dengan sengaja karena penting bagi kehidupan manusia. Misalnya kina dan pala dari Amerika selatan, kopi dan kelapa sawit dari Afrika.
 - * Tidak sengaja, yaitu menempel dan melekat pada pakaian, tercampur dengan bahan-bahan tumbuhan yang didatangkan dari daerah lain. Contoh rumput jarum dan pulutan.
5. Dengan bantuan panas
Panas dapat meningkatkan tekanan udara ruang dalam buah-buahan, sehingga ketika tekanannya maksimum buah tersebut meledak dan biji-bijinya terpental keluar.

8.8. Klasifikasi Tumbuhan

Awal periode evolusi tumbuhan memperlihatkan bahwa tumbuhan berasal dari nenek moyang makhluk hidup akuatik, kemungkinan ganggang hijau, dengan berbagai bentuk penyesuaian terhadap kehidupan di darat.

Tumbuhan merupakan makhluk hidup eukariotik multiseluler yang dapat membuat molekul organik dari bahan-bahan anorganik melalui proses fotosintesis.

Keanekaragaman tumbuhan modern diwakili oleh empat kelompok besar tumbuhan yakni Bryophyta (lumut), Pteridophyta (paku-pakuan), Gymnospermae (tumbuhan berbiji terbuka) dan Angiospermae (tumbuhan berbiji tertutup).

Bryophyta mirip dengan tumbuhan lain karena memiliki kutikula serta embrio yang berkembang dalam gametangia, tetapi berbeda dalam hal tidak memiliki xilem dan floem. Tanpa xilem dan floem, lumut (Bryophyta) tidak memiliki pendukung internal yang kaku.

Coba kalian amati lumut yang terhampar di tanah atau di tebing-tebing yang lembab, sebetulnya mereka terdiri atas banyak tumbuhan yang tumbuh rapat. Lumut tersebut bersifat seperti spons, dapat menyerap sekaligus menahan air. Masing-masing tumbuhan lumut

memiliki batang serta daun kecil dan melekat ke tanah dengan sel-sel yang memanjang atau perpanjangan seperti akar. Lumut memiliki sperma berflagel, sperma tersebut harus berenang untuk mencapai telur dan membuahnya, berarti proses pembuatannya memerlukan adanya air.

Pada lumut, generasi gametofit merupakan generasi yang lebih dominan dibandingkan generasi sporofitnya.

Paku-pakuan (Pteridophyta) termasuk tumbuhan berpembuluh tanpa biji, telah mempunyai akar yang berkembang baik dan batang yang kaku. Pada banyak spesies, daun paku yang umum disebut ental (frond), tumbuh dari batang yang menjalar di bawah tanah. Ciri khas tumbuhan paku ditunjukkan dengan daun muda (ental) yang menggulung. Tumbuhan paku umumnya hidup di tempat teduh, keragamannya tinggi di daerah tropik. Seperti halnya lumut, tumbuhan paku juga mempunyai sperma berflagel yang memerlukan lapisan air untuk terjadinya pembuahan.

Tumbuhan berbiji (Angiospermae dan Gymnospermae) memiliki keragaman yang tinggi, mencakup hampir 90% dari sekitar 265.000 spesies tumbuhan hidup. Beberapa kunci adaptasi mendasari keberhasilan tumbuhan berbiji, pertama mereka menghasilkan biji sebagai bentuk adaptasi kehidupan di darat, kedua tumbuhan berbiji tidak memerlukan lapisan air untuk proses pembuahan. Tumbuhan berbiji menghasilkan pollen, suatu kendaraan yang mentransfer sel pembentuk sperma tak berflagel ke bagian gametangium betina. Pollen dibawa secara pasif oleh hewan atau angin, dan sampainya pollen pada bagian betina (misalnya putik) disebut penyerbukan. Pembuahan terjadi beberapa saat setelah penyerbukan.

Tumbuhan berbiji yang ada paling awal adalah Gymnospermae (Yunani: *gymnos*=telanjang; *sperma*=biji). Biji Gymnospermae dikatakan telanjang karena tidak dilindungi oleh daun buah. Sekarang, konifer/pinus, dan banyak pohon lain dengan kerucut pembawa biji dan dengan daun seperti jarum merupakan kelompok terbesar dari Gymnospermae.

Tumbuhan berbiji yang secara evolusi bercabang dari garis Gymnospermae disebut tumbuhan berbunga atau Angiospermae (Yunani: *angeion*=pembuluh; *sperma*=biji). Bunga merupakan struktur reproduksi yang kompleks yang mengembangkan biji. Sebagian besar tumbuhan modern berupa Angiospermae yaitu sekitar 235.000 spesies.

1. Lumut (Bryophyta)

Pada lumut, generasi gametofit merupakan generasi yang lebih dominan dibandingkan dengan generasi sporofit. Lumut yang kalian lihat sehari-hari umumnya berada dalam generasi gametofit. Generasi ini mempunyai masa hidup yang panjang, ukurannya lebih besar daripada generasi sporofit.

Generasi sporofit pada lumut bergantung pada generasi gametofit dalam hal makanan, masa hidupnya lebih pendek. Contoh lumut misalnya *Marchantia* (lumut hati/liverwort), *Anthoceros* (lumut tanduk/hornwort), dan *Polytrichum* (lumut daun/mosses) (Gambar 8.34). Lumut termasuk tumbuhan pionir dalam ekosistem dan secara kolektif dapat berfungsi sebagai reservoir karena memiliki kantung-kantung untuk menampung air. Selain itu di Amerika Utara, biomassa lumut juga dimanfaatkan sebagai sumber energi penghasil panas.



Gambar 8.34. Keanekaragaman lumut, (a) lumut hati, (b) lumut daun, (c) lumut tanduk (Campbell, 2006).

2. Paku-pakuan (Pteridophyta)

Tumbuhan paku-pakuan adalah tumbuhan berpembuluh yang berkembangbiak dengan spora. Tubuh tumbuhan paku dapat dibedakan menjadi akar, batang, dan daun. Tumbuhan ini tidak memiliki bunga maupun biji.

Paku-pakuan dapat hidup di tanah, air, pada cabang pohon (epifit), bahkan dapat menempel di bebatuan. Paku yang hidup di tanah ada yang menyukai tempat yang lembab dan terlindung ada juga yang hidup di daerah terbuka dan panas. Paku epifit banyak dijumpai di hutan-hutan dengan penyinaran matahari yang tak terlalu

panas. Anggota paku air tidak sebanyak paku tanah dan epifit, hidup mengapung bebas di air atau berakar dalam tanah tapi sebagian tubuhnya terdapat di air. Tumbuhan paku mempunyai daerah penyebaran yang luas, dari tepi pantai sampai pegunungan, bahkan di daerah dingin atau dekat kawah. Di daerah pegunungan keragamannya jauh lebih banyak dibandingkan di dataran rendah. Bila kalian jalan-jalan ke hutan kalian dapat menjumpai berbagai tumbuhan paku misalnya paku kawat (*Lycopodium*), paku gajah (*Angiopteris*), paku pohon (*Dicksonia* dan *Cyathea*), paku rane (*Selaginella*) dan berbagai suplir (*Adiantum*) (Gambar 8.35).

Tumbuhan paku telah banyak digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain sebagai tanaman hias, obat-obatan, media tumbuh anggrek, sebagai sayuran, bahkan batangnya dapat digunakan sebagai penyangga rumah (jenis paku pohon).



Gambar 8.35. Tumbuhan paku (Pteridophyta) (Campbell, 1997).

3. Gymnospermae

Kelompok Gymnospermae yang dominan pada saat sekarang adalah konifer (tumbuhan berbiji terbuka yang menghasilkan kerucut), contohnya pohon pinus. Pohon pinus berdaun seperti jarum tahan terhadap kekeringan karena mempunyai sedikit area permukaan untuk transpirasi. Kutikula yang tebal yang menutupi permukaan daun juga membantu menahan air. Pohon pinus termasuk generasi sporofit, generasi gametofitnya tumbuh di dalam kerucutnya. Terdapat dua macam kerucut, kerucut betina berukuran lebih besar daripada kerucut jantan, mempunyai sisik yang keras, masing-masing sisik membawa sepasang bakal biji (ovul). Kerucut jantan umumnya kecil, lebih lunak dibanding kerucut betina dan masa hidupnya pendek. Gametofit jantan (butir pollen) berkembang dari spora. Bila kerucut

jantan matang, sisiknya terbuka dan melepaskan jutaan pollen. Pada butir pollen, terdapat sel yang akan berkembang menjadi sperma. Sperma memerlukan waktu berbulan-bulan untuk berkembang di dalam butir pollen. Pembuahan baru akan terjadi lebih dari setahun sejak terjadinya penyerbukan. Setelah pembuahan, keseluruhan ovul berkembang menjadi biji.

Biji mengandung cadangan makanan untuk perkembangan embrio, mempunyai kulit biji yang kuat. Pada pinus, biji dilepaskan dari kerucut betina sekitar dua tahun setelah penyerbukan.

Gymnospermae dibedakan ke dalam empat divisi, yakni Coniferophyta, Cycadophyta, Ginkgophyta, dan Gnetophyta (Gambar 8.36). Dari keempat divisi ini yang terbesar adalah Coniferophyta, yaitu konifer. Konifer mendominasi hutan di belahan bumi utara. Hampir semua konifer adalah *evergreen* (selalu hijau, tidak gugur). Divisi Cycadophyta menyerupai palem, memiliki biji terbuka yang terdapat dalam sporofil, yaitu daun yang terspesialisasi untuk reproduksi. Ginkgo adalah satu-satunya spesies yang masih hidup dari divisi Ginkgophyta. Tumbuhan ini memiliki daun seperti kipas yang warnanya berubah keemasan dan rontok pada musim gugur, suatu sifat yang tidak umum pada Gymnospermae. Divisi Gnetophyta terdiri atas tiga genus, yang kemungkinan tidak berkerabat dekat satu sama lain, contohnya *Gnetum gnemon* (melinjo), tumbuh di daerah tropis.

Berbagai manfaat diperoleh dari Gymnospermae antara lain penggunaan batang pohon sebagai bahan bangunan, sebagai bubur kertas, penghasil resin, bahan makanan, obat-obatan, dan lain-lain.

4. Angiospermae

Saat ini Angiospermae merupakan tumbuhan yang keanekaragamannya paling tinggi dan secara geografis tersebar paling luas. Dewasa ini dikenal sekitar 250.000 spesies Angiospermae, mencakup hampir 80% dari semua tumbuhan. Angiospermae mensuplai hampir semua makanan kita dan juga serat untuk tekstil. Butir-butir sereal, meliputi gandum, jagung, serta buah-buahan seperti halnya mangga, jeruk, pepaya, juga sayuran, rami, kapas, semuanya merupakan tumbuhan Angiospermae. Kita juga menanam Angiospermae untuk mendapatkan obat-obatan, bahan parfum, pewarna, pemanis, bahan penyamak kulit, dan lain-lain



Gambar 8.36. Keanekaragaman Gymnospermae
(Campbell, 2006).

Ada beberapa adaptasi unik untuk keberhasilan Angiospermae. Daun-daun dari kebanyakan spesies lebar dan rata, suatu bentuk yang membuat mereka menjadi pengumpul energi matahari yang efektif.

Semua Angiospermae ditempatkan dalam satu divisi tunggal, Anthophyta (Yunani: *Antho*=bunga; *phyta*=tumbuhan). Anthophyta dibagi menjadi dua kelas: Monokotiledon (monokotil), dan Dikotiledon (dikotil), terutama berdasarkan jumlah keping bijinya (kotiledon) (Gambar 8.37). Contoh-contoh monokotil adalah anggrek, palem, rumput-rumputan, dan lain-lain, contoh dikotil meliputi kacang-kacangan, tumbuhan bergetah, tanaman hias, dan lain-lain.



Gambar 8.37. Keanekaragaman Angiospermae (Campbell, 2006)..



Gambar 8.38. Perbedaan tumbuhan monokotil dan dikotil. (Campbell, 2006).

8.9. Pertanian organik

Memasuki abad 21, masyarakat dunia mulai sadar bahaya yang ditimbulkan oleh pemakaian bahan kimia sintesis dalam pertanian. Orang semakin arif dalam memilih bahan pangan yang aman bagi kesehatan dan ramah lingkungan. Gaya hidup sehat dengan slogan

back to nature telah menjadi trend baru meninggalkan pola hidup lama yang menggunakan bahan kimia non alami, seperti pupuk sintesis, pestisida kimia, dan hormon tumbuh dalam produksi pertanian. Pangan yang sehat dan bergizi tinggi dapat diproduksi dengan metode baru yang dikenal dengan pertanian organik.

Pertanian organik adalah teknik budi daya pertanian yang mengandalkan bahan-bahan alami tanpa menggunakan bahan-bahan kimia sintesis. Tujuan utama pertanian organik adalah menyediakan produk-produk pertanian, terutama bahan pangan yang aman bagi kesehatan produsen dan konsumennya, serta tidak merusak lingkungan. Gaya hidup demikian telah melembaga secara internasional yang mensyaratkan jaminan bahwa produk pertanian harus beratribut aman dikonsumsi (*food safety attributes*), kandungan nutrisi tinggi (*nutritional attributes*) dan ramah lingkungan (*eco-labelling attributes*). Preferensi seperti ini menyebabkan permintaan produk pertanian organik dunia meningkat pesat.

Indonesia memiliki kekayaan sumberdaya hayati tropika yang unik. Kelimpahan sinar matahari, ketersediaan air dan tanah, serta budaya masyarakat yang menghormati alam, mendukung potensi pertanian organik yang sangat besar. Pasar produk pertanian organik dunia meningkat 20% per tahun, oleh karena itu pengembangan budidaya pertanian organik perlu diprioritaskan pada tanaman bernilai ekonomi tinggi untuk memenuhi kebutuhan pasar domestik dan ekspor.

Peluang pertanian organik di Indonesia

Luas lahan yang tersedia untuk lahan organik di Indonesia sangat besar. Dari 75,5 juta ha lahan yang dapat digunakan untuk usaha pertanian, baru sekitar 25,7 juta ha yang telah diolah untuk sawah dan perkebunan (BPS, 2000). Pertanian organik menuntut agar lahan yang digunakan tidak atau belum tercemar oleh bahan kimia dan mempunyai aksesibilitas yang baik. Kualitas dan luasan menjadi pertimbangan dalam pemilihan lahan. Lahan yang belum tercemar adalah lahan yang belum diusahakan, tetapi secara umum lahan demikian kurang subur. Lahan yang subur umumnya telah diusahakan secara intensif dengan menggunakan bahan pupuk dan pestisida kimia. Menggunakan lahan seperti ini memerlukan masa konversi cukup lama, yaitu sekitar 2 tahun.

Di samping itu, volume produk pertanian organik mencapai 5-7% dari total produk pertanian yang diperdagangkan di pasar internasional. Sebagian besar disuplai oleh Negara-negara maju seperti Australia, Amerika dan Eropa. Di Asia, pasar produk pertanian

organik lebih banyak didominasi oleh negara-negara timur jauh seperti Jepang, Taiwan, dan Korea.

Potensi pasar produk pertanian organik di dalam negeri sangat kecil, hanya terbatas pada masyarakat menengah ke atas. Berbagai kendala yang dihadapi antara lain : 1) belum ada insentif harga yang memadai untuk produsen produk pertanian organik, 2) perlu investasi mahal pada awal pengembangan karena harus memilih lahan yang benar-benar steril dari bahan agrokimia, 3) belum ada kepastian pasar, sehingga petani enggan memproduksi komoditas tersebut.

Areal tanam pertanian organik di negara Australia dan Ocenia mempunyai lahan terluas yaitu sekitar 7,7 juta ha. Eropa, Amerika Latin dan Amerika Utara masing-masing 4,2 juta; 3,7 juta dan 1,3 juta ha. Areal tanam komoditas pertanian organik di Asia dan Afrika masih relatif rendah, yaitu sekitar 0,09 juta dan 0,06 juta ha (tabel 8.6). Sayuran, kopi dan teh mendominasi pasar produk pertanian internasional di samping produk peternakan.

Tabel 8.6. Luas areal tanam lahan pertanian organik di dunia

No	Nama negara	Luas areal tanam (juta ha)
1	Australia dan Ocenia	7,70
2	Eropa	4,20
3	Amerika latin	3,70
4	Amerika utara	1,30
5	Asia	0,09
6	Afrika	0,06

Sumber : IFOAM, 2002; PC-TAS, 2002

Indonesia memiliki potensi yang cukup besar untuk bersaing di pasar internasional walaupun secara bertahap. Hal ini karena berbagai keunggulan komperatif yang ada, antara lain : 1) Banyak sumber daya lahan yang dapat dibuka untuk mengembangkan sistem dan teknologi untuk mendukung pertanian organik seperti pembuatan kompos, tanam tanpa olah tanah, pestisida hayati dan lain-lain. Pengembangan pertanian organik di Indonesia harus ditujukan untuk memenuhi permintaan pasar global. Oleh sebab itu komoditas-komoditas eksotik seperti sayuran, hasil perkebunan seperti kopi dan teh yang memiliki potensi ekspor cukup cerah, perlu segera dikembangkan. Produk kopi misalnya, Indonesia merupakan pengekspor terbesar ke dua setelah Brasil, tetapi sangat disayangkan di pasar internasional kopi Indonesia belum memiliki merek dagang.

Pengembangan pertanian organik di Indonesia belum memerlukan struktur kelembagaan baru, karena sistem ini sama halnya dengan pertanian intensif seperti saat ini. Kelembagaan petani

seperti kelompok tani, koperasi, asosiasi atau korporasi masih sangat relevan. Namun yang paling penting lembaga pertanian tersebut harus dapat memperkuat posisi tawar petani.

Petani organik modern

Beberapa tahun terakhir, pertanian organik modern masuk dalam sistem pertanian Indonesia secara sporadis dan kecil-kecilan. Pertanian organik modern berkembang memproduksi bahan pangan yang aman bagi kesehatan dan sistem produksi yang ramah lingkungan. Tetapi secara umum konsep pertanian organik modern belum banyak dikenal dan masih banyak dipertanyakan. Penekanan sementara ini lebih kepada meninggalkan pemakaian pestisida sintesis. Dengan makin berkembangnya pengetahuan dan teknologi kesehatan, lingkungan hidup, mikrobiologi, kimia, biologi molekuler, biokimia dan lain-lain. Pertanian organik terus berkembang.

Dalam sistem pertanian organik modern diperlukan standar mutu yang diberlakukan oleh negara-negara pengimpor dengan sangat ketat. Seringkali satu produk organik harus dikembalikan ke negara pengekspor, termasuk ke Indonesia, karena masih ditemukan kandungan residu pestisida maupun bahan kimia lainnya. Banyaknya produk-produk yang diklaim sebagai produk pertanian yang tidak disertifikasi membuat keraguan dipihak konsumen. Sertifikasi produk pertanian organik dapat dibagi menjadi dua kriteria sebagai berikut:

a). sertifikasi lokal untuk pangsa pasar dalam negeri.

Kegiatan pertanian ini masih mentolerir penggunaan pupuk kimia sintesis dalam jumlah yang minimal atau low external input sustainable agriculture (LEISA), namun sudah sangat membatasi penggunaan pestisida sintesis. Pengendalian OPT dengan menggunakan biopestisida, varietas toleran, maupun agensia hayati. Tim untuk merumuskan sertifikasi nasional sudah dibentuk oleh departemen pertanian dengan melibatkan perguruan tinggi dan pihak-pihak lain yang terkait.

b) sertifikasi internasional untuk pangsa ekspor dan kalangan tertentu di dalam negeri.

Misalnya sertifikasi yang dikeluarkan oleh SKAL maupun IFOAM. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi antara lain ialah masa konversi lahan, tempat penyimpanan produk organik, bibit, pupuk dan pestisida serta pengolahan hasilnya harus memenuhi persyaratan tertentu sebagai produk pertanian organik.

Beberapa komoditas prospektif yang dapat dikembangkan dengan sistem pertanian organik di Indonesia antara lain tanaman pangan,

hortikultura, perkebunan, tanaman rempah-rempah, tanaman obat-obatan serta peternakan (tabel 8.7). Menghadapi era perdagangan bebas (tahun 2010), diharapkan pertanian organik Indonesia sudah dapat mengekspor produknya ke pasar internasional.

Table 8.7. Komoditas produk unggulan dengan sistem pertanian organik

No	Kategori komoditi
1	tanaman pangan padi
2	hortikultura sayuran :brokoli, kubis merah, petsai, caisin, cho putih, kubis tunas, bayam daun, labu siyam, oyong dan baligo. buah-buahan: nangka, durian, salak, mangga, jeruk, dan manggis.
3	perkebunan kelapa, pala, jambu, mete, cengkeh, lada, vanilli, dan kopi.
4	rempah dan obat: jahe, kunyit, temulawak, dan temu-temuan lainnya.
5	peternakan susu, telur dan daging

Bagaimana mengenali produk organik di pasaran?

Ada pendapat bahwa untuk mengenali produk organik dapat dilihat dari penampakan daun, buah atau batang tanaman. Bila terdapat lubang atau berulat, menandakan bahwa tanaman tersebut menggunakan hanya sedikit atau tanpa pestisida, karena biasanya sayuran yang betul-betul mulus tanpa cela menunjukkan si petani menggunakan pestisida berlebihan. Sebaliknya sayuran yang daunnya berlubang atau batangnya berulat menandakan petani menggunakan hanya sedikit atau tanpa pestisida.

Sayuran organik seperti kacang panjang, buncis dan wortel terasa manis dan renyah, kesegarannya juga lebih tahan lama. Sedangkan, nasi yang berasal dari beras organik beraroma wangi, empuk dan lebih awet.

Tetapi dari fakta lapangan menunjukkan bahwa budidaya pertanian dapat menghasilkan produk yang mulus, tidak berlubang, tidak berulat bila proses perawatan dan monitoringnya dilakukan dengan baik. Selain itu produk organik yang dipasarkan tidak hanya produk pertanian segar, tetapi juga terdapat produk segar (olahan) dari ternak atau perikanan. Cara di atas hanya memberikan informasi awal untuk mengetahui keorganikan produk, tetapi bukan jaminan keorganikan produk organik.

Bagaimana menentukan keorganikan produk organik?

Keyakinan dan kepercayaan menjadi landasan konsumen memilih produk organik. Keorganikan suatu produk organik ditentukan bukan

berdasarkan produknya tetapi bagaimana produk tersebut diproses (*organically produced*). Konsumen sebaiknya mengetahui bagaimana proses untuk menghasilkan produk organik yang di konsumsi dengan berkunjung ke lahan budidaya pertanian organik, sehingga konsumen menjadi yakin dan percaya, bahwa produk tersebut benar-benar organik.

Bagaimana mengetahui keorganikan produk organik bila jarak konsumen dan produsen jauh sehingga konsumen tidak mengetahui siapa dan bagaimana proses produksinya?

Jika produsen memiliki orientasi pemasaran yang makin luas (pasar nasional atau ekspor), dan konsumen tidak dapat diorganisir secara langsung, maka diperlukan sertifikasi atau pelabelan produk organik untuk memberikan keyakinan dan kepercayaan kepada konsumen bahwa produk tersebut benar-benar organik.

Apa sertifikasi organik itu?

Proses untuk mendapatkan pengakuan bahwa proses budidaya pertanian organik atau proses pengolahan produk organik dilakukan berdasarkan standar dan regulasi yang ada disebut dengan sertifikasi organik. Apabila memenuhi prinsip dan kaidah organik, produsen dan atau pengolah akan mendapatkan sertifikasi organik dan berhak mencantumkan label organik pada produk yang dihasilkan dan pada bahan-bahan publikasinya.

Apakah untuk menentukan keorganikan produk diperlukan pengujian laboratorium?

Pengujian laboratorium untuk menentukan keorganikan produk organik diperlukan bila terdapat kecurigaan terjadinya praktek yang melanggar prinsip dan kaidah pertanian organik yang dilakukan pada proses budidaya atau pada proses pengolahan produksi. Bila dilakukan pengujian laboratorium, contoh uji bukan hanya pada produk akhir saja, tapi juga air dan tanah yang dipergunakan dalam proses pengolahan produksinya. Pengujian dilakukan setiap saat pada tiap tahap proses sehingga biaya pengujian laboratorium menjadi amat besar, yang tentunya memberatkan produsen dan petani itu sendiri.

Rangkuman

Sel tumbuhan terdiri atas: dinding sel, sitoplasma (retikulum endoplasma, ribosom, mitokondria, aparatus golgi, plastida, mirotubul, vakuola) dan nukleus. Sel tumbuhan bentuknya tetap karena memiliki dinding sel yang mengandung selulosa. Pada dinding sel tumbuhan dijumpai struktur khusus yang disebut noktah. Melalui noktah ini aliran sitoplasma sel-sel yang berdampingan (plasmodesmata) dapat saling berhubungan.

Jaringan adalah kelompok sel-sel yang struktur dan fungsinya sama. Di dalam tubuh tumbuhan terdapat dua jenis jaringan utama, yaitu jaringan meristem dan jaringan dewasa. Jaringan meristem adalah jaringan yang aktif membelah, terdiri atas meristem primer yang terdapat pada ujung akar dan ujung batang, dan meristem sekunder yang ditemukan pada batang tumbuhan dikotil. Jaringan dewasa tersusun dari sel-sel yang kompleks, berupa parenkim, epidermis, jaringan penyokong (klorenkim dan sklerenkim), jaringan pengangkut (xilem dan floem), dan jaringan gabus (periderm).

Organ pada tumbuhan terdiri atas tajuk (batang, cabang, dan daun) serta akar. Organ pada tumbuhan monokotil dan dikotil (akar, batang dan daun), berbeda dalam struktur morfologi dan anatominya.

Berkas pengangkut berkelompok membentuk berkas pembuluh atau berkas pembuluh yang meluas ke seluruh organ tubuh, akar, batang, daun, dan bunga sehingga transportasi tumbuhan dapat berlangsung dengan cepat dan efisien.

Pertumbuhan adalah peristiwa penambahan volume yang mencakup penambahan jumlah sel, volume sel, jenis sel, maupun substansi yang terdapat di dalam sel dan bersifat *irreversible* (tak dapat kembali). Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh 2 faktor, yaitu faktor intraseluler (hereditas/gen) dan faktor interseluler yaitu makanan (nutrisi), gen, lingkungan, dan zat tubuh (hormon).

Perkembangan adalah suatu proses yang berjalan sejajar dengan pertumbuhan. Perkembangan dapat diartikan sebagai suatu proses menuju tercapainya kedewasaan, tidak dapat dinyatakan dengan ukuran.

Gerak pada tumbuhan dapat dibedakan berdasarkan bagian yang bergerak dan faktor-faktor yang mempengaruhi gerak tersebut. Macam gerak tersebut adalah *gerak higroskopis*, *gerak endonom*, dan *gerak esionom*.

Perkembangbiakan pada umumnya dibedakan dalam dua cara yaitu perkembangbiakan aseksual (vegetatif), serta perkembangbiakan seksual (generatif).

Reproduksi vegetatif terbagi dua yaitu alami (pembentukan spora, fragmentasi, tunas adventif, geragih/stolon, rizoma, rizoid, tunas, umbi akar, umbi batang, umbi daun) dan buatan (mencangkok, menempel/okulasi, menyambung, merunduk, mengenten, dan stek). Keuntungan reproduksi vegetatif ialah mendapatkan tanaman sesuai dengan sifat induknya dan cepat menghasilkan buah, sedangkan kerugiannya ialah batang tidak kokoh dan tidak tahan hidup lama. Reproduksi generatif pada tumbuhan berlangsung melalui tiga tahap yaitu polinasi, pembuahan, dan pemencaran alat perkembangbiakan. Pemencaran terbagi dua macam, yaitu: tanpa bantuan faktor luar (rizoma, tunas, stolon, dan higroskopis),serta dengan bantuan faktor luar (angin, air, hewan, manusia, dan panas).

Tumbuhan kemungkinan besar berevolusi dari ganggang hijau yang hidup di perairan, dengan berbagai bentuk adaptasi terhadap kehidupan di darat. Tumbuhan merupakan makhluk hidup eukariot multiseluler yang dapat membuat molekul organik dari molekul anorganik melalui proses fotosintesis. Keanekaragaman tumbuhan modern dewasa ini diwakili oleh empat kelompok besar, yakni Bryophyta (lumut), Pteridophyta (paku-pakuan), Gymnospermae (tumbuhan berbiji terbuka), dan Angiospermae (tumbuhan berbiji tertutup).

Pertanian organik adalah teknik budi daya pertanian yang mengandalkan bahan-bahan alami tanpa menggunakan bahan-bahan kimia sintesis. Tujuan utama pertanian organik adalah menyediakan produk-produk pertanian, terutama bahan pangan yang aman bagi kesehatan produsen dan konsumennya, serta tidak merusak lingkungan. Gaya hidup demikian telah melembaga secara internasional yang mensyaratkan jaminan bahwa produk pertanian harus beratribut aman dikonsumsi (*food safety attributes*), kandungan nutrisi tinggi (*nutritional attributes*) dan ramah lingkungan (*eco-labelling attributes*).

Soal Latihan

A. Berilah tanda silang (x) pada huruf a, b, c, d, atau e untuk jawaban yang tepat!

1. Lapisan gabus pada batang suatu tumbuhan disebut dengan
 - a. felem
 - b. felogen
 - c. perikambium
 - d. prokambium
 - e. perisikel
2. Di antara jaringan-jaringan di bawah ini yang bukan jaringan tumbuhan adalah
 - a. floem
 - b. kolenkim
 - c. epitel
 - d. xilem
 - e. parenkim
3. Dengan adanya rambut-rambut akar maka terjadi proses penyerapan air dan garam-garam mineral dari dalam tanah oleh tanaman. Proses ini disebut dengan
 - a. difusi
 - b. absorpsi
 - c. reasorpsi
 - d. imbibisi
 - e. respirasi
4. Sel tumbuhan yang memberi kekuatan pada tempurung kenari dan kelapa adalah
 - a. kolagen
 - b. parenkim
 - c. xylem
 - d. kolenkim
 - e. sklereid
5. Sel-sel yang dapat membelah terdapat pada
 - a. buah yang masak
 - b. ujung akar
 - c. jaringan permanen
 - d. batang
 - e. bunga
6. Yang membedakan antara sel kolenkim dan sel sklerenkim adalah
 - a. ukurannya
 - b. keadaan dindingnya
 - c. bentuknya
 - d. jumlah selnya
 - e. kepadatan selnya

7. Umumnya sel epidermis tumbuhan tidak mempunyai klorofil, kecuali
- epidermis bawah
 - jaringan spons
 - jaringan palisade
 - sel epidermis atas
 - sel penutup stomata
8. Dari modifikasi organ apakah organ bunga pada tumbuhan dibentuk?
- batang
 - akar
 - biji
 - daun
 - buah
9. Bukan perbedaan batang monokotil dan dikotil ialah
- percabangan pada batang
 - susunan jaringan pembuluh
 - lokasi empulur
 - struktur kambium
 - bentuk sel parenkim
10. Selain letak dan fungsinya, pembuluh xilem dan floem dapat dibedakan menurut
- struktur penyusun
 - warna
 - jaringan dasar
 - kandungan klorofil
 - lapisan epidermis
11. Fermentasi alkohol yang dikerjakan oleh *Saccharomyces* dalam larutan yang mengandung glukosa dapat dituliskan dalam persamaan reaksi
- $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_2H_5OH + CO_2$
 - $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 28\text{kkal}$
 - $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO + O_2$
 - $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_3H_4O_3 + 2H_2$
 - $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_2H_5OH + 2H_2O + 2CO_2$
12. Perbedaan antara kemosintesis terletak pada
- macam unsur yang digunakan
 - sumber energi yang dimanfaatkan
 - macam makhluk hidup yang bekerja
 - medium tempat hidup makhluk hidup

- e. zat hasil sintesisnya
13. Gejala klorosis pada tumbuhan dapat dihindarkan jika tanah tempat tumbuhnya diberi pupuk yang mengandung
- urea
 - N, P, K
 - Fe dan Mg
 - Fosfat
 - C, H, O
14. Pembuatan tape dari singkong dengan bantuan ragi merupakan proses
- respirasi
 - hidrolisa
 - fermentasi
 - degradasi
 - fosforilasi
15. Gerak melilit sulur tanaman markisa pada ranting tanaman lain termasuk gerak
- hidrotropi
 - tigmotropi
 - geotropi
 - fototropi
 - otonom
16. Persamaan antara gerak tropi dan taksis adalah bahwa kedua macam gerak tersebut
- dipengaruhi oleh cahaya
 - geraknya menjauhi sumber rangsang
 - arah gerak ditentukan sumber rangsang
 - gerak tidak bebas
 - dipengaruhi suhu
17. Di antara gerak berikut ini yang termasuk fotonasti adalah
- gerak kloroplas ke sisi sel yang dikenai matahari
 - spermatozoid menuju sel telur
 - membuka stomata
 - menutup stomata
 - batang kecambah

18. Pada waktu sore hari kita sering melihat daun-daun famili Leguminoceae menutup. Gerakan itu disebut
- fotonasti
 - seismonasti
 - termonasti
 - nasti
 - niktinasti
19. Sebuah tanaman dalam pot diletakkan horizontal dalam ruang gelap akan terlihat batangnya tumbuh ke atas. Akan tetapi, jika pot tersebut diputar terus-menerus maka batangnya tetap horizontal karena
- pemutaran menolong pertumbuhan ke arah horizontal
 - pemutaran mencegah rangsangan luar
 - pemutaran tersebut meniadakan pengaruh cahaya matahari
 - pemutaran mencegah rangsangan dalam
 - pemutaran tersebut meniadakan gaya tarik bumi
20. Penyebaran alat perkembangbiakan secara entomokori terjadi pada tumbuhan yang bijinya
- kecil dan mengandung lemak
 - kecil dan ringan
 - dapat dimakan dan ringan
 - kecil dan mempunyai sayap
 - mempunyai rambut-rambut
21. Salah satu di antara tumbuhan di bawah ini yang penyebaran alat perkembangbiakannya dibantu dengan air adalah
- | | |
|------------|-----------|
| a. padi | d. kelapa |
| b. vanili | e. kopi |
| c. anggrek | |
22. Tumbuhan yang penyebarannya dibantu dengan angin antara lain
- | | |
|------------|---------------|
| a. meranti | d. mahoni |
| b. kapok | e. jambu biji |
| c. anggrek | |

23. Berikut ini adalah ciri-ciri bunga tumbuhan yang penyerbukannya dibantu oleh angin, kecuali
- tidak memiliki mahkota
 - serbuk sarinya banyak
 - serbuk sarinya ringan
 - mengeluarkan bau yang khas
 - kepala putiknya besar
24. Pada reproduksi tumbuhan berbunga, masaknyanya benang sari dan daun buah adalah sangat penting. Bila masaknyanya benang sari lebih dahulu dari bakal buah maka bunga demikian dinamakan
- herkogami
 - kleistogami
 - protogini
 - protandri
 - apogami
25. Pada bunga kembang sepatu, letak kepala sari lebih rendah dari kepala putik. Cara penyerbukan yang tidak mungkin terjadi pada bunga tersebut adalah penyerbukan
- silang
 - tetangga
 - baster
 - sendi
 - serangga
26. Hormon berikut tidak termasuk hormon pertumbuhan pada tumbuhan
- | | |
|-----------------|--------------|
| a. asam absisat | d. sitokinin |
| b. auksin | e. tiroksin |
| c. giberelin | |
27. Pertumbuhan biji diawali dengan penyerapan
- | | |
|-------------------|-----------|
| a. oksigen | d. air |
| b. karbondioksida | e. cahaya |
| c. mineral | |
28. Untuk mempermudah pengamatan jaringan penyusun batang, secara mikroskopis dapat digunakan reagen
- | | |
|-------------|-----------------|
| a. millon | d. metilen biru |
| b. benedict | e. asetokarmin |

c. anilin

29. Hormon yang berfungsi untuk mempengaruhi penyembuhan luka pada batang mangga, yaitu

- a. kaulokalin
- b. rhizoklain
- c. asam traumalin
- d. filokalin
- e. anthokalin

30. Di bawah ini yang bukan faktor interseluler pertumbuhan tumbuhan adalah

- a. cahaya
- b. gen
- c. suhu
- d. air
- e. nutrisi

31. Di antara fungsi makhluk hidup di bawah ini yang erat kaitannya dengan fungsi kelestarian jenis, yaitu

- a. respirasi
- b. reproduksi
- c. ekskresi
- d. inspirasi
- e. transportasi

32. Penyerbukan pada tumbuh-tumbuhan yang dibantu oleh burung disebut

- a. zodiogami
- b. entomogami
- c. kiroptogami
- d. malakogami
- e. ornitogami

33. Proses pembentukan embrio dari sel telur tanpa pembuahan disebut

- a. parthenogenesis
- b. amfiksisi
- c. apomiksis
- d. apogamik
- e. neoteni

34. Tujuan mencangkok tumbuhan adalah

- a. menghasilkan keturunan yang mewarisi sifat gabungan dari induk jantan dan betina
- b. menghasilkan spesies tumbuhan baru
- c. menghasilkan keturunan yang sama dengan induknya
- d. melindungi varitas liar supaya tidak punah
- e. menghasilkan spesies yang unggul

35. Penyebaran alat perkembangbiakan entomokori terjadi pada tumbuhan yang bijinya
- kecil dan mengandung lemak
 - kecil dan ringan
 - dapat dimakan dan ringan
 - kecil dan mempunyai sayap
 - mempunyai rambut-rambut

B. Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan benar!

- Mengapa tumbuhan yang diletakkan pada klinostat dan diputar, arah pertumbuhan batangnya tetap mendatar?
- Para petani dalam menyebar benih padi tidak pernah memperhatikan jatuhnya biji padi mereka di tanah. Apakah jika padi itu jatuh terbalik atau sebaliknya akan menimbulkan masalah terhadap arah pertumbuhan batang dan akar padi tersebut? Jelaskanlah pendapatmu!
- Buktikanlah bahwa pertumbuhan akar dan batang masing-masing dipengaruhi oleh gaya berat bumi dan matahari!
- Berdasarkan pengetahuan tentang difusi auksin pada batang dan pengaruh cahaya, jelaskanlah pendapatmu jika pertumbuhan batang tanaman pot diletakkan di dekat kaca akan membelok ke luar?
- Apakah yang dimaksud dengan
 - penyerbukan
 - pembuahan
 - pemencaran
 - okulasi
 - stek
 - niktinasti
 - kemotaksis
 - geotropisme
 - endonom
 - esionom
 - higroskopis
- Pembiakan vegetatif berdasarkan ada tidaknya campur tangan manusia dibedakan atas dua kelompok. Jelaskan beserta contoh-contoh yang termasuk pembiakan vegetatif alami!

7. Sebutkan keuntungan dan kerugian yang diperoleh Tanti apabila menggunakan pembiakan vegetatif buatan dalam memperbanyak tanaman *Manilkara kauki* (sawo kecil)!
8. Penyerbukan pada vanili harus dilakukan oleh manusia. Mengapa? Faktor-faktor apa sajakah yang menyebabkan tumbuhan tidak dapat mengadakan penyerbukan sendiri?
9. Tuliskan ciri-ciri tumbuhan yang pemencarannya dibantu oleh angin (anemogami)!
10. Gambarkan alat-alat pembiakan generatif pada tumbuhan!
11. Pembentukan pada serangga dapat terjadi secara partenogenesis. Coba Kalian jelaskan beserta contohnya!
12. Vegetatif berdasarkan ada tidaknya campur tangan manusia dibedakan atas dua kelompok. Jelaskan beserta contoh-contoh yang termasuk vegetatif alami!
13. Tuliskan ciri-ciri tumbuhan yang pemencarannya dengan bantuan air(hidrokorori)!

DAFTAR PUSTAKA

- Abas M, Yadi R, Imam S, Sri N, Sutarto, Murtiningsih, Parlan, Retno N, Soewarni, Ispondia, Suradi. 2002. *Panduan Belajar Biologi I A dan IB*. Yudhistira, Jakarta.
- Alberts B. 1994. *Biologi Molekuler Sel, Edisi Kedua*. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Alexopoulos CJ, Mims CW, Blackwell M. 1996. *Introductory Mycology*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Beckett B & Gallagher RM. 1990. *All About Biology*. Oxford University Press, UK-England.
- Bold HC & Wynne MJ. 1978. *Introduction to the Algae*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Booolootian RA. 1979. *Zoology*. The Macmillan Company, London.
- Madigan MT, Martinko JM, Parker J. 2006. *Brock, Biology of Microorganisms, 10th ed*. Prentice Hall. New Jersey.
- Brum G. 1994. *Biology: Exploring Life*. Johns Wiley and Sons, Inc., New York.
- Campbell NA. Mitchell LG, Reece JB. 1997. *Biology, 2nd ed*. Benjamin Cummings Publishing Company, Inc., Redword City, England.
- Campbell NA. Mitchell LG, Reece JB, Taylor MR, Simon EJ. 2006. *Biology, 5th ed*. Benjamin Cummings Publishing Company, Inc., Redword City, England.
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 1999. *Kurikulum Sekolah Menengah Kejuruan (GBPP) Mata Pelajaran Biologi*. Depdikbud, Jakarta.
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 2004. *Kurikulum Sekolah Menengah Kejuruan (GBPP) Mata Pelajaran Biologi*. Depdikbud, Jakarta.
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 2004. *Standar Kompetensi. Mata Pelajaran Biologi Sekolah Menengah Kejuruan*. Depdikbud, Jakarta.

- Frandsen RD. 1992. *Anatomi dan Fisiologi Ternak*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Green NPO. 1986. *Biological Sciences II*. Cambridge University Press, London.
- Haynes NL. 1973. *Biological Science and Ecological Approach (BSCS Green Version)*. Rand McNally and Company, Chicago.
- Imms A. 1960. *A General Textbook of Entomology*. Methuen & Co, London.
- Jeffrey C. 1982. *An Introduction to Plant Taxonomy*. Cambridge University Press, New York.
- Johnson WH. 1965. *General Biology*. Holt, Reinhard and Winston, Inc, USA.
- Jones KC. 1977. *Introductory Biology*. John Wiley & Sons, Inc., Canada.
- Keeton WT & Gould JL. 1996. *Biological Science, 5th ed*. W.W. Norton & Company, Inc.USA.
- Kimball JW, Tjitrosomo SS, Soegiri N. 1996. *Biology Jilid I, II, III*. Erlangga, Jakarta.
- Kondo. 1982. *The New Book of Popular Science*. Grolier Int. Inc., New York.
- Lederer RJ. 1984. *Ecology and Field Biology*. The Benjamin Cummings, California.
- Luria SE, Gould SJ & Singer S. *A View of Life*. Harper Collins Publishers, New York.
- Mackean DG. 1991. GCSE. *Introduction to Biology*. John Murray, London.
- Marshall AJ & Williamms WD. 1981. *Textbook of Zoology*. Vol I: Invertebrates. Macmillan Press, Australia.
- Mix MC. 1992. *Biology*. The Network of Life. Harper Collins Publishers, New York.
- Monger G & Sangster M. 1988. *Systematics and Classification*. Longman Group, London.

- Moore-Landecker E. 1996. *Fundamentals of the Fungi*. 4th ed. Prentice Hall. New Jersey.
- Mukayat DB. 1990. *Zoologi Dasar*. Erlangga, Jakarta.
- Neushul M. 1974. *Botany*. Hamilton Publishing Co., California.
- Nuswamarheni S, Diah P & Endang PS. 1993. *Mengenal Buah Unggul Indonesia*. Penerbit Swadaya, Jakarta.
- Oram, Hammer, Smoot. 1986. *Biology Living Systems*, 5th ed. Charles E. Merrit Publishing Company, Columbia, Ohio.
- Pelczar MJ & Chan ECS. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. 1986. Penerbit universitas Indonesia, Jakarta.
- Philips WD & Chilton TJ. 1989. *A Level Biology*. Oxford University Press, Oxford.
- Purves WK. *Life the Science of Biology*, 7th ed. Sinauer associations, inc. WH Freeman and company, USA.
- Radioputra. 1983. *Zoologi*. Erlangga, Jakarta.
- Raven PH & Johnson GB. 2005. *Biology*, 2nd ed. Times/Mirror/Mosby College Publishing, Toronto.
- Resosoedarmo RS. 1993. *Pengantar Ekologi*. PT Remaja Rosdakarya, Bandung.
- Roberts MBV & Monger G. 1993. *Biology: A Functional Approach*. Thomas Nelson and Sons Ltd, London.
- Rochyadi Y. 1986. *Pegangan Biologi*. Armico, Bandung.
- Sastrapradja SD. 1989. *Mengenal Sumber Pangan Hayati dan Plasma Nutfahnya*. Puslitbang Bioteknologi-LIPI, Bogor.
- Smith GM. 1983. *Cryptogamic Botany Algae and Fungi Vol. I*. Tata McGraw Hill, New Delhi.
- Smith RL. 1992. *Elements of Ecology*. 3rd ed. Harpercollins Pub, New York.
- Starr C & Taggart R. 1984. *The Unity and Diversity of Life*, 3rd ed. Wadsworth Publishing Co, California.

- Storer T & Usinger R. 1961. *Element of Zoology*, 2nd ed. McGraw Hill Book Publishing Co., New York.
- Solomon. 1993. *Biology*, 3rd ed. Saunders College Publishing, Fort Worth.
- Tjitrosomo SS. 1984. *Botani Umum 3*. Penerbit Angkasa, Bandung.
- Torrance J. 1991. *Standard Grade Biology*. Hodder & Stoughton, London.
- Wallace RA. 1992. *Biology. The World of Life*, 6th ed. Harpen Collins, New York.
- Watson JD, David JT & Kurtz T. 1998. Alih Bahasa Wisnu Gunarso. *DNA Rekombinan*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Weier E. 1982. *Botany: An Introduction to Plant Biology*. 6th ed. John Wiley Sons, Singapore.
- Winatasasmita D & Sukarno. 1993. *Biologi 1 untuk SMU*. Depdikbud, Jakarta.
- Yatim W. 1983. *Genetika*. Tarsito, Bandung.
- Yayasan Studi Kurikulum Biologi. 1987. *Biologi Umum 1, 2, 3*. PT Gramedia, Jakarta.
- Yudianto SA. 1992. *Pengantar Cryptogamic*. Tarsito, Bandung.
- Zottoli R. 1983. *Pengantar Biologi Laut*. Mosby Company, London.

DAFTAR ISTILAH (GLOSARI)

Abisal	: daerah yang lebih dalam dan lebih jauh dari pantai
Afotik	: daerah yang sama sekali gelap
Akinet	: sel yang tidak aktif akan membentuk trikoma baru setelah masa dorman selesai
Alel	: gen-gen yang berada pada lokus yang setentang/selevel/bersesuaian pada kromosom yang sehomolog
Alogami	: serbuk sari berasal dari individu lain yang spesiesnya sama
Ametabola	: tidak ada pergantian bentuk dan hanya dapat dilihat pertambahan besar ukuran
Amfiartrosis	: hubungan tulang yang masih memungkinkan adanya sedikit gerakan.
Amnensalisme	: Interaksi merupakan gangguan bagi satu makhluk hidup tapi tidak berpengaruh pada makhluk hidup lainnya
Anabolisme	: penyusunan senyawa-senyawa organik dari senyawa sederhana menjadi senyawa kompleks menggunakan energi
Anatomi	: susunan tubuh makhluk hidup
Aneuploidi	: perubahan set kromosom
Aneusomi	: jumlah autosom maupun gonosomnya dapat berkurang atau bertambah dari normal
Autosom	: sel tubuh manusia
Autopoliploidi	: genom (N) sendiri yang berganda karena gangguan waktu meiosis
Amfiksisi	: kandung lembaga berasal dari hasil peleburan ovum dan sperma
Applied Science	: ilmu terapan
Apomiksisi	: kandung lembaga bukan berasal dari hasil peleburan ovum dan sperma.
Aporogami	: inti sperma masuk tidak melalui mikropil, misalnya melalui kalaza
Autogami	: serbuk sari berasal dari bunga yang sama, proses penyerbukan terjadi selagi bunga belum mekar
Angiospermae	: tumbuhan berbiji tertutup
Apterygota	: serangga tidak bersayap
Asimilasi	: proses sintesis senyawa-senyawa an-organik untuk disusun menjadi senyawa-senyawa organik
Askokarp	: tubuh buah yang mengandung askospora pada Ascomycota
Artospora	: spora yang dihasilkan dari pemisahan hifa

Autotrop	: makhluk hidup yang dapat membuat makanan sendiri
Bakteriofag	: virus yang menyerang bakteri
Batial	: daerah yang kedalamannya \pm 200-2500 m
Bentos	: hewan-hewan yang melekat atau beristirahat pada dasar atau hidup pada endapan
Biogas	: pembuatan gas yang memanfaatkan mikroorganisme
Biokatalisator	: sifat enzim yang mempercepat suatu reaksi tetapi tidak ikut bereaksi
Bioenergi	: energi hasil dari proses biologi
Biomassa	: bobot makhluk hidup persatuan luas ekosistem
Bioma	: ekosistem dalam skala besar yang melibatkan iklim akibat perbedaan letak geografis
Blastospora	: spora aseksual yang dihasilkan dengan cara berkuncup, contohnya pada khamir
Breeding	: proses perkawinan silang pada makhluk hidup
Daur ulang	: salah satu cara untuk mengolah sampah organik dan anorganik menjadi benda-benda yang bermanfaat
Daya dukung	: ketersediaan sumber daya alam, cukup ruang untuk memenuhi kebutuhan dasar pada tingkat kestabilan sosial tertentu
Daya lenting	: kemampuan lingkungan untuk pulih kembali pada keadaan seimbang jika mengalami perubahan atau gangguan.
Determinasi	: membandingkan ciri-ciri morfologi makhluk hidup yang berlawanan
Diploblastik	: dinding tubuh terdiri dari dua lapisan yaitu lapisan luar dan dalam
Dendrit	: bagian saraf-saraf memanjang penerima rangsang
Dihibrida	: suatu persilangan (pembastaran) dengan dua sifat beda
Diferensiasi	: proses pembentukan organ-organ tubuh makhluk hidup secara spesialisasi
Difusi	: pergerakan molekul-molekul zat dari daerah berkonsentrasi lebih tinggi (hipertonis) ke daerah berkonsentrasi lebih rendah (hipotonis)
Diploid	: memiliki 2 set kromosom yang homolog (2n)
Dikotomi	: pembeda memiliki dua pilihan yang berlawanan
Dikotil	: tumbuhan berkeping dua
Double helix	: tangga tali berpilin pada kromosom
Dominan	: sifat yang utama
Dispersal	: pemencaran alat-alat perkembangbiakan
Dikogami	: masaknya serbuk sari dan putik tidak bersamaan
Delesi	: kehilangan gen

Duplikasi	: penggandaan gen
Efek rumah kaca	: Merupakan gejala peningkatan suhu dipermukaan bumi yang terjadi karena meningkatnya kadar CO ₂ (karbon dioksida) di atmosfer
Ekosistem	: suatu kondisi hubungan interaksi antara faktor biotik dengan faktor abiotik
Ekologi	: ilmu yang mempelajari hubungan makhluk hidup dengan lingkungannya
Elastis	: bersifat lentur
Esionom	: gerak berupa reaksi terhadap rangsang dari luar
Endonom	: gerak bagian tubuh tumbuhan yang disebabkan oleh rangsangan dari dalam
Endospora	: spora yang dihasilkan di dalam sel
Ekstravaskuler	: pengangkutan air dan garam mineral di luar berkas pembuluh, berlangsung dari sel ke sel secara horizontal
Embrionik	: proses pembentukan dan perkembangan embrio pada makhluk hidup
Enzim	: katalis protein yang dihasilkan oleh sel dan bertanggung jawab untuk laju dan bersifat khusus yang tinggi dari satu atau lebih reaksi biokimia intraseluler atau ekstraseluler
Epistasis	: faktor yang membawa sifat yang menutup
Epiteka	: bagian tutup dari alga diatomae
Etiolasi	: batang tumbuhan lemas karena kekurangan sinar matahari
Eukariotik	: makhluk hidup yang memiliki membran inti sel
Fagotrof	: makhluk hidup makro konsumen
Faset	: mata yang terdapat pada serangga
Fenotipe	: sifat-sifat yang tampak pada makhluk hidup, seperti warna kulit, tinggi, jenis rambut
Fermentasi	: perubahan enzimatik dan anaerob dari substansi organik oleh mikroorganisme untuk menghasilkan zat organik yang lebih sederhana
Fertilisasi in vitro	: proses pembuahan yang terjadi di luar tubuh
Fisura	: retak tulang
Flame Cell	: sel-sel api
Floem	: pembuluh tapis
Fotik	: daerah yang masih dapat diterangi sinar matahari
Fototropisme	: gerak tumbuh bagian tubuh tumbuhan karena rangsang cahaya
Fotosintesis	: asimilasi karbon yang menggunakan cahaya sebagai energi.
Food chain	: Proses transfer energi makanan dari sumbernya (tumbuhan) melalui serangkaian makhluk hidup yang makan dan dimakan

Fraktura	: patah tulang terbuka dan tertutup
Gastrulasi	: fase perkembangan embrio setelah pembelahan dan perubahan dari blastula ke gastrula
Genom	: set kromosom
Genotipe	: sifat-sifat yang dibawa gen
Geitonogami	: serbuk sari berasal dari bunga lain pada satu individu
Gestasi	: masa kehamilan hewan
Gizzard	: organ tubuh berfungsi untuk menggiling makanan.
Gutasi	: peristiwa pengeluaran air dalam bentuk tetes-tetes air melalui celah yang terdapat pada tepi daun
Gymnospermae	: tumbuhan berbiji terbuka
Haustorium	: cabang khusus suatu hifa yang berguna sebagai alat melekat dan menghisap pada bagian luar tumbuhan, atau menyerap makanan di dalam sel
Hemimetabola	: metamorfosis tidak sempurna pada serangga
Holometabola	: metamorfosis sempurna pada serangga
Herba	: tanaman yang memiliki batang berair atau berbatang lunak, misalnya bayam
Heterotrof	: makhluk hidup tidak berklorofil dan tidak menghasilkan bahan organik sendiri
Hibridisasi	: proses perkawinan
Higroskopis	: gerak karena perbedaan kadar air yang tidak merata pada bagian tubuh tumbuhan.
Hipotesis	: dugaan sementara
Heterosista	: dinding sel-sel tertentu pada sianobakteri menebal dan berfungsi untuk mengikat nitrogen
Hiperparasit	: parasit yang hidup pada parasit lainnya, contoh <i>Vicum</i> sp pada benalu
Hujan asam	: sulfur dioksida (SO ₂) dan nitrogen dioksida (NO ₂) bereaksi di udara membentuk asam yang jatuh ke bumi bersama dengan hujan dan salju
Identifikasi	: menelaah sifat-sifat suatu makhluk hidup untuk menentukan namanya dari hasil pengamatan morfologi (pencandraan)
Imbibisi	: kemampuan dinding sel dan plasma sel untuk menyerap air dari luar sel
Inhibitor	: zat penghambat enzim
Incineration	: proses penghancuran sampah padat dibakar di dalam alat insinerator
Insectivor	: tumbuhan yang dapat menangkap serangga sebagai sumber nitrogen
Involunter	: mekanisme kerja saraf tidak sadar
Irreversibel	: kemampuan dinding sel dan plasma sel menyerap air dari luar sel

Isogami	: penyatuan dua sel kelamin (gamet) yang sama bentuk dan ukurannya
Kalus	: bagian sel yang mempunyai kemampuan membelah terus menerus pada kultur jaringan
Katabolisme	: penguraian senyawa-senyawa organik kompleks menjadi sederhana dengan melepaskan energi yang digunakan makhluk hidup untuk berbagai kegiatan
Kariogami	: persatuan inti dari dua individu
Kapsomer	: virus yang memiliki lipoprotein, bahan dari lemak dan protein
Kapsid	: kapsul protein yang mengelilingi asam nukleat virus
Kartilago	: tulang rawan
Kemosintesis	: makhluk hidup yang melakukan asimilasi Karbon dengan menggunakan energi yang berasal dari reaksi-reaksi kimia
Khamir	: cendawan (fungi) uniseluler yang berkuncup, contohnya Saccharomyces
Klasifikasi	: Proses pengaturan atau penggolongan makhluk hidup dalam kategori golongan yang bertingkat
Kranium	: tulang tengkorak
Kromatin	: benang-benang pembawa sifat keturunan
Kromosom	: pembawa sifat menurun, terdapat dalam inti sel, perkembangan dari kromatin, tampak pada saat sel membelah
Kromosom homolog	: kromosom yang saling berpasangan pada sel diploid
Kromosom seks	: kromosom yang menentukan jenis kelamin jantan atau betina
Komensalisme	: hubungan simbiosis antara dua makhluk hidup, satu makhluk hidup mendapat keuntungan sedangkan pasangannya tidak terpengaruh
Kompetisi	: persaingan antar anggota satu spesies atau yang berbeda spesies
Komunitas	: sekelompok makhluk hidup terdiri atas berbagai populasi yang saling berinteraksi sesamanya pada suatu tempat dan waktu tertentu.
Konyugasi	: penggabungan materi DNA
Kopulasi	: transfer sel sperma atau sel telur ke makhluk hidup lain
Lentik	: ekosistem air tawar yang airnya tenang
Lokus	: lokasi gen terletak pada satu tempat yang sama dalam kromosom
Lotik	: ekosistem air tawar yang berganti-ganti antara air tenang dan deras

Limbah anorganik	: limbah yang dihasilkan dari bahan-bahan anorganik, yang tidak dapat diolah, contohnya plastik, kaleng, aluminium
Limbah organik	: limbah yang dihasilkan dari bahan-bahan organik, dapat diolah kembali.
Lingkungan	: interaksi antara faktor biotik dan abiotik dengan makhluk hidup
Limnetik	: daerah air terbuka yang mendapat sinar matahari efektif
Litoral	: daerah yang berbatasan dengan darat.
Lisis	: proses perusakan dinding sel inang oleh virus
Membran timpanum	: alat pendengaran pada serangga
Meristem	: jaringan muda yang sel-selnya aktif membelah diri
Metabolisme	: reaksi kimia untuk pembentukan dan perombakan bahan organik
Metagenesis	: proses pergiliran keturunan pada makhluk hidup, dimana reproduksi vegetatif bergantian dengan reproduksi generatif
Metamorfosis	: proses perubahan bentuk serangga melalui beberapa fase
Multiseluler	: tubuh makhluk hidup yang tersusun atas beberapa sel
Mutualisme	: hubungan yang saling menguntungkan kedua pihak
Monokotil	: tumbuhan berkeping biji satu
Mutagen	: penyebab mutasi
Mutan	: makhluk hidup yang mengalami mutasi
Mutasi letal	: mutasi yang menyebabkan kematian
Modifikasi	: proses perubahan bentuk morfologi dan anatomi secara bertahap
Monohibrida	: perkawinan tumbuhan/hewan dengan satu sifat beda
Morfologi	: ilmu yang mempelajari struktur luar suatu tanaman, hewan atau manusia.
Morfogenesis	: proses pembentukan organ-organ tubuh pada makhluk hidup
Mutasi	: perubahan organisasi materi genetika yang dapat diwariskan kepada generasi berikutnya
Mutasi somatik	: mutasi yang terjadi dalam tubuh yang tidak diwariskan
Nekton	: hewan-hewan yang aktif berenang seperti ikan, amfibi dan serangga air
Neritik	: daerah yang masih dapat ditembus cahaya matahari sampai dasar (± 200 m)
Neuston	: jenis hewan yang beristirahat atau berenang di permukaan air

Netralisme	: interaksi yang tidak mempengaruhi kedua pihak (bersifat netral)
Nekrosis tulang	: sel-sel mati pada jaringan tulang
Nits	: lingkungan kecil (mikro environment) yang khusus bagi suatu jenis makhluk hidup
Nukleosida	: nukleotida tanpa fosfat
Nullisomi	: mutasi yang terjadi karena individu kehilangan dua buah kromosom
Oculus	: mata semu pada serangga
Osteosit	: tulang sejati
Osifikasi	: peristiwa peresapan bagian tulang yang rusak dan pergantian sel tulang baru
Osteoklast	: jaringan lama akan diserap jaringan tulang berinti banyak
Ovipositor	: peletak telur pada serangga
Ozon	: lapisan gas yang menyelimuti bumi pada ketinggian ± 30 km diatas bumi.
Parasitisme	: makhluk hidup yang merugikan makhluk inangnya
Parasit Fakultatif	: makhluk hidup saprofit yang dapat juga berperan sebagai parasit dalam keadaan lingkungan tertentu, contohnya cendawan pada tanaman tembakau atau tomat
Parasit Obligat	: parasit yang hanya dapat hidup pada makhluk hidup yang lain, contoh tali putri
Parenkima	: jaringan dasar yang menempati suatu tempat, terdiri dari sel-sel hidup
Partenokarpi	: merangsang pembentukan buah tanpa adanya penyerbukan
Partenogenesis	: ovum yang tidak dibuahi dapat menjadi individu baru
Porogami	: bila inti sperma masuk melalui mikropil
Pencandraan	: mengenali ciri-ciri makhluk hidup melalui pengamatan visual
Pencemaran	: perubahan yang tidak diinginkan pada lingkungan yang meliputi udara, daratan, air secara fisik, kimia, atau pun biologi
Perifiton	: tumbuhan maupun hewan yang melekat atau bertengger pada batang, daun, akar tumbuhan atau pada permukaan benda lain
Piknidium	: tubuh buah yang terdapat pada cendawan bermitospora
Pilus	: saluran penghubung dalam transfer DNA dalam berkonjugasi pada bakteri
Piramida biomassa	: makin rendah tinggkatan tropiknya makin besar biomasanya, meskipun jumlah individu mungkin sedikit

Piramida energi	: proses perpindahan energi melalui tiap tingkatan tropik yang semakin lama semakin kecil
Piramida jumlah	: makin rendah tingkatan tropiknya makin besar jumlah individunya
Polusi	: pencemaran
Plankton	: mikroorganisme yang hidup melayang-layang di air
Plasmogami	: peleburan plasma dari dua sel, yang disusul oleh kariogami
Predasi	: interaksi antar spesies, satu spesies yaitu predator memangsa (memakan) spesies yang lainnya yaitu mangsa
Polisom	: kumpulan ribosom
Populasi	: sekelompok makhluk hidup terdiri atas berbagai kumpulan yang saling berinteraksi sesamanya pada suatu tempat dan waktu tertentu
Progametangium	: cabang lateral pada cendawan (fungi) yang membengkok sebagai stimulus akibat pertemuan hifa (+) dan hifa (-), yang kemudian tumbuh menjadi "suspensor" dan gametangium multinukleat
Prokariotik	: sel yang belum memiliki membran inti sehingga materi genetiknya berada dalam sitoplasma
Proliferasi	: pertumbuhan disebabkan oleh pembelahan sel, bukan karena bertambah besarnya sel
Profag	: DNA bakteriofag lamda yang menyisip pada materi genetik sel inang
Profundal	: daerah di bawah daerah limnetik sampai pada dasar
Protokooperasi	: interaksi menguntungkan kedua pihak
Protista	: merupakan makhluk hidup eukariotik uniseluler atau multiseluler
Pseudoselom	: rongga tubuh semu pada Nematelminthes
Pterigota	: serangga bersayap
Replikasi	: peristiwa perbanyak DNA
Regenerasi	: peristiwa memperbanyak keturunan
Respirasi	: proses pernafasan makhluk hidup
Rodentia	: hewan pengerat
Sanitary landfill	: metode pengolahan sampah terkontrol dengan sistem sanitasi yang baik
Saprofit	: makhluk hidup yang hidup dari bahan organik mati
Sarkolema	: selaput otot
Sarkoplasma	: plasma yang terdapat pada jaringan otot
Sekresi	: (1) proses pengeluaran zat yang disintesis oleh sel, (2) pada ginjal vertebrata, pelepasan limbah dari darah ke dalam filtrat yang berasal dari tubul nefron.

Siklus biogeokimia	: siklus materi yang melibatkan senyawa-senyawa kimia yang berinteraksi dengan faktor fisik, terjadi di alam
Sinartrosis	: gerak yang dilakukan sebanyak mungkin karena adanya struktur seperti kapsul dan cairan sinovial
Sinergis	: gerak beberapa otot yang searah
Senositik	: hifa yang tidak bersekat, sel multinukleat
Skoliosis	: keadaan tulang belakang melengkung ke samping
Sklereid	: sel batu, bentuk bulat, pada tempurung kelapa
Sporulasi	: pelepasan merozoit dari sel darah merah yang terinfeksi <i>Plasmodium</i> sp
Sterigma	: tangkai kecil menyerupai paku yang menyangga sporangium, konidium, atau basidiospora
Takson	: tingkatan pengelompokan makhluk hidup
Transduksi kapsid	: pemindahan materi genetik dari sel bakteri yang satu ke sel bakteri yang lain dengan melalui perantara (berupa bakteriofag)
Transformasi	: pemindahan materi genetik berupa DNA dari satu sel bakteri ke sel bakteri lain
Transpirasi	: pengeluaran air tumbuhan yang berbentuk uap air ke udara bebas
Transport aktif	: proses pengangkutan makanan yang terjadi pada tumbuhan secara aktif
Triploblastik	: tubuh terdiri dari 3 lapisan yaitu lapisan luar, tengah, dan dalam
Uniseluler	: makhluk hidup bersel tunggal
Vaksin	: varian patogen yang sudah dilemahkan atau bagiannya yang digunakan untuk menstimulasi sistem imunitas makhluk hidup inang untuk melawan patogen
Vaskuler	: pengangkutan air dan garam-garam mineral melalui pembuluh pengangkut
Variabel	: suatu faktor yang mempengaruhi suatu percobaan
Virion	: virus tunggal raksasa yang berstruktur lengkap
Virulen	: virus yang sifat penyerangan terhadap sel inangnya sangat aktif dan ganas sehingga sel inang tersebut cepat mati
Volunter	: mekanisme kerja otot sadar

ISBN 978-602-8320-15-3
ISBN 978-602-8320-17-7

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 26,906,00