

STRUKTUR TUMBUHAN ANGIOSPERMAE

Sebagian besar tumbuhan yang kita jumpai dewasa ini termasuk dalam Angiospermae yang merupakan kelompok tumbuhan yang mendominasi daratan lebih dari 100 juta tahun yang lalu meliputi 235.000 spesies tumbuhan berbunga. Sebagian besar makanan yang kita konsumsi berasal dari tumbuhan berbunga dapat berupa akar misalnya wortel, kangkung, bit ; buah-buahan misalnya apel, mangga, pisang, pepaya; buah dan biji Leguminosae, buah kariopsis dari Graminae misalnya padi dan jagung.

Angiospermae dibedakan ke dalam dua kelas berdasarkan jumlah kotiledonnya, yakni monokotil dan dikotil. Monokotil meliputi sekitar 65.000 spesies, termasuk di dalamnya tumbuhan Graminae, anggrek, palem, bambu dan lain-lain. Daun, batang, bunga dan akar monokotil bersifat spesifik. Sebagian besar monokotil memiliki pertulangan daun sejajar, batang dengan berkas pembuluh tersebar; daun mahkota bunga 3 atau kelipatannya, dan memiliki akar serabut. Sebagian besar Angiospermae yakni sekitar 170.000 spesies adalah tumbuhan dikotil. Kelompok tumbuhan ini meliputi tumbuhan semak, pohon serta banyak tumbuhan penghasil makanan. Ciri-ciri dikotil adalah memiliki 2 kotiledon pada biji; pertulangan daun menjari, berkas pembuluh pada batang tersusun melingkar, daun mahkota bunga 4, 5 atau kelipatannya, memiliki sistem akar tunggang (Gambar 1).



Gambar 1. Perbedaan ciri tumbuhan monokotil dan dikotil.

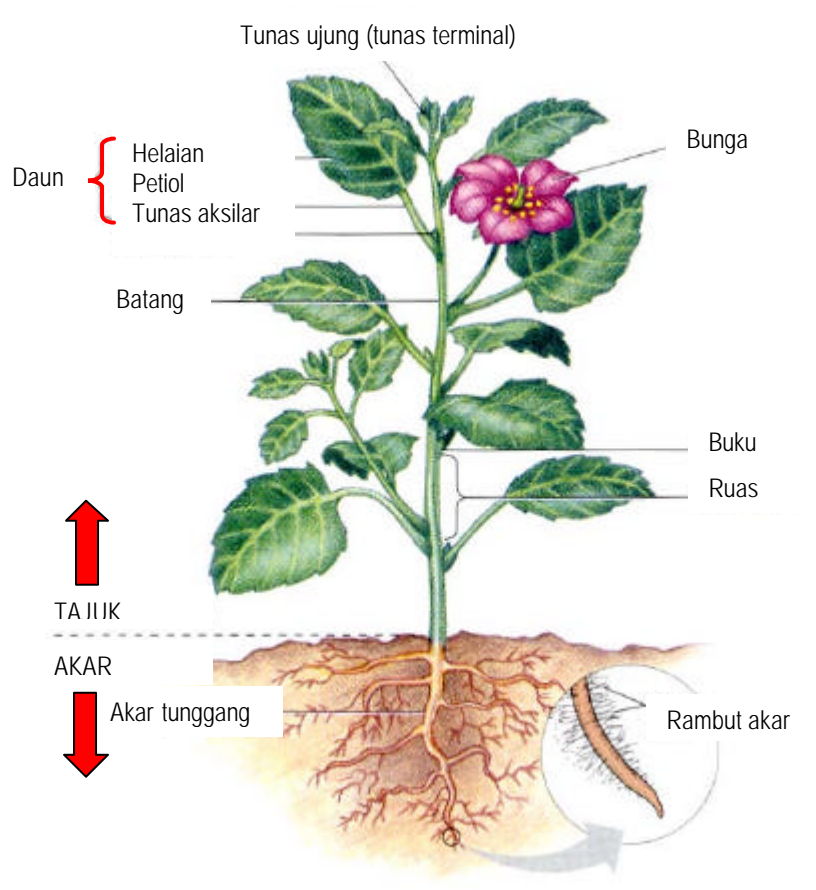
1. Ciri morfologi

Tubuh tumbuhan terdiri dari akar dan tajuk. Diantara adaptasi yang memungkinkan tumbuhan dapat hidup di darat adalah kemampuannya untuk mengabsorpsi air dan mineral dari dalam tanah, menyerap cahaya matahari dan mengambil CO₂ dari udara untuk fotosintesis serta kemampuannya untuk hidup dalam kondisi yang kering.

Akar dan tajuk saling bergantung satu sama lainnya, akar tidak mampu hidup tanpa tajuk, demikian sebaliknya. Karena tidak memiliki kloroplas dan hidup di tempat yang gelap menyebabkan akar tidak dapat tumbuh tanpa gula dan nutrisi organik lainnya yang diangkut dari daun yang merupakan bagian dari sistem tajuk. Sebaliknya batang dan daun bergantung pada air dan mineral yang diserap oleh akar.

Akar tumbuhan berfungsi sebagai penopang berdirinya tumbuhan (jangkar), pengabsorpsi air dan mineral, serta tempat penyimpanan cadangan makanan.

Tajuk terdiri dari batang, daun dan bunga (bunga merupakan adaptasi untuk reproduksi tumbuhan Angiospermae). Batang adalah bagian tumbuhan yang terletak di atas tanah, mendukung daun-daun dan bunga. Pada pohon, batang-batang meliputi batang pokok dan semua cabang-cabang, termasuk ranting-ranting yang kecil. Batang mempunyai buku sebagai tempat melekatnya daun, juga mempunyai ruas yakni jarak diantara dua buku. Daun merupakan tempat utama berlangsungnya fotosintesis, kendati ada beberapa spesies tumbuhan yang batangnya dapat melakukan fotosintesis karena memiliki kloroplas. Daun terdiri dari helaian daun yang melebar (lamina) dan tangkai daun (petiole) yang berujung pada tunas yang disebut tunas ujung. Selain itu dijumpai juga tunas aksilar/tunas lateral/tunas samping yang terdapat di ketiak daun, tunas ini biasanya dorman. Pada banyak tumbuhan, tunas ujung menghasilkan auksin yang dapat menghambat pertumbuhan tunas aksilar. Fenomena ini disebut dengan dominansi apikal yang merupakan suatu adaptasi yang dapat meningkatkan kemampuan tumbuhan untuk memperoleh cahaya. Hal ini sangat penting apabila kerapatan vegetasi di suatu tempat tinggi. Pembentukan cabang juga penting untuk meningkatkan sistem tajuk, pada kondisi tertentu tunas-tunas aksilar akan mulai tumbuh. Beberapa dari tunas tersebut kemudian berkembang menjadi cabang-cabang yang menghasilkan bunga dan yang lainnya berkembang menjadi cabang non reproduktif, lengkap dengan tunas ujung, daun-daun dan tunas aksilar.

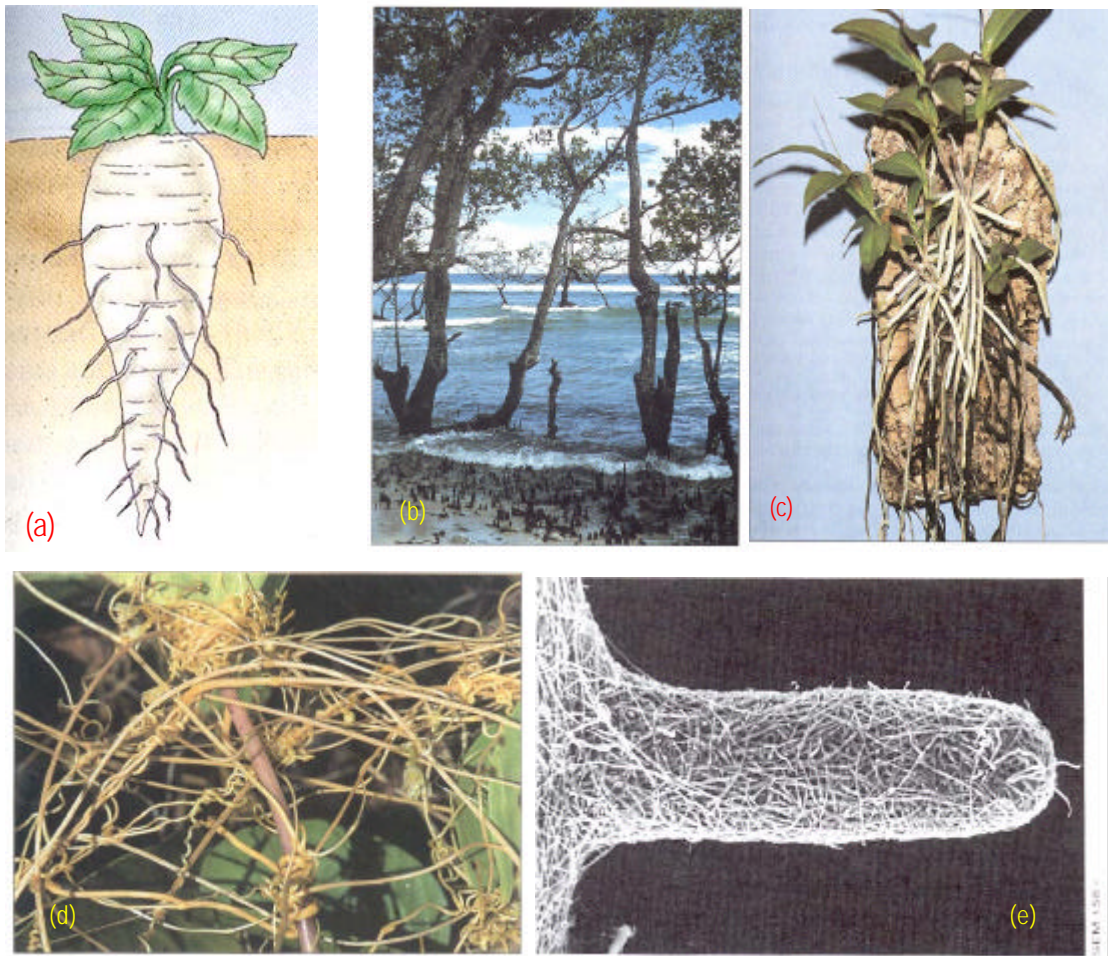


Gambar 2. Struktur tubuh tumbuhan dikotil.

Organ tumbuhan yaitu akar, batang, daun, buah, bunga dan biji, seluruhnya disusun dari jaringan-jaringan yang masing-masing jaringan tersebut mempunyai struktur dan fungsi yang berbeda-beda. Masing-masing jaringan disusun dari sel-sel yang mempunyai bentuk dan fungsi yang sama.

Beberapa modifikasi akar dan tajuk

Akar tumbuhan dapat mengalami beberapa modifikasi antara lain menjadi akar yang menyimpan cadangan makanan (pati) misalnya pada bit gula (Gambar 3a) atau akar penyimpan air pada beberapa famili *Cucurbitaceae* yang tumbuh di daerah kering atau daerah yang tidak turun hujan dalam waktu yang panjang, akar nafas (pneumatofor) yang dapat meningkatkan pertukaran gas antara udara dengan akar-akar yang terendam air pada tanaman bakau/*Avicennia nitida* (Gambar 3b), akar udara pada anggrek yang dapat membantu penyerapan air hujan (Gambar 3c), akar parasit/haustorium tali putri/*Cuscuta* sp (Gambar 3d), dan mikoriza yaitu simbiosis mutualisme antara akar tumbuhan dengan cendawan (Gambar 3e).

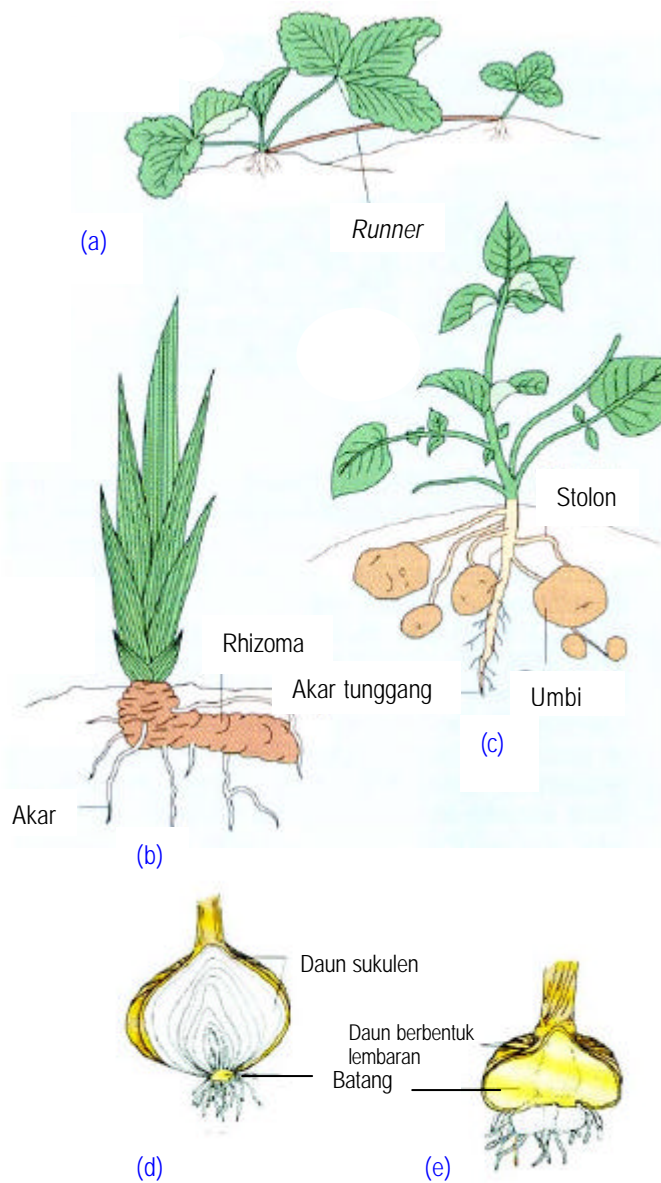


Gambar 3. Beberapa modifikasi akar.

- a). akar tempat penimbun pati, b).akar nafas, c). akar udara, d).haustorium,
- e). mikoriza

Seperti halnya akar, batang dan daun juga mengalami modifikasi. Beberapa spesies tumbuhan mempunyai batang yang mengalami modifikasi untuk fungsi yang beragam, antara lain rhizoma, stolon, *runner*, umbi batang (tuber), umbi lapis (bulb) serta umbi kormus (corm) (Gambar 4). Rhizoma adalah batang yang tumbuh horizontal di dalam tanah atau dekat dengan permukaan tanah, mempunyai ruas-ruas yang pendek dan pada bukannya terdapat daun-daun seperti sisik. Dijumpai akar adventif di sepanjang rhizoma, terutama di permukaan bawahnya (Gambar 4a). Rhizoma dapat relatif tebal, berdaging, merupakan tempat disimpannya cadangan makanan misalnya pada famili Zingiberaceae (jahe-jahean). *Runner* adalah batang yang tumbuh horizontal di atas tanah, umumnya di sepanjang permukaan tanah, mempunyai ruas yang panjang misalnya pada tanaman strawberry (Gambar 4b). Stolon mirip dengan *runner*, tetapi

biasanya tumbuh tegak di dalam tanah (Gambar 4c). Pada kentang, beberapa ruas di ujung stolon berkembang membentuk umbi batang. Mata tunas pada umbi kentang merupakan kuncup yang terdapat pada buku batang, setiap mata tunas tersebut akan mampu berkembang menjadi individu baru. Berbeda dengan umbi kentang, umbi lapis merupakan kuncup besar yang dikelilingi oleh sejumlah daun berdaging, dengan satu batang kecil dan pendek pada ujung bawah (Gambar 4d). Daun berdaging mengandung cadangan makanan. Pada bawang merah, daun berdaging selalu dikelilingi oleh daun-daun seperti sisik. Umbi lapis juga dijumpai pada tanaman tulip, lili dan lain-lain. Kormus mirip dengan umbi lapis tetapi bagian yang membengkak seluruhnya merupakan jaringan batang. Helaian daun berbentuk sisik menutupi seluruh permukaan kormus (Gambar 4e).



Gambar 4. Beberapa modifikasi batang.

- a). stolon pada tanaman strawberry, b). rhizoma pada tanaman Iris,
- c) umbi kentang, d) umbi lapis, e) kormus.

Beberapa modifikasi daun antara lain sulur (tendrils), duri dan daun penangkap serangga ditemukan pada beberapa tanaman (Gambar 5). Ada beberapa tumbuhan yang daunnya sebagian atau seluruhnya mengalami modifikasi membentuk sulur. Apabila sulur menyentuh benda padat misalnya ranting/kawat segera sulur tersebut membelitnya dengan erat. Pada tanaman lain ada juga petiolnya yang berubah menjadi sulur. Sulur dijumpai pada famili Cucurbitaceae (waluh-waluhan), tanaman anggur dan lain (Gambar 5a). Duri yang dijumpai pada kaktus merupakan modifikasi dari daun (Gambar 5b). Duri sekaligus berfungsi untuk melindungi tanaman dari hewan pengganggu, disamping untuk mengurangi kehilangan air dari tumbuhan. Daun penangkap serangga pada tumbuhan karnivor (Gambar 5c) akan menutup sewaktu serangga terperangkap, selanjutnya serangga tersebut akan segera dicerna oleh enzim pencernaan dan nutrisinya digunakan oleh tumbuhan untuk pertumbuhan.



Gambar 5. Beberapa modifikasi daun.

- a). sulur pada tumbuhan famili Cucurbitaceae, b). duri pada tanaman kaktus,
- c). daun tumbuhan karnivor.

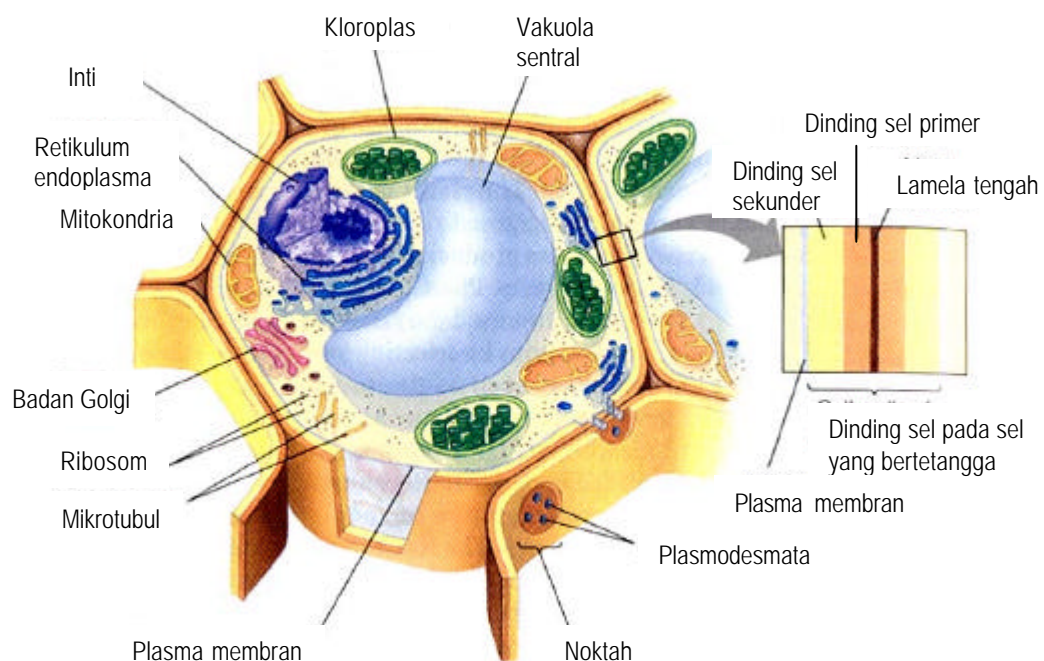
2. Ciri anatomi

2.1. Sel

Perbedaan sel tumbuhan dengan sel hewan adalah sel tumbuhan memiliki kloroplas yang mengandung klorofil a dan klorofil b sebagai pigmen fotosintetiknya, sel dewasanya memiliki satu vakuola sentral yang besar yang berfungsi membantu memelihara turgiditas sel, dan memiliki dinding sel. Dinding sel tumbuhan terutama disusun oleh selulosa. Kebanyakan sel tumbuhan, khususnya sel yang memberikan

kekuatan, mempunyai 2 lapis dinding sel. Dinding yang pertama kali dibentuk disebut dinding primer, dinding yang dibentuk kemudian adalah dinding sekunder bersifat lebih kaku, terdapat di antara membran plasma dan dinding primer. Pada tumbuhan dinding primer dari sel yang berdampingan dihubungkan oleh suatu lapisan lengket disebut lamela tengah (Gambar 6).

Pada dinding sel tumbuhan dijumpai struktur khusus yang disebut noktah. Melalui noktah ini aliran sitoplasma sel-sel yang berdampingan (plasmodesmata) dapat saling berhubungan. Plasmodesmata merupakan saluran komunikasi dan sirkulasi di antara sel-sel yang berdampingan.



Gambar 6. Sel tumbuhan (sel jaringan parenkima)

Struktur sel serta struktur alami dari dinding sel, seringkali berkorelasi dengan fungsi sel tersebut. Hal ini terlihat pada lima tipe sel-sel yang menyusun jaringan dibawah ini.

2.2. Jaringan

2.2.1. Parenkima

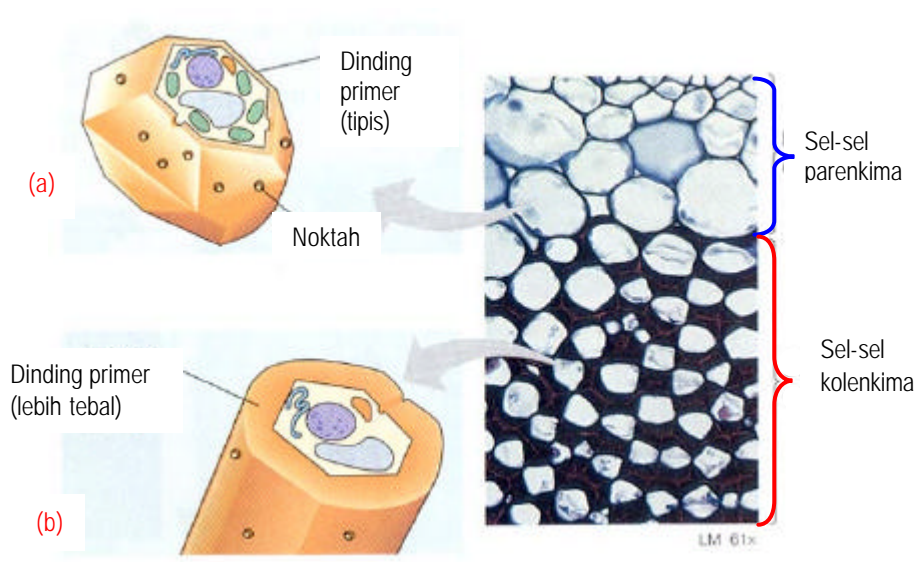
Jaringan ini menyusun sebagian besar tubuh tumbuhan. Sel-sel parenkima umumnya berbentuk sferis pada awal pembentukannya, tetapi pada perkembangan

selanjutnya akibat saling berdesakan satu sama lainnya menyebabkan bentuk dan ukurannya beragam, pada umumnya berbentuk poligonal (umumnya bersisi empat belas). Sel parenkima memiliki vakuola besar, dapat mengandung pati, minyak, tanin, kristal serta beragam hasil sekresi sel lainnya. Sel parenkima tetap hidup setelah dewasa dan memiliki dinding primer yang tipis (Gambar 7a). Sel parenkima dewasa dapat membelah dan berdiferensiasi menjadi tipe sel lainnya. Kemampuan sel-sel parenkima memperbanyak diri sangat penting untuk memperbaiki jaringan yang rusak misalnya pada saat tumbuhan terluka.

Diantara sel-sel parenkima umumnya dijumpai ruang-ruang antar sel, misalnya pada daun teratai serta tumbuhan air lainnya yang memiliki ruang-ruang antar sel berukuran besar. Sel-sel parenkima yang memiliki ruang-ruang antar sel yang besar disebut aerenkima. Pada daun dijumpai sel parenkima yang mengandung kloroplas yang disebut klorenkima berperan penting dalam proses fotosintesis. Dijumpai pula sel-sel parenkima tanpa kloroplas pada umbi, buah, biji yang berfungsi sebagai tempat menyimpan cadangan makanan. Beberapa sel-sel parenkima berkembang membentuk sel transfer yang dijumpai pada jaringan nektar bunga dan tumbuhan karnivor yang berfungsi dalam pengangkutan bahan terlarut diantara sel-sel yang berdekatan. Sel-sel parenkima dapat mencapai umur yang panjang, pada beberapa tumbuhan kaktus sel parenkima dapat mencapai umur 100 tahun.

2.2.2. Kolenkima

Sel kolenkima memiliki dinding primer yang lebih tebal daripada sel parenkima dan selnya hidup (Gambar 7b). Pada umumnya sel-sel kolenkima terdapat pada bagian subepidermis batang dan tangkai daun, tepi tulang dan helaian daun. Fungsi utamanya adalah memberi kekuatan pada bagian tumbuhan yang sedang tumbuh dan jaringan penunjang pada tumbuhan herba.

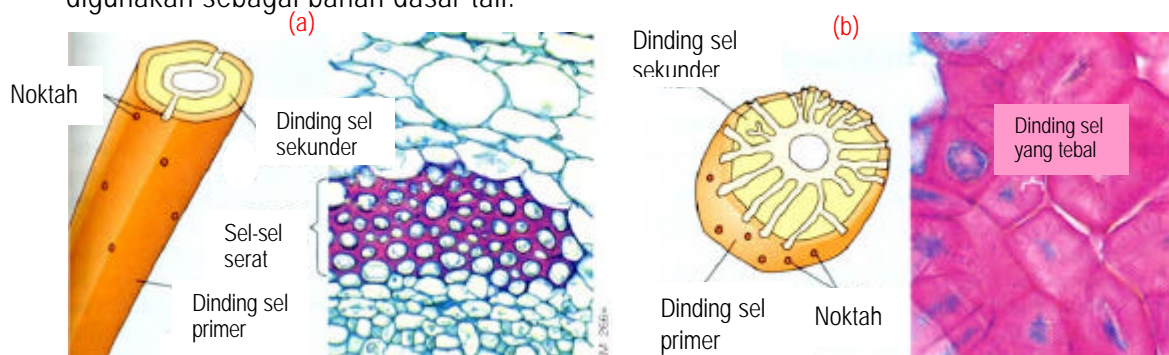


Gambar 7. Sel parenkima (a) dan kolenkima (b).

2.2.3. Sklerenkima

Jaringan sklerenkima merupakan jaringan penguat/penunjang pada tumbuhan, terdiri dari sel-sel sklerenkima yang memiliki dinding sekunder yang tebal, kaku dan keras karena mengandung lignin. Sel sklerenkima dewasa terdapat di daerah yang pertumbuhan memanjangnya sudah berhenti (Gambar 8).

Terdapat 2 tipe sel sklerenkima yaitu serat dan sklereid (sel batu). Bentuk sel sklereid isodiameter (agak membulat), mempunyai dinding sekunder yang tebal dan sangat keras. Kulit kacang dan kulit biji menjadi keras karena adanya sklereid, selain itu sklereid juga dijumpai tersebar dalam jaringan parenkima daging buah misalnya pada buah pir. Berbeda dengan sklereid sel serat berbentuk panjang dan ramping dengan ujung meruncing, biasanya terdapat dalam berkas (kumpulan). Beberapa spesies tumbuhan mempunyai serat bernilai ekonomi tinggi, misalnya serat manila yang digunakan sebagai bahan dasar tali.



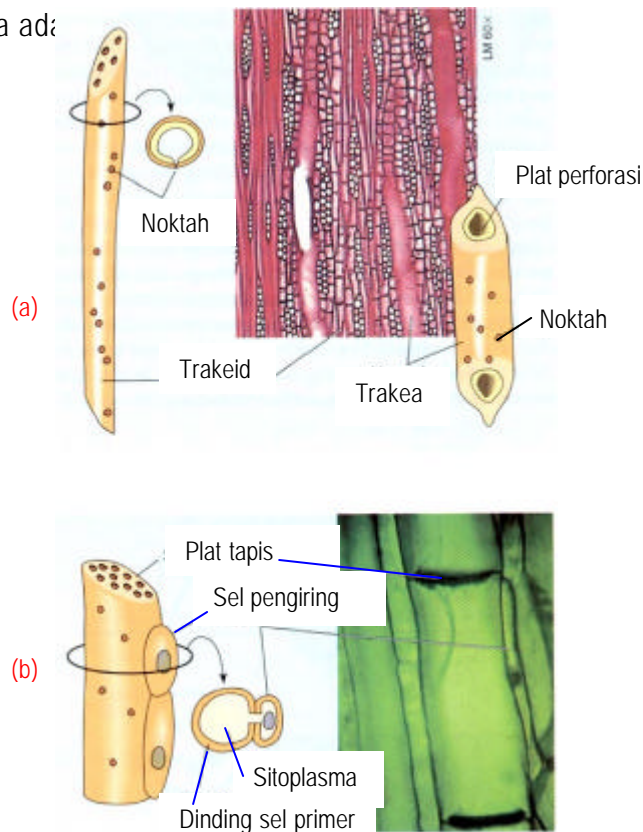
Gambar 8. Serat (a) dan sklereid (b) yang merupakan jaringan sklerenkima.

2.2.4. Jaringan penyalur

Pada tumbuhan terdapat dua macam jaringan penyalur yang penting yaitu xilem dan floem.

2.2.4.1. Xilem

Berperan penting dalam pengangkutan air dan unsur hara. Xilem disebut jaringan kompleks karena terdiri dari beberapa jaringan yaitu unsur trakea meliputi pembuluh kayu (trakea) dan trakeid, jaringan parenkima dan serat (Gambar 9a). Pembuluh kayu (trakea) ditemukan pada tumbuhan angiosperma, secara individual disebut unsur pembuluh yang saling berhubungan di ujung-ujungnya membentuk saluran yang panjang. Trakeid seperti halnya pembuluh kayu selnya akan mati sewaktu dewasa, dan tersusun tumpang tindih. Trakeid tidak mempunyai plat perforasi seperti halnya pada pembuluh kayu, tetapi memiliki noktah berdampingan yang saling berpasangan sehingga transportasi air bisa tetap berlangsung. Trakeid pada umumnya terdapat pada tumbuhan gimnospermae. Trakea dan trakeid memiliki dinding sekunder dengan komponen utamanya ad:



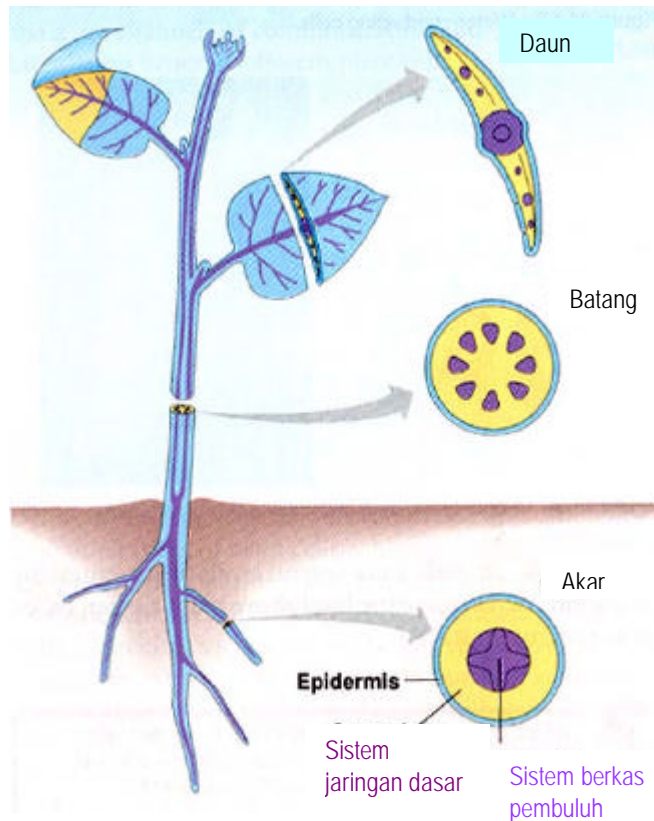
Gambar 9. Xilem (a) dan floem (b)

2.2.4.2. Floem

Floem berfungsi untuk mengangkut hasil fotosintesis ke seluruh tubuh tumbuhan, merupakan jaringan kompleks yang terdiri dari unsur tapis sebagai komponen utama, sel pengiring, jaringan parenkima dan serat (Gambar 9b). Unsur tapis mempunyai dinding primer yang tipis (tidak memiliki dinding sekunder), tetap hidup pada saat dewasa tetapi tidak memiliki inti. Unsur tapis dapat berupa pembuluh tapis (pada angiosperma) atau sel tapis (pada gimnosperma). Unsur tapis didampingi oleh sel pengiring yang bisa berjumlah satu atau dua buah, diantara keduanya dihubungkan oleh sejumlah plasmodesmata. Nukleus dan ribosom sel-sel pengiring dapat membentuk protein tertentu yang digunakan oleh pembuluh tapis yang telah kehilangan nukleusnya, ribosom serta organel-organel lainnya selama proses perkembangannya. Dinding-dinding ujung pembuluh tapis memiliki plat/lempeng tapis yang mempunyai banyak plasmodesmata berukuran besar, tempat lewatnya gula, senyawa lain serta beberapa ion mineral di antara pembuluh tapis yang bersebelahan. Sel pengiring sangat erat hubungannya dengan pembuluh tapis. Apabila pembuluh tapis mati maka sel pengiring juga mati, keduanya terbentuk dari sel induk yang sama.

2.3. Sistem jaringan penyusun tubuh tumbuhan

Akar, batang dan daun tersusun atas tiga sistem jaringan yaitu epidermis, sistem berkas pembuluh dan sistem jaringan dasar (Gambar 10). Pada modul ini tiga sistem jaringan yang diamati adalah jaringan yang terdapat pada organ yang masih muda. Perbedaan struktur anatomi organ akan terlihat apabila yang diamati adalah organ yang sudah tua.



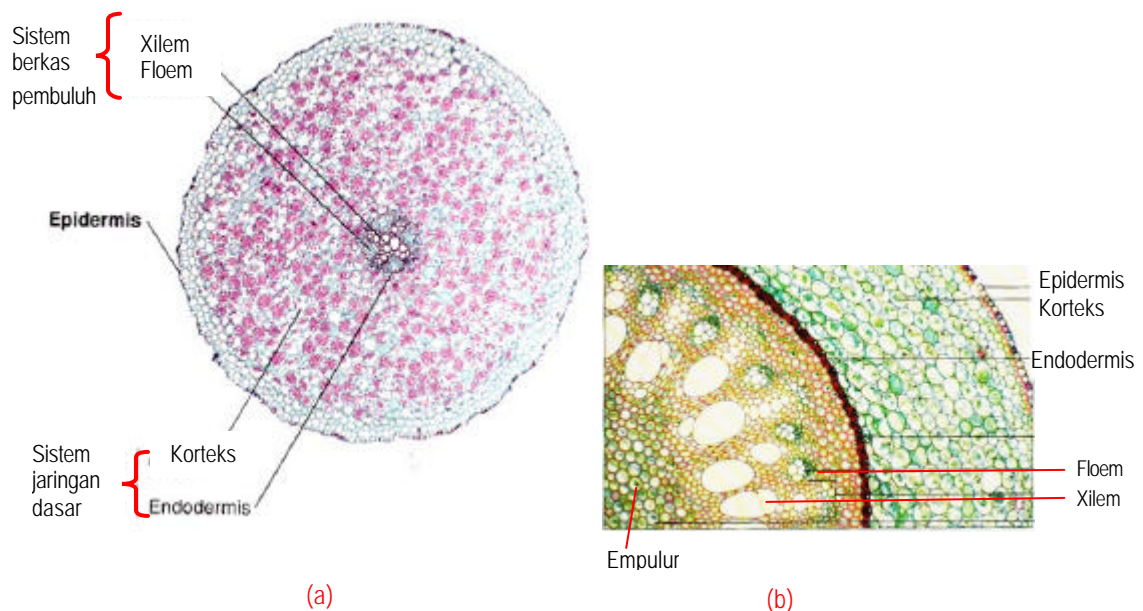
Gambar 10. Tiga sistem jaringan pada tumbuhan.

Gambar 10 menunjukkan masing-masing sistem jaringan yang terdapat pada organ tumbuhan. Epidermis (bagian berwarna biru) berfungsi melindungi daun, batang dan akar yang masih muda dari kerusakan fisik atau infeksi patogen. Pada daun atau batang beberapa tumbuhan sel-sel epidermisnya menghasilkan senyawa lilin yang disebut dengan kutikula yang berfungsi untuk mengurangi kehilangan air dari tubuh tumbuhan.

Sistem berkas pembuluh (berwarna ungu) terdiri dari xilem dan floem yang berperan dalam transpor air dan hara mineral serta hasil fotosintesis. Sistem jaringan yang ketiga yaitu sistem jaringan dasar (berwarna kuning) yang mengisi daerah di antara epidermis dan sistem berkas pembuluh, memiliki fungsi sebagai tempat berlangsungnya proses fotosintesis, tempat menyimpan cadangan makanan dan sebagai penguat atau penyokong tubuh tumbuhan. Sistem jaringan dasar ini terutama terdiri dari jaringan parenkima, tetapi terdapat juga jaringan kolenkima dan sklerenkima.

Gambar 11 menunjukkan sayatan melintang akar tumbuhan dikotil dan monokotil. Ketiga sistem jaringan terlihat jelas pada gambar ini : epidermisnya terdiri dari selapis sel yang tersusun rapat menyelubungi permukaan akar. Air dan unsur hara (mineral) diserap oleh akar dari tanah melalui sel-sel epidermis. Beberapa sel epidermis akan

tumbuh menjulur membentuk rambut akar. Di sebelah dalam epidermis terdapat sistem jaringan dasar yang membentuk korteks akar yang terdiri dari jaringan parenkima sebagai komponen utamanya. Cadangan makanan berupa pati biasanya ditumpuk pada korteks akar ini. Bagian terdalam dari korteks akar yang terdiri dari satu lapis sel disebut endodermis, memiliki lapisan suberin (gabus) pada dinding radial dan transversalnya. Lapisan gabus ini disebut pita Caspary yang memiliki fungsi penting sebagai penghalang masuknya air serta mineral terlarut melalui jalur ekstraselular. Sel endodermis berperan dalam menentukan jenis-jenis mineral apa saja yang dapat memasuki xilem. Selain oleh gabus, pada dinding bagian dalam endodermis juga terdapat lilin, kadang-kadang juga dijumpai selulosa dan lignin. Beberapa sel endodermis tetap ber dinding tipis yang disebut dengan sel-sel peresap.

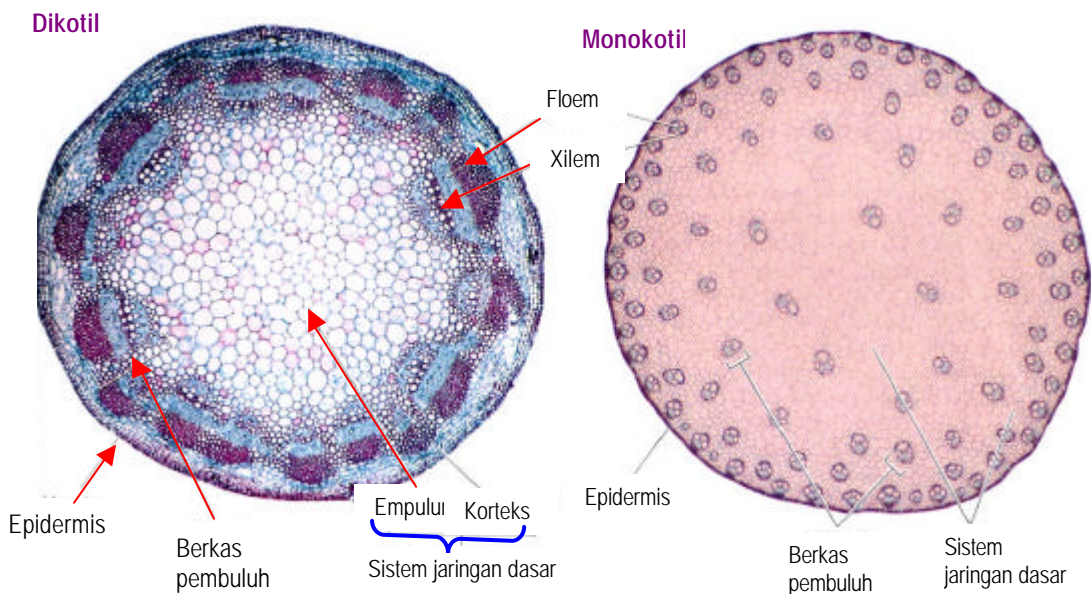


Gambar 11. Tiga sistem jaringan pada sayatan melintang akar tumbuhan dikotil (a) dan monokotil (b).

Di sebelah dalam sel endodermis terdapat berkas pembuluh. Pada tumbuhan dikotil, berkas pembuluh mengisi penuh pusat akar, sedangkan pada tumbuhan monokotil pusat akar ini sering diisi oleh jaringan parenkima yang disebut dengan empulur. Berkas pembuluh terdiri dari xilem dan floem yang letaknya berselang-seling.

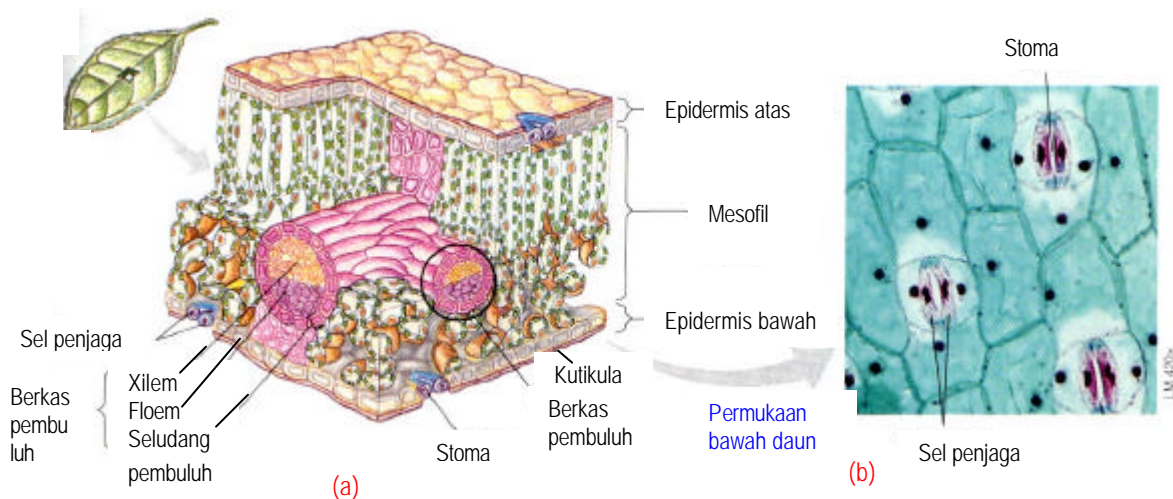
Seperti halnya akar, batang tumbuhan juga tersusun oleh tiga sistem jaringan. Gambar 12 menunjukkan struktur anatomi batang. Terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara struktur internal batang tumbuhan dikotil dan monokotil : berkas pembuluh pada tumbuhan monokotil letaknya tersebar, sedangkan pada tumbuhan

dikotil berkas pembuluhnya tersusun melingkar ; korteks pada tumbuhan dikotil terdapat diantara berkas pembuluh dan epidermis, sedangkan pada monokotil batas tersebut tidak jelas. Pada tumbuhan dikotil terdapat juga jaringan dasar lain selain korteks yaitu empulur yang mengisi bagian tengah batang. Penumpukan pati pada umumnya terdapat pada empulur ini.



Gambar 12. Tiga sistem jaringan pada sayatan melintang batang tumbuhan dikotil (a) dan Monokotil (b).

Gambar 13 menunjukkan tiga sistem jaringan yang terdapat pada daun tumbuhan dikotil. Pada epidermis atas dan bawah daun dijumpai pori-pori kecil yang disebut dengan stomata (tunggal : stoma). Pada tumbuhan darat jumlah stomata pada epidermis bawah daun lebih banyak dari epidermis atas daun, yang merupakan adaptasi tumbuhan untuk meminimalisasi hilangnya air dari daun. Celah stomata terbentuk apabila sepasang sel penjaga stoma mengkerut. Sel penjaga ini mengatur ukuran stomata, berperan penting dalam pertukaran gas (CO_2 dan O_2) yang terdapat di dalam daun dengan lingkungan luar, selain itu juga berperan dalam pengaturan hilangnya air dari tumbuhan. Sistem jaringan dasar pada daun disebut dengan mesofil. Pada daun tumbuhan dikotil, mesofilnya terdiferensiasi menjadi jaringan pagar dan bunga karang. yang umumnya terdiri dari Proses fotosintesis terjadi dalam mesofil. Jaringan pagar dapat mengandung lebih dari 80 % kloroplas daun, sedangkan jaringan bunga karang karena sel-selnya tersusun longgar dengan ruang interselular yang banyak, jaringan ini merupakan tempat pertukaran gas.



Gambar 13. Tiga sistem jaringan pada sayatan melintang daun tumbuhan dikotil (a) dan sayatan membujur yang memperlihatkan epidermis bawah dengan stomatanya (b).

Tulang-tulang daun yang mengandung berkas pembuluh tersebar di seluruh mesofil. Satu berkas pembuluh terdiri dari xilem dan floem yang dikelilingi oleh sel-sel parenkima berdinding tebal yang disebut dengan seludang pembuluh. Berkas pembuluh yang terdapat pada daun tersambung secara kontinu dengan berkas pembuluh yang terdapat pada batang. Hal ini memungkinkan tersalurkannya air dan mineral terlarut dari tanah ke daun dan juga memungkinkan tersalurkannya hasil fotosintesis dari daun ke bagian tumbuhan lainnya. Pada tumbuhan C_4 , seludang pembuluh adalah tempat terjadinya siklus Calvin dari proses fotosintesis.

