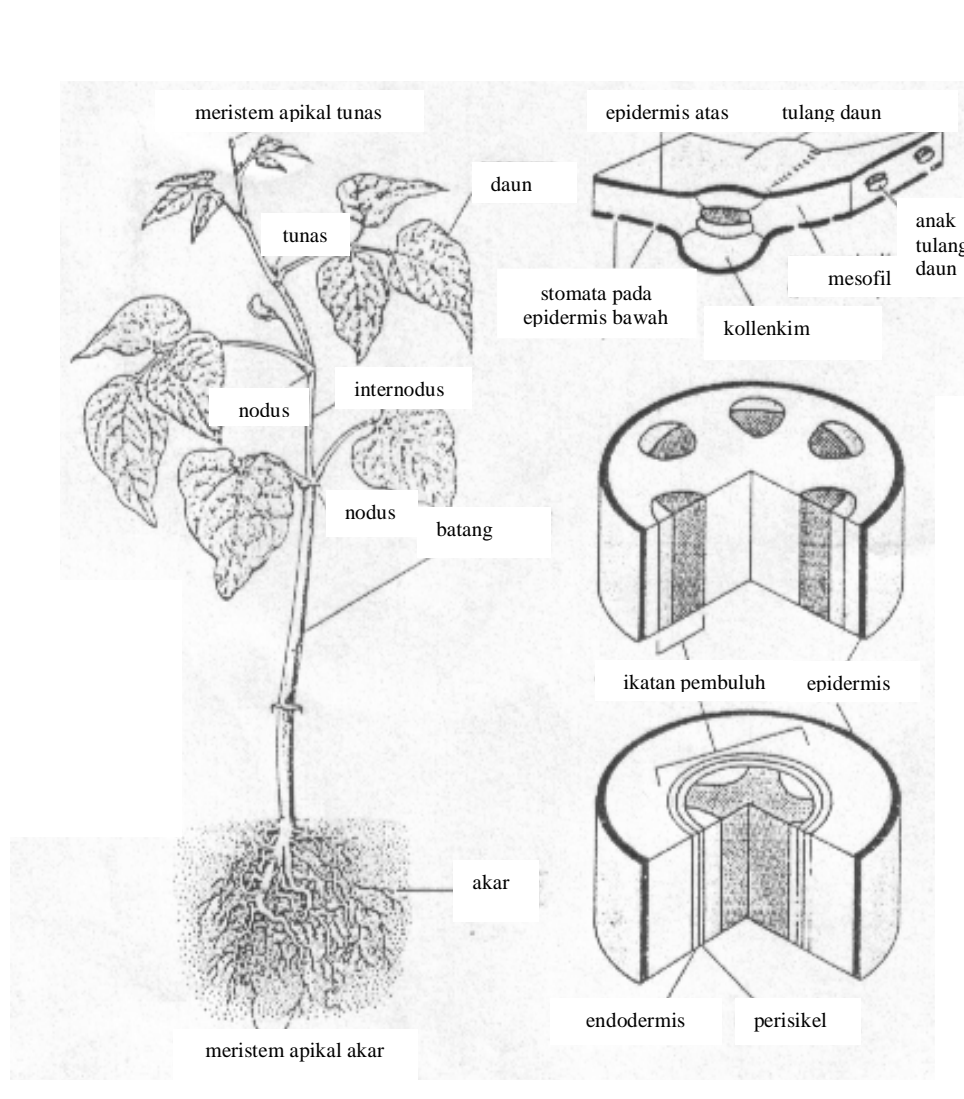


Jaringan Penyusun pada Tumbuhan

Pada kegiatan belajar sebelumnya Anda sudah mempelajari sel, jaringan, organ, dan sistem organ pada hewan. Pada kegiatan belajar ini Anda dapat mempelajari sel, jaringan, dan sistem organ yang menyusun tumbuhan serta gerak yang dilakukan oleh tumbuhan.

Bila kita mengamati tumbuhan dikotil yang masih muda seperti yang terdapat pada Gambar 4.18 tumbuhan tersebut pada dasarnya disusun oleh tiga bentuk organ utama, yaitu akar, batang, dan daun. Sedangkan setiap organ tersebut dibentuk oleh tiga sistem jaringan utama yaitu jaringan dasar, jaringan dermal, dan jaringan pembuluh. Hal serupa juga ditemukan pada tumbuhan monokotil.



Gambar 4.18 Bagian-bagian dari tumbuhan muda (Angiospermae), tersusun atas tiga organ utama: akar, batang dan daun. Masing-masing organ disusun oleh tiga sistem jaringan: dasar, dermal, dan pembuluh (Sumber: Alberts *et al.*, 1989).

Ketiga sistem jaringan utama di atas berasal dari aktivitas sel meristem apikal tunas dan akar. Selain itu juga berisi sejumlah kecil tipe-tipe sel yang mengalami spesialisasi. Di

awali dengan pembelahan sel, kemudian tumbuh, dan mengalami differensiasi membentuk jaringan dengan fungsi-fungsi yang khusus.

Pada uraian berikut Anda dapat mempelajari uraian singkat tentang tiga sistem jaringan utama yang menyusun organ pada tumbuhan (akar, batang dan daun), yaitu sistem jaringan dasar, jaringan dermal, dan jaringan pembuluh

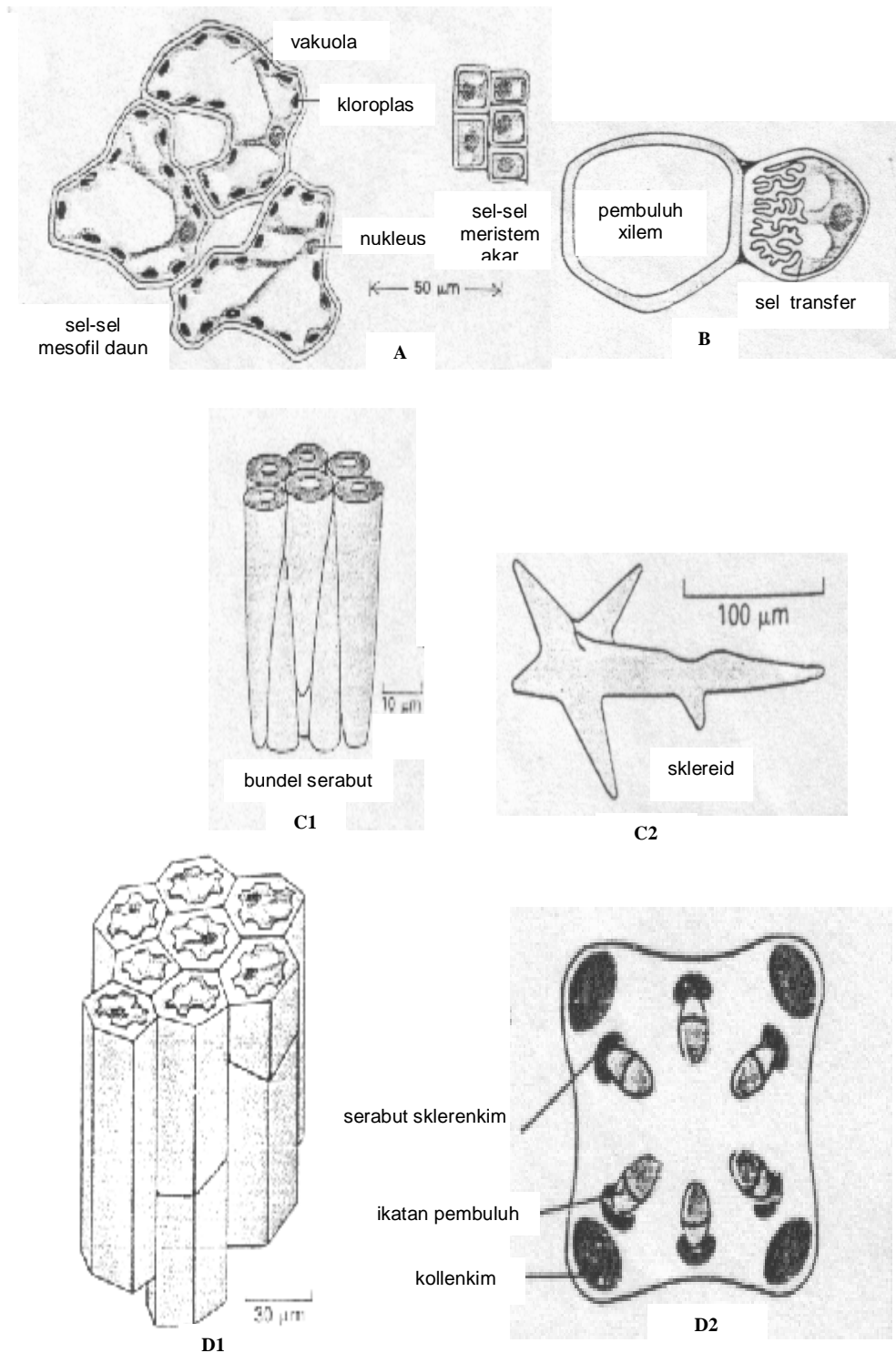
Sistem Jaringan Dasar

Sistem jaringan dasar terdiri atas tiga tipe sel utama yaitu sel parenkim, kollenkim, dan sklerenkim. Selengkapnya akan dijelaskan pada uraian berikut.

Sel parenkim ditemukan pada seluruh sistem jaringan. Sel-sel parenkim adalah sel-sel hidup. Secara umum memiliki kemampuan untuk membelah kembali dan memiliki dinding sel primer yang tipis. Sel-sel parenkim memiliki fungsi yang bervariasi. Pada sel-sel meristematik apikal dan lateral dari tunas dan akar menyediakan sel-sel baru yang dibutuhkan untuk pertumbuhan. Pada batang dan daun (pada bagian mesofil) sel-sel ini berperan dalam memproduksi dan menyimpan makanan selama fotosintesis. Sel-sel parenkim dapat pula sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan di bagian tertentu pada tubuh tumbuhan, misalnya: akar, batang, biji dan sebagainya. Karena kemampuannya untuk berproliferasi, sel-sel parenkim juga berperan sebagai sel-sel dasar (stem cells) untuk penyembuhan luka dan regenerasi. Sel transfer, suatu bentuk khusus dari sel parenkim, dengan mudah diidentifikasi dengan memperhatikan pertumbuhan yang meluas dari dinding sel primernya. Peningkatan luas dari membran plasma memfasilitasi transpor larutan yang cepat ke dan dari sel-sel sistem pembuluh.

Kollenkim adalah sel-sel hidup serupa dengan sel-sel parenkim, dengan pengecualian, sel-sel kollenkim memiliki dinding sel yang lebih tebal dan biasanya memanjang dan berkumpul membentuk serabut seperti tali. Kollenkim mampu untuk meregang dan memberikan sokongan secara mekanik pada sistem jaringan dasar pada tumbuhan yang mengalami pemanjangan. Sel-sel kollenkim biasanya secara khusus terdapat pada daerah subepidermal dari batang.

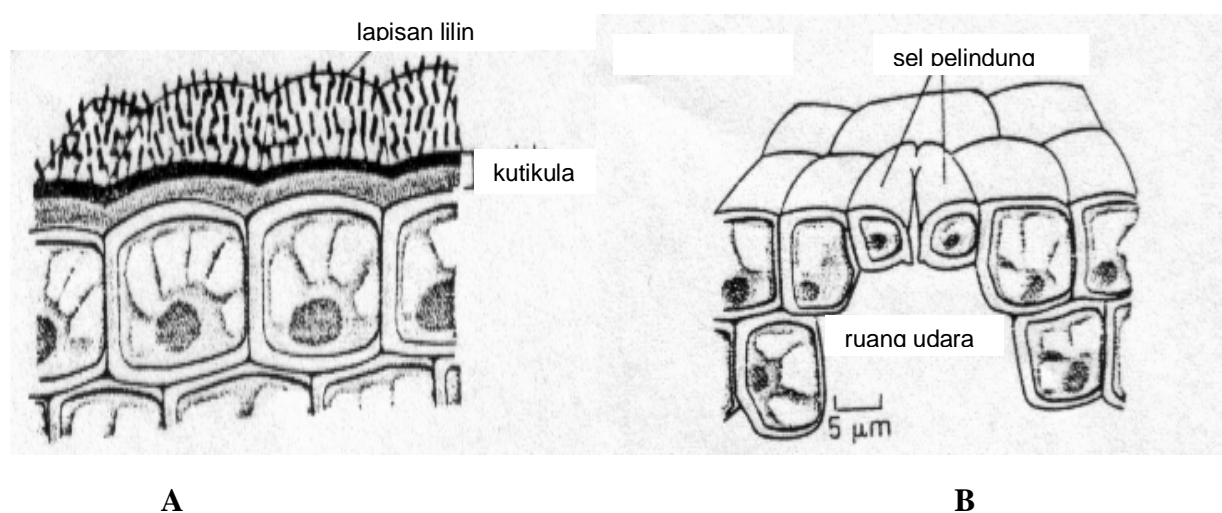
Sklerenkim, seperti kollenkim, kuat dan berfungsi sebagai penyokong. Walaupun demikian, sel-sel sklerenkim adalah sel-sel yang mati, dinding sekundernya tebal dan mengandung lignin. Sklerenkim dengan dinding yang kaku itu berfungsi sebagai penopang untuk menyokong tumbuhan. Ada dua tipe sel sklerenkim yaitu serat (fiber) dan sklereid. Dalam bentuk serat sklerenkim dapat dijumpai berupa bundel yang panjang. Beberapa serat tumbuhan digunakan secara komersial, seperti serat rami untuk membuat tali dan serat rami yang halus untuk dipintal menjadi linen. Sklereid lebih pendek dari pada serat dan bentuknya tidak beraturan. Kulit kacang dan lapisan biji menjadi keras karena adanya sklereid. Sklereid juga menyebar di antara jaringan parenkim yang lembut sehingga teksturnya menjadi renyah seperti pada buah pir.



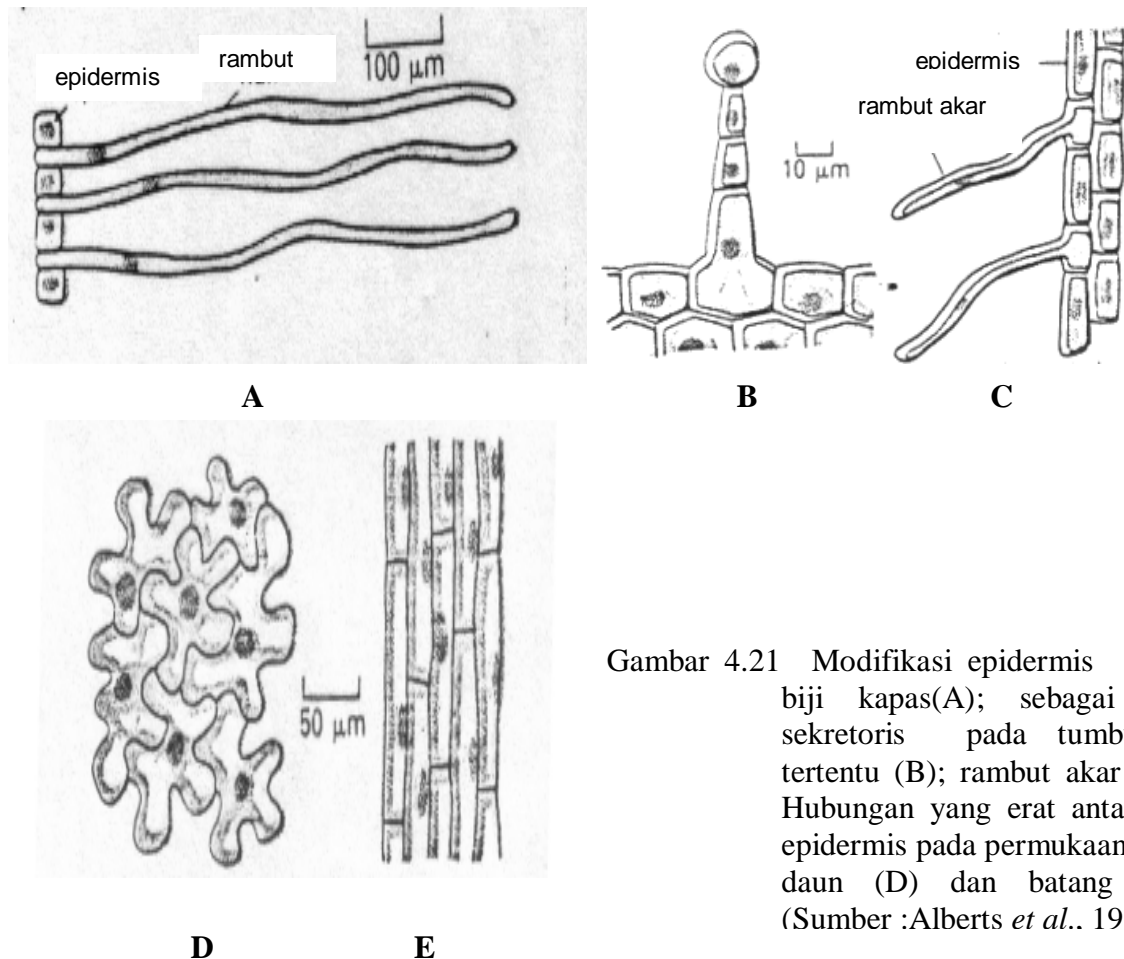
Gambar 4.19 Tipe-tipe jaringan dasar; sel parenkim pada sel mesofil daun dan akar (A) sel parenkim pada ikatan pembuluh, sel transfer (B); dua tipe sel sklerenkim (C1 dan C2); sel kollenkim (D1) dan letak kollenkim secara skematis pada batang sebagai bagian subepidermis (D2) (Sumber: Alberts *et al.*, 1989).

Sistem Jaringan Dermal

Sistem jaringan dermal berfungsi untuk melindungi tumbuhan dari lingkungan luar, berperan dalam pengambilan air dan ion-ion pada akar, dan pengaturan pertukaran gas pada daun dan batang. Epidermis merupakan bagian utama pelindung bagian luar dari tumbuhan. Sel-sel epidermis juga mengalami modifikasi membentuk variasi seperti stomata dan rambut. Epidermis, umumnya satu lapis sel, melindungi bagian dalam batang, daun, dan akar pada tumbuhan muda. Sel-selnya hidup, memiliki dinding sel setebal dinding sel primer, dan bagian permukaannya ditutupi oleh kutikula yang dilapisi lilin. Sel-selnya berhubungan dengan sangat rapat dalam pola yang berbeda-beda. Stomata merupakan bagian yang terbuka pada epidermis, terutama pada lapisan bawah daun. Stomata mengatur pertukaran gas pada tumbuhan. Stomata dibentuk oleh dua sel khusus epidermis yang disebut sel pelindung/penutup (guard cell) (Gambar 4.20B), yang mengatur diameter pori-pori. Stomata terdistribusi dalam pola khas spesies dalam masing-masing epidermis. Rambut (trichoma) merupakan apendik yang berasal dari sel-sel epidermis. Trichoma terdapat dalam bentuk yang bervariasi dan biasanya ditemukan pada seluruh bagian tumbuhan. Trichoma berfungsi sebagai proteksi, penyerapan, dan sekresi. Contoh : Sel rambut tunggal dan muda pada epidermis biji kapas. Bila biji tumbuh, dinding sel akan mengalami penebalan sekunder dengan selulosa untuk membentuk serabut-serabut kapas (Gambar 4.21A); Rambut sekretoris multiseluler dari suatu daun bunga (Gambar 4.21B); Rambut-rambut tunggal pada akar memiliki fungsi penting dalam pengambilan air dan ion-ion (Gambar 4.21C).



Gambar 4.20 Modifikasi epidermis pada daun; pada lapisan atas epidermis dilapisi oleh kutikula dan lilin (A); stomata juga merupakan salah satu modifikasi dari epidermis (B) (Sumber: Alberts *et al.*, 1989).



Gambar 4.21 Modifikasi epidermis pada biji kapas(A); sebagai sel sekretoris pada tumbuhan tertentu (B); rambut akar (C). Hubungan yang erat antar sel epidermis pada permukaan atas daun (D) dan batang (E) (Sumber :Alberts *et al.*, 1989)

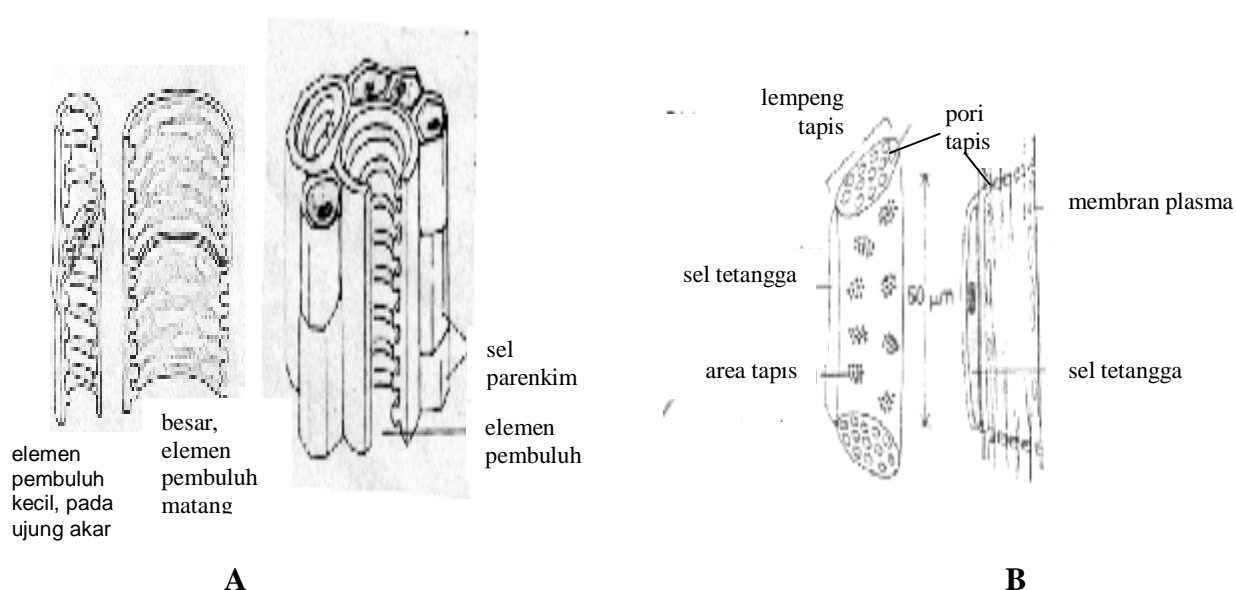
Jaringan Pembuluh

Floem dan xilem bersama-sama membentuk suatu sistem pembuluh yang kontinue sepanjang tumbuhan. Pada tumbuhan muda jaringan pembuluh biasanya dihubungkan dengan berbagai variasi tipe sel lainnya dalam ikatan pembuluh. Baik floem maupun xilem adalah jaringan yang kompleks. Elemen-elemen penyusunnya dihubungkan dengan sel-sel parenkim yang memelihara dan mengatur pertukaran materi-materi antar elemen penyusun tersebut. Sementara, kelompok sel kollenkim dan sklerenkim diperlukan untuk menyokong secara mekanik.

Floem berperan dalam mentranspor larutan-larutan organik (hasil fotosintesis) pada tumbuhan (Gambar 4.22B). Sel-sel penyokong utamanya yang lurus membentuk tabung yang disebut pembuluh tapis (sieve tube). Elemen-elemen pembuluh tapis pada pematangannya adalah sel-sel yang hidup, saling berhubungan melalui lubang yang dibentuk dari pelebaran dan modifikasi plasmodesmata (lempengan tapis/sieve plate). Sel-sel tersebut tetap mempertahankan membran plasmanya, tetapi tidak memiliki inti dan memiliki sitoplasma yang banyak. Untuk pemeliharannya sel-sel tersebut mengandalkan hubungannya dengan sel-sel pendamping (companion sel). Sel-sel pendamping ini memiliki fungsi tambahan secara aktif

mentransfer molekul-molekul makanan terlarut ke dalam dan ke luar elemen-elemen pembuluh tapis melalui daerah pori-pori tapis pada dinding sel.

Xilem membawa air dan ion-ion terlarut dalam tumbuhan. Sel-sel penyokong utama adalah elemen-elemen pembuluh (Gambar 4.22A). Sel penyokong tersebut adalah sel-sel mati pada saat proses pematangannya dan tidak memiliki membran plasma. Dinding sel mengalami penebalan sekunder dan penimbunan lignin. Elemen pembuluh berhubungan rapat dengan sel-sel parenkim xilem. Sel-sel parenkim xilem tersebut secara aktif mentransfer larutan tertentu ke dalam dan ke luar elemen pembuluh melalui membran plasma secara horizontal. Dinding yang menghubungkan secara seri elemen-elemen pembuluh yang membentuk suatu tabung kemungkinan memiliki lubang berupa pori-pori yang kecil. Dinding seperti ini tidak ada lagi pada kebanyakan pembuluh-pembuluh dewasa.



Gambar 4.22 Komponen penyusun jaringan pembuluh; elemen pembuluh dan perbandingan ukuran elemen pembuluh pada ikatan pembuluh yang sudah matang dan masih muda pada pembuluh xilem (A); Bagian-bagian yang menyusun pembuluh floem (B) (Sumber: Alberts *et al.*,1989).

Setelah Anda mempelajari sistem jaringan pada tumbuhan di atas, selanjutnya Anda dapat mempelajari jaringan-jaringan yang menyusun sistem organ pada tumbuhan. Sistem organ tersebut adalah akar, batang, dan daun.

A. Akar

Akar merupakan bagian bawah dari sumbu tumbuhan dan umumnya berkembang di bawah permukaan tanah, meskipun ada pula akar yang tumbuh di luar tanah. Akar pertama pada tumbuhan biji berkembang dari mersitem apek di ujung akar embrio dalam biji yang berkecambah. Akar embrio dinamakan radikula. Pada Gymnospermae dan dikotil, akar

tersebut berkembang dan membesar menjadi akar primer dengan cabang yang berukuran lebih kecil. Sistem akar tersebut dinamakan akar tunggang. Pada monokotil, akar primer tidak lama bertahan dalam kehidupan tumbuhan dan segera mengering. Dari dekat pangkalnya atau di dekatnya akan muncul akar baru yang disebut akar adventif (akar tambahan). Keseluruhan akar adventif seperti itu dinamakan susunan akar serabut.

Peranan akar adalah untuk menyerap air dan garam-garaman dari dalam tanah juga menambatkan tumbuhan pada tanah atau substrat. Akar juga berperan dalam menyimpan cadangan makanan seperti pada ketela pohon, talas, dan ubi jalar.

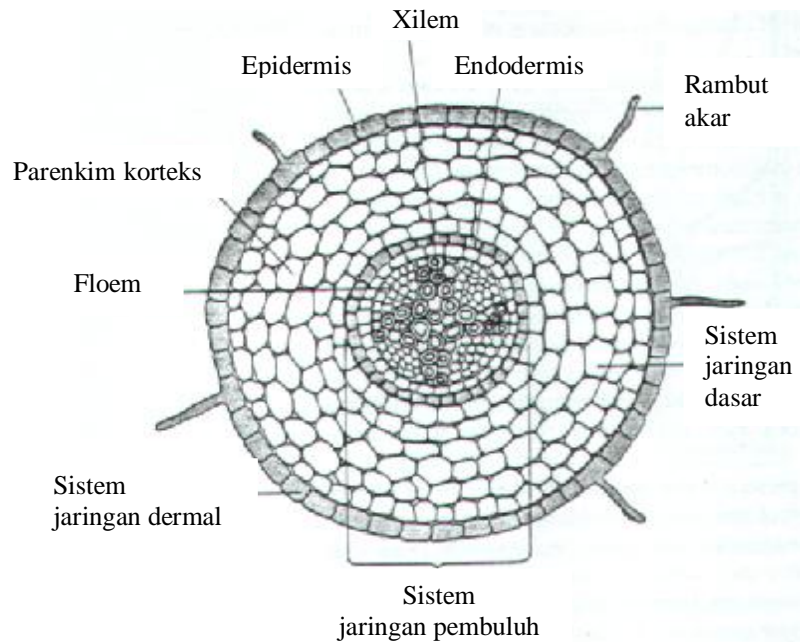
Pada dasarnya secara anatomi seluruh organ pada tumbuhan disusun oleh tiga jaringan utama (sistem jaringan dasar, jaringan dermal, dan jaringan pembuluh). Demikian halnya dengan akar secara umum, pada irisan melintang, disusun oleh: epidermis; korteks akar, umumnya terdiri atas sel-sel parenkim; endodermis, lapisan terdalam dari korteks; dan sistem jaringan pengangkut.

Epidermis merupakan lapisan terluar akar tersusun dari sel-sel yang rapat satu sama lain tanpa ruang antar sel, berdinding tipis tapi kadang-kadang berketikula. Tebal tipisnya lapisan luar epidermis tergantung dari jenis akar itu sendiri, bahkan bisa berlapis dan terspesialisasi membentuk velamen seperti pada Orchidaceae.

Rambut akar sebagai bagian dari epidermis, memiliki ukuran sel yang berbeda dengan sel epidermis umumnya, disebut juga sebagai trikoblas. Rambut akar merupakan sel epidermis yang memanjang keluar, tegak lurus permukaan akar, dan berbentuk tabung.

Korteks akar umumnya terdiri atas sel-sel parenkim, sering mengandung tepung terkadang kristal kalsium oksalat. Pada sejumlah besar monokotil sering membentuk serabut sklerekim dan berbagai sel yang berdinding tebal sebagai penguat. Lapisan terluar dari korteks, berbatasan langsung dengan epidermis, disebut eksodermis. Eksodermis dapat terdiri dari selapis atau lebih, dapat mengadakan diferensiasi menjadi hipodermis yang dinding selnya mengandung suberin atau lignin. Sedangkan lapisan terdalam dari korteks akar berkembang dan berdiferensiasi membentuk endodermis. Sel endodermis berbeda dengan sel sebelah luar dan sebelah dalamnya. Pada endodermis dapat dijumpai sel-sel yang dindingnya tidak mengalami penebalan, sel ini disebut dengan sel peresap.

Sistem jaringan pengangkut merupakan jaringan yang terdalam. Bagian terluar dan berbatasan langsung dengan endodermis, selapis atau beberapa lapis berupa sel-sel parenkim, disebut perisikel atau perikambium. Perisikel berdinding tebal dan mampu menghasilkan primordia akar cabang, sebagian felogen (kambium gabus), dan sebagian dari kambium pembuluh. Selain perisikel, dipusat silinder akar terdapat pula parenkim empulur, jika bagian tengah ini tidak ditempati jaringan pembuluh. Xilem dan floem akar biasanya tersusun secara radial. Bila jumlah berkas pembuluh tidak banyak, maka sering xilem bersatu di bagian tengah akar sehingga akar tidak berempulur. Untuk lebih jelasnya Anda dapat menelaah Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Komponen penyusun organ akar pada dikotil muda, untuk setiap tumbuhan tinggi komponen penyusunnya adalah serupa yang berbeda adalah pola sebarannya (Sumber: Alberts *et al.*,1989).

B. Batang

Seperti pada Gambar 4.24 pada dasarnya batang sebagai salah satu organ pada tumbuhan memiliki sistem jaringan yang serupa dengan akar. Batang merupakan sumbu tumbuhan dan berperan untuk mendukung bagian tumbuhan di atas tanah, selain itu juga sebagai alat transportasi yaitu transportasi air dan ion-ion yang terlarut dari akar ke daun dan hasil fotosintesis dari daun ke bagian yang lainnya.

Struktur batang tumbuhan berpembuluh sangat bervariasi. Pada dasarnya pada irisan melintang batang akan tampak tiga daerah pokok atau tiga sistem jaringan yaitu epidermis, korteks, dan stele (silinder pusat).

Epidermis batang umumnya terdiri atas selapis sel yang menyelubungi batang. Seringkali ditutupi kutikula. Pada batang yang melakukan fotosintesis mungkin pada lapisan epidermis ditemukan adanya stomata. Pada beberapa jenis tumbuhan, epidermis dapat lebih dari selapis sel. Lapisan epidermis ke dua dan seterusnya dapat disebut sebagai hipodermis, bila perkembangannya berasal dari meristem jaringan dasar. Pada epidermis batang dapat ditemukan derivat epidermis misalnya: rambut (trichoma) sering di jumpai pada batang muda, sel silika, dan sel gabus.

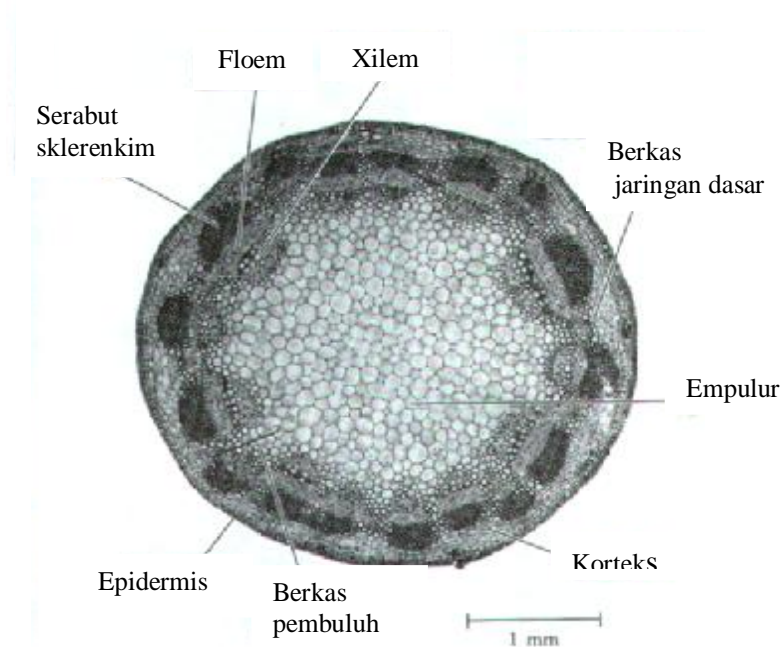
Sel epidermis adalah sel hidup dan mampu bermitosis. Hal ini penting dalam upaya memperluas permukaan apabila ada tekanan dari dalam akibat pertumbuhan sekunder.

Korteks pada batang merupakan daerah di antara epidermis dan silinder pusat. Korteks batang sebagian besar terdiri atas parenkim yang dapat berisi kloroplas. Di tepi luar sering terdapat kolenkim atau sklerenkim. Kolenkim sering dijumpai pada bagian tepi korteks

membentuk lingkaran penuh atau seperti rusuk-rusuk. Lapisan paling dalam dari korteks adalah endodermis. Seringkali batas antara korteks dan daerah jaringan pembuluh tak jelas karena tidak ada endodermis. Di dalam sel-sel endodermis biasanya terdapat butir-butir amilum, oleh karena itu jaringan ini disebut sarung tepung atau seludang pati, misalnya pada batang muda *Ricinus komunis*. Di antara sel endodermis tak ada ruang antar sel. Walaupun dari segi morfologi tak terlihat endodermis, telah dibuktikan bahwa lapisan korteks yang paling dalam memiliki sifat kimiawi dan fisiologi yang serupa. Dengan demikian ada batas fisiologis antara korteks dan daerah silinder pusat.

Stele (silinder pusat) merupakan sistem jaringan primer yang terdiri atas satuan berkas pengangkut beserta jaringan pendukungnya (misalnya empulur, perisikel, jaringan interfasikuler), baik yang tersusun sederhana maupun kompleks.

Pada batang tumbuhan dikotil, silinder pusat tersusun atas perisikel (perikambium), berkas pengangkut dan empulur. Berkas pengangkut letaknya dipisahkan satu dengan yang lainnya oleh deretan sel-sel parenkim yang tersusun radial yang disebut-jari-jari empulur, sedangkan pusatnya tersusun dari sel-sel parenkim disebut empulur. Pada tumbuhan monokotil, korteks dan empulur tidak dapat dibedakan dengan jelas sehingga disebut jaringan dasar saja. Berkas pengangkut bervariasi dalam ukuran dan susunannya. Sedangkan letak floem terhadap xilem bervariasi.



Gambar 4.24. Komponen penyusun organ batang, untuk setiap tumbuhan tinggi komponen penyusunnya adalah serupa yang berbeda adalah pola sebarannya. Ini merupakan pola batang muda dari dikotil (Sumber: Campbell *et al.*, 1999)

C. Daun

Daun sebagai tempat terjadi fotosintesis merupakan organ yang sangat penting bagi tumbuhan. Berbeda dengan organ lainnya, daun umumnya bersifat sementara. Struktur daun sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungannya.

Daun yang lengkap terdiri atas helai daun (lamina), tangkai daun (petiolus), dan pelepah daun (vagina). Bentuk dan ukuran daun tumbuhan berbiji sangat bervariasi. Seperti pada akar dan batang, daun juga tersusun atas beberapa sistem jaringan yaitu jaringan dermal, jaringan dasar yang menyusun mesofil daun, jaringan pembuluh (Gambar 4.25).

Epidermis daun terdapat pada dua bagian yaitu pada permukaan bagian atas (epidermis atas atau ventral) dan permukaan bagian bawah (epidermis bawah atau epidermis dorsal). Seperti umumnya, epidermis terdiri atas selapis sel, kecuali pada beberapa tumbuhan seperti pada karet munding (*Ficus*) dan *Piper* epidermis terdiri atas beberapa sel.

Dinding sel epidermis mengalami penebalan yang tidak merata. Dinding sel bagian luar umumnya berdinding tebal, dapat terdiri dari lignin, tetapi umumnya dari kutin. Penebalan dari kutin ini membentuk lapisan kutikula yang tipis atau tebal. Tumbuhan xerofit (hidup di daerah kering) umumnya epidermisnya berkutikula tebal. Pada beberapa tumbuhan pada bagian atas kutikula juga ditemukan lapisan lilin.

Stomata sebagai derivat epidermis bisa terdapat pada kedua permukaan daun atau salah satu permukaan saja, umumnya dibagian bawah, tetapi pada tumbuhan yang hidup terapung di air stomata terletak pada permukaan atas. Stomata berguna sebagai jalan bagi pertukaran gas pada tumbuhan dan sebagai pengatur besarnya transpirasi.

Sel-sel epidermis daun tidak mengandung kloroplas, kecuali pada sel penutup dan epidermis daun tumbuhan yang hidup tenggelam di dalam air.

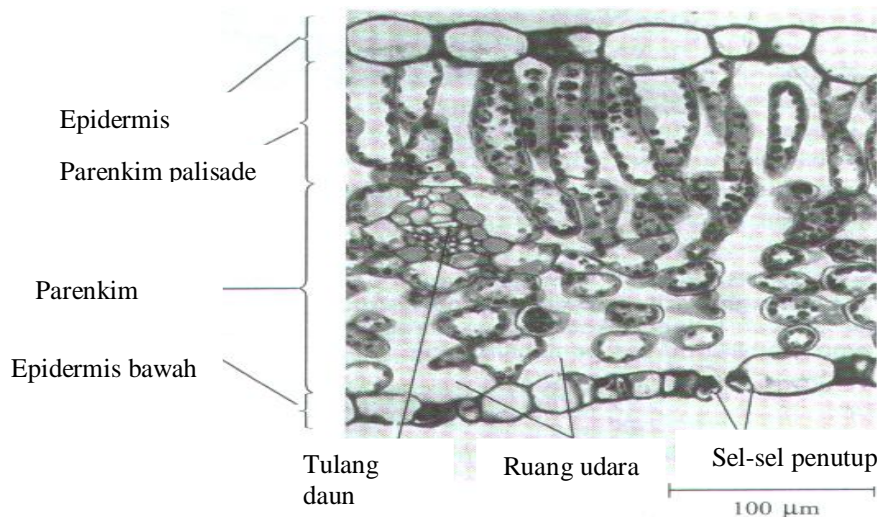
Mesofil adalah lapisan jaringan dasar yang terletak antara epidermis atas dan epidermis bawah dan di antara berkas pengangkut. Mesofil biasanya terdiri atas sel-sel parenkim yang homogen (pada rumput-rumputan), atau berdiferensiasi menjadi parenkim jaringan tiang (parenkim palisade) dan jaringan bunga karang (parenkim spon). Parenkim mesofil mengandung kloroplas, karena itu mesofil merupakan jaringan utama untuk fotosintesis.

Parenkim palisade merupakan sel-sel yang bentuknya silindris, tersusun rapat seperti pagar. Parenkim palisade umumnya dijumpai pada lapisan atas daun menempati hingga 2/3 bagian mesofil, tetapi juga dapat ditemukan pada kedua sisi permukaan daun.

Parenkim bunga karang tersusun oleh sel-sel yang bentuknya bervariasi. Umumnya tersusun tidak teratur, bercabang-cabang, berisi kloroplas, dan tersusun sedemikian rupa membentuk suatu jaringan seperti bunga karang.

Sisten jaringan pembuluh pada daun terletak di dalam tulang daun beserta anak tulang daunnya. Pada penampang melintang daun, berkas pengangkut ini terdiri atas satu ikatan

pembuluh, yang xilemnya terletak menghadap ke permukaan atas daun dan floemnya ke permukaan bawah daun. Pada anak tulang daun dapat lebih sederhana dan kadang-kadang tidak sempurna, terdiri atas xilem saja atau floem saja.



Gambar 4.25 Serupa halnya dengan akar dan batang, daun sebagai organ juga serupa tersusun oleh tiga sistem jaringan. Jaringan dermal menempati pada bagian atas dan bawah sebagai epidermis, sedangkan jaringan dasar berada di antara jaringan dermal atas dan bawah serta jaringan pembuluh yang terdapat pada tulang daun (Sumber. Campbell *et al.*, 1999)

D. Gerak pada Tumbuhan

Tumbuhan, seperti hewan, memiliki beberapa bentuk koordinasi internal untuk bisa merespon rangsang dari luar dengan tepat. Tidak seperti pada hewan, tumbuhan tidak memiliki sistem saraf dan mengandalkan sistem koordinasinya secara keseluruhan pada koordinasi secara kimiawi. Respon pada tumbuhan karenanya lebih lambat dan sering melibatkan pertumbuhan. Pertumbuhan, dalam hal ini, dapat menghasilkan suatu gerakan dari suatu organ.

Gerak pada tumbuhan tidak ditunjukkan berupa gerakan langsung keseluruhan organisme kecuali pada beberapa tumbuhan bersel satu. Gerak pada tumbuhan ditunjukkan oleh gerakan organ yang merupakan respon tumbuhan terhadap rangsang dari luar. Gerak yang dipengaruhi oleh rangsang dari luar dikelompokkan menjadi 3 katagori, yaitu: tropisme, nasti dan taksis.

Tropisme adalah suatu gerakan dari bagian tumbuhan sebagai respon secara langsung terhadap rangsang dari luar. Gerakan ini selalu berupa gerakan dari pertumbuhan. Respon tropisme ini ada yang bersifat negatif atau positif tergantung dari arah pertumbuhan apakah menuju atau menghindari arah datangnya rangsang. Ada beberapa stimulus yang menginduksi

tropisme dan perubahan bentuk tubuh yang mengikutinya antara lain cahaya (fototropisme), gravitasi (geotropisme) dan sentuhan (thigmotropisme).

Fototropisme, contohnya adalah pertumbuhan tunas dan koleoptil ke arah datangnya cahaya. Fototropisme ini bersifat positif. Sedangkan pertumbuhan akar adventitif pada beberapa tumbuhan memanjat bersifat fototropisme negatif. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan terjadinya fototropisme antara lain karena penyebaran auksin yang tidak merata dan adanya kriptokrom, fotoreseptor yang sangat sensitif terhadap cahaya biru.

Geotropisme, contohnya adalah arah pertumbuhan tunas dan koleoptil berlawanan dengan arah gaya gravitasi bumi, sehingga dikatakan sebagai geotropisme negatif. Sementara itu akar bersifat geotropisme positif.

Membengkoknya arah pertumbuhan pada beberapa tumbuhan yang memiliki sulur (anggur, labu siam) sehingga membelit penopangnya, merupakan salah satu contoh thigmotropisme. Organ pelilit ini pada umumnya tumbuh lurus sampai sulur menyentuh sesuatu, kontak tersebut merangsang respon melilit karena adanya pertumbuhan sel-sel pada sisi yang berlawanan pada sulur tersebut.

Tropisme lainnya hidrotropisme stimulusnya berupa air, contohnya pertumbuhan akar yang mencari sumber air di dalam tanah. Aerotropisme stimulusnya berupa oksigen, kotak polen bersifat negatif terhadap kadar oksigen. Proses secara detail untuk masing-masing gerak tropisme ini dapat Anda pelajari secara mendalam pada buku sumber yang terdapat pada daftar pustaka pada akhir modul ini.

Nasti adalah gerak dari sebagian tumbuhan sebagai respon tidak langsung terhadap suatu rangsang dari luar. Gerakan dapat berupa hasil pertumbuhan atau perubahan turgor dan gerakan kecil yang ditunjukkan secara khusus oleh posisi sebagian dari sel-sel yang merespon rangsang dari luar. Gerakan yang dihasilkan relatif lebih cepat dibandingkan tropisme. Layunya daun putri malu karena disentuh merupakan salah satu contoh dari nasti (tigmonasti/haptonasti). Beberapa tumbuhan terutama famili Leguminosae, merundukkan daunnya pada malam hari dan menaikannya sampai posisi horizontal pada pagi hari dikenal sebagai gerakan tidur (nictinasti). Membuka atau menutupnya bagian tumbuhan karena stimulus cahaya (fotonasti) atau karena temperatur (termonasti) juga merupakan contoh lain dari nasti. Beberapa jenis bunga, seperti tulip, menutup pada malam hari dikarenakan sisi bawah dari petal tumbuh lebih cepat (hiponasti) dan membuka disebabkan pertumbuhan yang lebih cepat pada sisi atas (epinasti).

Taksis merupakan gerakan seluruh sel atau organisme sebagai respon langsung terhadap rangsang dari luar. Seperti pada tropisme, pada taksis pun dikenal ada taksis negatif dan taksis positif. Taksis tidak terbatas pada tumbuhan saja tetapi juga digunakan pada beberapa hewan rendah terutama bersel satu. Gerak kloroplas ke arah datangnya cahaya, merupakan salah satu contoh dari taksis positif (fototaksis). Gerakan bakteri mendekati substrat makanannya, merupakan contoh dari kemotaksis positif. Demikian uraian tentang

gerak pada tumbuhan yang dapat Anda pelajari pada modul ini. Untuk lebih detail lagi Anda dapat mempelajarinya pada beberapa buku sumber seperti yang tercantum pada daftar pustaka modul ini.

Contoh gerak pada tumbuhan yang mudah Anda pelajari adalah tigmonasti/haptonasti. Anda dapat melakukan sendiri percobaannya. Sentulah tanaman putri malu (sikejut) dengan pensil. Amati perubahan yang terjadi. Untuk perlakuan selanjutnya, lakukanlah sentuhan dengan cara lembut, cukup keras dan keras. Perhatikannlah berapa lama daun putri malu kembali membuka secara normal. Catatlah hasil percobaan Anda. Mengapa bisa terjadi demikian ?

Untuk memantapkan pemahaman Anda atas materi kegiatan belajar 3, coba Anda kerjakan latihan berikut ini.

1. Bila Anda memperhatikan tumbuhan, tampak sangat beranekaragam. Walaupun demikian pada dasarnya tumbuhan tersebut terdiri dari 3 sistem jaringan utama. Coba Anda uraikan?
2. Walaupun antara organ tumbuhan yang satu dengan yang lainnya disusun oleh jaringan yang serupa, tapi setiap organ memiliki kekhasan tersendiri. Coba Anda jelaskan keistimewaan organ akar!
3. Daun sebagai organ penting dari tumbuhan memiliki karakteristik tertentu, coba Anda jelaskan keistimewaan sistem jaringan dermal dan jaringan dasar yang menyusun daun.
4. Coba Anda jelaskan perbedaan antara gerak nasti dan taksis.
5. Jelaskan dengan rinci sifat gerak tropisme dan berikan contohnya.

Rambu-rambu Pengerjaan Jawaban Latihan

1. Ada 3 sistem jaringan pada tumbuhan, yaitu sistem jaringan dermal, dasar, dan jaringan pembuluh. Karena letak dari ketiga sistem jaringan tersebut berbeda satu sama lain maka setiap sistem jaringan memiliki karakteristik dan fungsi tersendiri. Oleh karena itu ada sistem jaringan yang terutama berperan sebagai pelindung tentunya memiliki sel-sel yang berbeda dengan sistem jaringan yang berperan dalam sistem pengangkutan. Silakan Anda uraikan dengan lengkap.
2. Pada setaip organ tumbuhan, setiap sistem jaringan biasanya mengalami modifikasi tertentu sesuai dengan kebutuhannya. Akar sebagai organ penting untuk pengambilan air dan ion-ion terlarut di dalamnya maka diperlukan modifikasi terutama sel-sel epidermis sehingga pengambilan air dan ion terlarut seoptimal mungkin.

3. Daun sebagai organ penting untuk fotosintesis, untuk menunjang fungsi ini, jaringan dermal daun pada tumbuhan yang hidup di darat apalagi di daerah yang kering tentunya jaringan dermalnya harus optimal melindungi sistem jaringan di dalamnya sehingga terdapat penambahan lapisan tertentu. Sedangkan pada lapisan dasarnya masih Anda ingat adanya jaringan palisade dan bunga karang yang berkloroplas. Silakan uraikan lebih lengkap lagi.
4. Kedua gerak ini berbeda terutama bagian tubuh tumbuhan yang meresponnya dan langsung tidak langsung dalam merespon rangsang.
5. Tropisme merupakan respon terhadap rangsang secara langsung, responnya itu berbeda dengan nasti dan taksis. Pengelompokkannya didasarkan pada stimulus yang menginduksinya

Rangkuman

Tumbuhan tinggi yang sangat bervariasi baik bentuk maupun warnanya, pada dasarnya disusun oleh tiga organ utama. Tiga organ tersebut adalah akar, batang, dan daun. Ketiga organ tersebut saling berinteraksi satu sama lain untuk menopang aktivitas tumbuhan itu sendiri. Akar, batang, dan daun disusun oleh tiga sistem jaringan utama tumbuhan yaitu sistem jaringan dasar, sistem jaringan dermal, dan sistem jaringan pembuluh.

Sistem jaringan dasar terdiri atas tiga tipe sel utama, yaitu sel parenkim, kollenkim, dan sklerenkim. Sel parenkim merupakan sel-sel hidup dan memiliki kemampuan untuk membelah kembali. Sel-sel parenkim memiliki fungsi yang bervariasi. Sel-sel kollenkim merupakan sel-sel hidup serupa dengan parenkim dengan dinding sel yang lebih tebal dan biasanya memanjang dan berkumpul membentuk serabut seperti tali. Sel-sel kollenkim berfungsi sebagai penyokong pada sistem jaringan dasar. Sel-sel sklerenkim adalah kuat berfungsi sebagai penyokong, merupakan sel-sel mati dengan dinding sekundernya tebal dan mengandung lignin. Ada dua tipe sklerenkim yaitu berbentuk serabut (fiber) dan sklererid (lebih pendek ukurannya dari bentuk serabut).

Sistem jaringan dermal memiliki fungsi utama untuk melindungi tumbuhan dari lingkungan luar, berperan dalam pengambilan air dan ion terlarut pada akar, pengatur pertukaran gas pada batang dan daun (stomata). Epidermis merupakan bentuk dari sistem jaringan dermal.

Xilem dan floem merupakan komponen utama dari sistem jaringan pembuluh. Xilem dan floem merupakan jaringan yang kompleks. Xilem berperan dalam mengangkut air dan ion-

ion terlarut yang dibutuhkan oleh tumbuhan sedangkan floem berperan dalam mengangkut hasil fotosintesis.

Tumbuhan yang tampak tetap di tempat, pada dasarnya juga melakukan aktivitas gerak yang juga merupakan bentuk respon terhadap rangsang dari luar. Tropisme, nasti, dan taksis merupakan 3 katagori gerak pada tumbuhan yang dipengaruhi rangsang dari luar.

Tropisme merupakan respon secara langsung terhadap rangsang dari luar, bentuk gerakan berupa gerakan pertumbuhan. Nasti adalah gerak dari sebagian tumbuhan sebagai respon tidak langsung terhadap rangsang dari luar, gerakan ini disebabkan oleh hasil pertumbuhan atau perubahan turgor pada sel-sel tertentu. Sedangkan taksis adalah gerakan seluruh sel atau organisme sebagai respon langsung terhadap rangsang dari luar, gerakan bakteri mendekati atau menjauhi rangsang merupakan contoh dari taksis.

Tes Formatif 4

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat.

1. Pada sistem jaringan dasar yang berperan sebagai stem cell adalah sel
 - a. parenkim
 - b. sklerenkim
 - c. kollenkim
 - d. floem

2. Sel-sel berikut sebagai bagian dari sistem jaringan dasar yang berperan sebagai penyokong adalah
 - a. kollenkim dan parenkim
 - b. parenkim dan sklerenkim
 - c. sklerenkim dan kollenkim
 - d. kollenkim dan xilem

3. Berikut ini merupakan bentuk-bentuk modifikasi dari jaringan dermal, kecuali....
 - a. stomata
 - b. rambut
 - c. sel sekretoris
 - d. palisade

4. Jaringan dari epidermis yang berkloroplas dapat ditemukan pada sel-sel....
 - a. jaringan palisade
 - b. jaringan spons
 - c. pelindung
 - d. trichoma

5. Sel-sel penting yang mendukung kegiatan floem adalah
 - a. companion cell
 - b. guard cell
 - c. sieve plate
 - d. sieve tube

6. Sel-sel penting yang membantu mengangkut larutan kedalam dan keluar elemen pembuluh pada pembuluh xilem adalah
 - a. sel tetangga
 - b. sel penutup

- c. sel parenkim
- d. sel kollenkim

7. Akar sebagai organ dari tumbuhan memiliki peran penting. Yang bukan dari fungsi akar ...

- a. menyerap air dan ion terlarut
- b. meyimpan cadangan makanan
- c. pertukaran gas
- d. menambatkan tumbuhan

8. Bagian terdalam dari korteks yang terdiri dari selapis sel dan dapat ditemukan baik pada akar maupun batang adalah

- a. xilem
- b. floem
- c. endodermis
- d. hipodermis

9. Bagian daun berikut ini dapat melakukan fotosintesis, kecuali

- a. sel penutup/pelindung
- b. sel jaringan pagar
- c. sel jaringan bunga karang
- d. sel epidermis bawah

10. Tropisme merupakan bentuk respon berupa gerak tumbuhan terhadap rangsang dari lingkungannya. Karakteristik berikut hanya ditemukan pada tropisme adalah

- a. gerak berupa pertumbuhan
- b. berkaitan dengan turgor
- c. tergantung pada arah rangsang
- d. gerak bersifat menyeluruh

Cocokkanlah jawaban Anda dengan kunci jawaban Tes formatif 4 yang ada di bagian akhir modul ini. Hitunglah jumlah jawaban Anda yang benar, kemudian gunakan rumus di bawah ini untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi kegiatan belajar 4.

$$\text{Rumus} = \frac{\text{Jumlah jawaban anda yang benar}}{10} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan yang Anda capai :

90% - 100% = baik sekali

80% - 89% = baik
70% - 80% = cukup
< 70% = kurang

Kalau Anda mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih dengan demikian Anda telah menyelesaikan kegiatan belajar 4, tetapi kalau kurang dari 80% Anda harus mengulangi kegiatan belajar 4 terutama bagian yang belum Anda kuasai.

Kunci Jawaban tes Formatif

Tes Formatif 1

1. c
2. b
3. d
4. d
5. c
6. b
7. d
8. a
9. b
10. b

Tes Formatif 2

1. c
2. d
3. a
4. c
5. c
6. d
7. d
8. c
9. a
10. d

Tes Formatif 3

1. b
2. a
3. c
4. c
5. a
6. c
7. a
8. c
9. a
10. a

Tes Formatif 4

1. a
2. c
3. d
4. c
5. a
6. c
7. a
8. c
9. d
10. a

Glosarium

- ADN: asam deoksiribonukleat, merupakan cetak biru informasi genetik yang ditransfer dari generasi ke generasi.
- Aktin: protein globuler yang berikatan membentuk rantai, berupa mikrofilamen pada otot dan unsur kontraktil lainnya di dalam sel.
- Angiospermae: tumbuhan berbunga, yang membentuk biji di dalam suatu ruangan terlindungi yang disebut ovarium.
- Anterior: menggambarkan bagian tubuh yang terdapat pada atau dekat bagian depan atau kepala seekor hewan.
- Apikal : ujung
- ARN: asam ribonukleat, asam nukleat yang disintesis oleh DNA dalam inti dan bertanggung jawab membawa kode genetik.
- Badan Golgi : suatu organel dalam sel eukariotik yang terdiri atas tumpukan kantung bermembran pipih yang memodifikasi, menyimpan, dan mengalirkan produk retikulum endoplasma.
- Difusi: gerakan partikel dari bagian berkonsentrasi tinggi ke bagian berkonsentrasi lebih rendah sampai partikel-partikel tersebut tersebar rata.
- Dikotil: subdivisi tumbuhan berbunga yang anggotanya memiliki dua daun biji embrionik (kotiledon).
- Distal : lebih jauh dari sumbu tubuh.
- Dorsal: menggambarkan ciri atau dekat permukaan organisme yang biasanya menuju ke atas, pada manusia menuju ke belakang.
- Filtrasi : penyaringan.
- Foramen: lubang.
- Fotosintesis: proses pembentukan karbohidrat atau gula dari air dan karbondioksida dengan bantuan klorofil dan membutuhkan cahaya matahari.
- Gymnospermae: tumbuhan berpembuluh yang mempunyai biji terbuka yang tidak terbungkus dalam suatu ruangan khusus.
- Impuls: suatu perubahan fisiko-kimia sepanjang serabut saraf atau jaringan konduktif lainnya yang diawali oleh suatu aktifitas fisiologi dalam saraf, otot, atau kelenjar sel.
- Kanalikuli : saluran-saluran kecil yang diisi oleh tonjolan-tonjolan halus dari osteosit pada matriks tulang yang menghubungkan osteosit yang satu dengan yang lainnya.
- Kaudal: menggambarkan bagian tubuh hewan pada atau dekat ekor.
- Kloroplas: organel yang hanya ditemukan pada tumbuhan atau protista fotosintetik, yang menyerap cahaya matahari untuk menggerakkan sintesis senyawa organik dari CO₂ dan H₂O

Kutikula: lapisan non sel yang dihasilkan oleh epidermis struktur aerial tumbuhan dan oleh sejumlah hewan invertebrata.

Kutin: substansi berlemak sebagai pengayaan dinding sel untuk membatasi transpirasi, membentuk lapisan kutikula.

Lakuna: tempat pada tulang yang diisi oleh osteosit pada tulang atau chondrosit pada rawan.

Lignin: bahan keras yang terkubur dalam matriks selulosa dinding sel tumbuhan berpembuluh yang berfungsi sebagai adaptasi yang penting untuk mendukung species yang hidup di darat.

Lisosom: kantung enzim-enzim hidrolitik yang terbungkus oleh membran yang ditemukan dalam sitoplasma sel eukariotik.

Meristem: suatu jaringan yang berkaitan dengan sintesis protoplasma dan pembentukan sel baru melalui pembelahan.

Mioepitel : sel-sel khusus yang ada di sekitar kelenjar, bisa berkontraksi, ikut serta dalam sekresi dengan menekan bagian sekretor kelenjar tersebut.

Miosin: suatu jenis filamen protein yang berinteraksi dengan filamen aktin untuk menghasilkan kontraksi sel otot.

Mitokondria: organel pada sel eukariotik yang berfungsi sebagai tempat respirasi seluler.

Monokotil: subdivisi tumbuhan berbunga yang anggotanya memiliki satu daun biji embrionik atau kotiledon.

Neuroepitel: adalah sel-sel yang berasal dari jaringan epitel dengan fungsi sensoris khusus, seperti sel-sel perasa pada lidah.

Neurotransmitter: materi kimia yang dilepaskan dari ujung sinap sebuah saraf, kemudian berdifusi melalui celah sinap, berikatan dan merangsang sel pasca sinaptik untuk melanjutkan impuls.

Osmosis: difusi pelarut (biasanya air) melalui membran selektif permeabel dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah.

Paramiosin: mikrofilamen yang terdapat pada otot penutup cangkang pada kijing.

Posterior: menjelaskan bagian tubuh di atau dekat bagian belakang seekor hewan.

Proksimal: relatif lebih dekat ke sumbu tubuh.

Prosesus: tonjolan berbentuk pipih pada tulang.

Retikulum endoplasma: jaringan yang bermembran yang sangat ekstensif pada sel eukariotik, berhubungan dengan dengan membran bagian luar inti.

Ribosom: organel sel yang dibentuk dalam inti, berfungsi sebagai tempat sintesis protein dalam sitoplasma.

Sentriol: suatu struktur dalam sel hewan, yang terdiri atas silinder triplet mikrotubula, terdapat sepasang dan terlibat dalam pembelahan sel.

Sentrosom: materi yang ditemukan di dalam sitoplasma semua sel eukariotik dan sangat penting selama pembelahan sel, disebut juga pusat pengorganisasian mikrotubula.

Sistem Havers: salah satu unit struktural dalam tulang vertebrata, yang terdiri atas lapisan konsentrik matriks tulang termineralisasi dikelilingi lakuna, mengandung osteosit, dan sebuah saluran pusat, yang mengandung pembuluh darah dan saraf.

Sub mukosa: merupakan salah satu lapisan yang terdapat pada saluran pencernaan, bagian ini banyak mengandung pembuluh darah dan limfe serta jaringan ikat longgar.

Tendon: suatu jenis jaringan ikat berserat yang mengaitkan otot ke tulang.

Tuba eustachius: saluran yang menghubungkan antara saluran telinga tengah dengan rongga mulut melalui faring.

Vakuola: rongga di dalam sitoplasma yang berisi cairan sel.

Ventral : menggambarkan ciri-ciri dari atau pada atau dekat permukaan organisme yang biasanya mengarah ke bawah, pada manusia hal itu menghadap ke depan.

Daftar Pustaka

- Alberts, B., Bray, D., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., and Watson, J.D., 1989, *Molecular Biology of the Cell 2nd*, Garland Publ., Inc., New York.
- Campbell, N.A., Reece, J.B. and Mitchell, L.G., 1999, *Biology*, fifth Edition, The Benjamin Cummings Publ. Co., California.
- Green, N.P.O., Stout, G.W., Taylor D.J., and Soper, R., 1986, *Biological Science 1*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Junquera, L.C. and Carneiro, J. , 1980, *Basic Histology*, Lange Medical Pbl. Drawer L., Los Altos, California.
- Kurnadi, K.A., 1988, *Dasar-dasar anatomi dan fisiologi tubuh manusia*, Jurdik Biologi-FPMIPA, Bandung.
- Rust, T.G., 1983, *A guide to Biology Lab 3rd*, Lebcu Graphics, San Antonio, Texas.