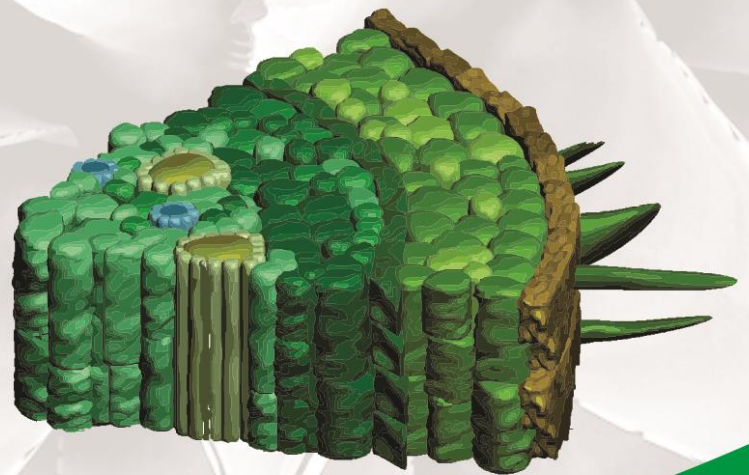
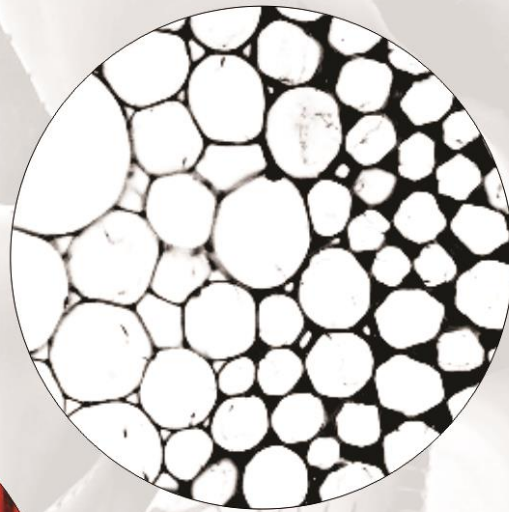
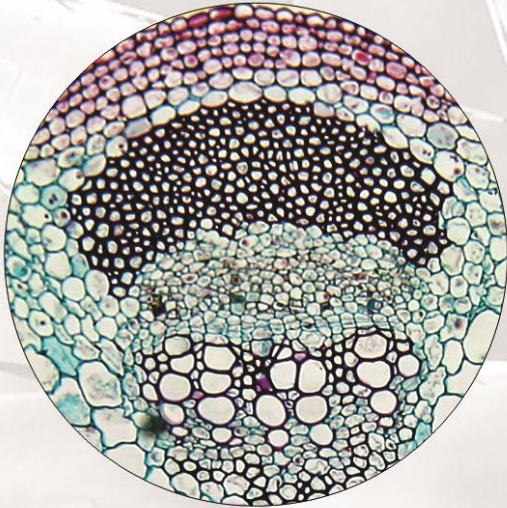


Mengenal Jaringan Tumbuhan

dalam Perspektif Imajinasi Tiga Dimensi

PURWATI KUSWARINI SUPRAPTO



**JURUSAN PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SILIWANGI
2016**

MENGENAL JARINGAN TUMBUHAN DALAM PERSPEKTIF IMAJINASI TIGA DIMENSI



BUKU AJAR

merupakan salah satu luaran dari Penelitian Hibah Bersaing yang
Dibiayai oleh DIPA Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan
Pengembangan Kemenristekdikti RI No 042.06.1.401516/2016

ISBN :
978-602-71896-6-9

oleh
Dr. Purwati Kuswarini Suprpto, M.Si.

LPPM UNIVERSITAS SILIWANGI
2017

**MENGENAL JARINGAN TUMBUHAN
DALAM PERSPEKTIF IMAJINASI TIGA DIMENSI**

Penulis:

Dr. Purwati Kuswarini Suprpto, M.Si.

ISBN : 978-602-71896-6-9

Editor :

Dr. Baiq Fatmawati, M.Pd.

Desain Sampul dan Tata letak :

Diki Muhamad Chaidir, S.Pd.

© Hak cipta tulisan ini ada pada Penulis. Hak cipta dilindungi Undang-undang Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2002 tentang Hak Cipta.
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin Penulis atau Penerbit.

Edisi Pertama Januari 2017

Penerbit : LPPM Universitas Siliwangi

Redaksi:

Gedung LPPM Unsil
Jl. Siliwangi No. 24, Kota Tasikmalaya-46115
Telepon +62265 330634
Faksimil +62265 325812
Email: lppm@unsil.ac.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, akhirnya selesai juga tulisan buku ajar tentang jaringan tumbuhan . Buku ini diharapkan dapat ikut serta mengembangkan model pembelajaran yang dibutuhkan untuk meningkatkan pengetahuan dan penalaran peserta didik. Buku ini diharapkan dapat membantu pembaca untuk memahami jaringan tumbuhan yang banyak disajikan dalam gambar dua dimensi. Gambar dua dimensi yang disajikan dalam buku ajar ini dimaksudkan untuk membantu pembaca untuk mengembangkan imajinasi tiga dimensi. Hasil imajinasi 3D kemudian dikreasikan dalam bentuk tiga dimensi. Proses mengembangkan imajinasi dari gambar 2dimensi menjadi tiga dimensi diyakini dapat meningkatkan penguasaan konsep, kemampuan ruang dan penalaran logis.

Buku ini dibuat sebagai keluaran hasil penelitian Hibah Bersaing yang diselenggarakan oleh Kemenristek Dikti Indonesia. Kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam pembuatan buku ini, khususnya pada saudara Diki Muhamad Chaidar SPd. Tak lupa pula kami mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada Kemenristek Dikti, melalui LPPM- UNSIL telah memberikan kesempatan pada kami untuk dapat mengembangkan bidang keilmuan yang kami miliki. Kami masih membuka kritik dan saran untuk perbaikan buku ini di masa depan. Semoga buku ini bermanfaat. Amin ya.

Tasikmalaya, Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
BAB 1 JARINGAN DASAR	1
A. Pendahuluan	1
B. Sistem Jaringan Dasar (<i>ground meristem</i>)	3
1. Jaringan Parenkim	3
2. Jaringan Kolenkim	10
3. Jaringan Sklerenkim	13
 BAB 2 JARINGAN EPIDERMIS	 19
A. Epidermis	19
B. Fungsi Epidermis	20
C. Bentuk Epidermis	20
D. Susunan Epidermis	22
E. Dinding Sel Epidermis	22
F. Derivat Epidermis	23
1. Stomata	24
2. Rambut atau Trikoma	27
 BAB 3 STRUKTUR PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN XILEM PADA TUMBUHAN	 32
A. Konsep	32
B. Pembentukan Xylem	40
C. Struktur Dasar	48
D. Kayu	51
 DAFTAR PUSTAKA	 58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Struktur tumbuhan terdiri atas system organ dan organ tumbuhan dibangun oleh system jaringan tumbuhan	1
Gambar 2.	Struktur tumbuhan pada dikotil	2
Gambar 3.	Struktur tumbuhan pada monokotil	3
Gambar 4.	(a) pembentukan sel parenkim pada tubuh primer, (b dan c) pembentukan sel parenkim pada tubuh sekunder	4
Gambar 5.	(a) klorenkim pada <i>Elodea</i> , (b) kristal oksalat pada sel parenkim, (c) kromoplas pada <i>Daucus carota</i> (d) kristal druse dan e) amilum	5
Gambar 6.	Aerenkim (a) Tumbuhan <i>Acorus calamus</i> , (b) Rhizoma <i>Acorus</i> memiliki ruang antar sel cukup besar (c) <i>Juncus effusus</i> Linnaeus adalah spesies asli lahan basah (d) jaringan aerenchyma pada batang <i>Juncus</i> (e) parenkim air pada tumbuhan xerofit <i>Brasiliacereus phaeacanthus</i>	6
Gambar 7.	(a) Pohon , biji dan endosperm <i>Ricinus communis</i> , A (aleurone/protein), G (globoid), Cr (chromatin) (b) bit gula (<i>Beta vulgaris</i>), (c) sel minyak pada <i>Cinnamomum</i> (Lauraceae)	7
Gambar 8.	(a dan b) dinding tipis sel parenkim, (c) endosperm kopi, menunjukkan dinding yang tebal (d) dinding tebal endosperm <i>Diospyros</i>	8
Gambar 9.	Lamella tengah dan plasmodesmata pada sel parenkim	9
Gambar 10.	(a) sayatan melintang petiole seledri, menunjukkan penebalan dinding sel kolenkim pada jaringan kolenkim (b) sayatan longitudinal jaringan kolenkim, (c) warna merah menunjukkan penebalan kolenkim pada sayatan longitudinal batang	10
Gambar 11.	Distribusi kolenkim, sayatan melintang beberapa jaringan pembuluh pada beberapa tanaman (A, E x19; C-F, x 9.5)	11
Gambar 12.	(a) kolenkim sudut pada petiole seledri (b) kolenkim papan (lamelar) pada <i>Sambucus</i> dan (c) kolenkim lakunar pada <i>Ipomoea</i> , ada ruang antar sel	12
Gambar 13.	(a) kolenkim papan (lamelar), (b) kolenkim sudut pada petiole seledri dan (c) kolenkim lakunar pada <i>Ipomoea</i> , ada ruang antar sel (tanda panah)	13
Gambar 14.	(a) sklereid (200x) (Campbell et al., 2005), (b) brakisklereid pada buah <i>Pirus</i> (Pear Korea)	14

Gambar 15.	sklereid. A, B, sel batu dari daging buah pir (<i>Pyrus</i>). C, D, sclereids dari korteks batang tumbuhan lilin (<i>Hoya</i>), dilihat dalam sayatan (C) dan permukaan (D)	14
Gambar 16.	a, Epidermis kulit biji <i>Phaseolus</i> , menunjukkan lapisan padat makrosklereid, b, kelompok sklereid epidermis dilihat dari permukaan, c dan d, sklereid dilihat dalam sayatan longitudinal dan melintang (transversal). E adalah bentuk osteosklereid, F adalah astrosklereid dari korteks batang <i>Trochodendron</i>	15
Gambar 17.	(a) sklerenkim mendong (<i>Juncus effusus</i>) (b) sklerenkim : serat sayatan melintang (c) sayatan membujur serat xilem, (d) sayatan melintang serat ekstra xilem	15
Gambar 18.	(1) Trakeid, (2) serat trakeid (3) serat libriform (<i>xylary</i>)	16
Gambar 19.	Serat berlendir tampak pada sayatan melintang pada kayu <i>Fagus</i> sp. Dalam sebagian besar serat, warna gelap menunjukkan lapisan berlendir	17
Gambar 20.	(a), <i>Acer pensylvanicum</i> dan (b), <i>Cercidium</i> sp tumbuhan dewasa yang tetap ditutupi oleh epidermis	19
Gambar 21.	A, Daun jagung (<i>Zea mays</i>), b, Sayatan melintang daun jagung (<i>Zea mays</i>) menunjukkan satu lapis epidermis pada permukaan atas dan bawah daun, stoma (tanda panah), ikatan pembuluh yang bervariasi dibatasi dari mesofil oleh tonjolan ikatan pembuluh, c sayatan permukaan daun <i>zea mays</i>	20
Gambar 22.	velamen, beberapa lapis epidermis pada akar anggrek	21
Gambar 23.	a. hipodermis (subepidermis) pada sayatan melintang daun <i>Ficus</i> dan b. sayatan melintang daun <i>Peperomia dahlstedtii</i> (AB = epidermis abaxial, AD = epidermis adaxial, MU = epidermis multiseri, PP = parenkim palisade, SJ = Parenkim bunga karang, SU = subepidermis)	21
Gambar 24.	(a) kutikula berupa wax (lemak) menutupi permukaan daun untuk mengatur kebutuhan internal air (b) pengamatan mikroskopis kutikula pada epidermis permukaan atas dan (c) permukaan bawah	23
Gambar 25.	a. sel kipas pada daun monokotil, b. Trikoma pada epidermis <i>Solanum</i> dan c. trikoma pada epidermis <i>Arabidopsis</i>	24
Gambar 26.	Stomata tumbuhan yang berbeda-beda berdasar kelompoknya. A,E,I, stomata tampak dari permukaan	25
Gambar 27.	tipe stomata : a, anomositik, b, anisositik	26

Gambar 28.	tipe stomata : a, Parasitic , b, diasitik	26
Gambar 29.	Epidermis dilihat dari permukaan, menunjukkan jenis stomata yang menggambarkan pola yang dibentuk oleh sel penutup dan sel tetangga	27
Gambar 30.	Trikoma. A, B, trikoma dari <i>Olea</i> di permukaan (A) dan dilihat dari sisi (B). C, rambut seperti bintang dari <i>Quercus</i> . D, rambut dendritik dari <i>Platanus</i> . E, F, rambut seperti bintang dari <i>Sida</i> di permukaan (E) dan dilihat sisi (F). G, H, rambut uniseluler berbentuk T di lihat dari permukaan (G) dan dilihat dari sisi (H). I, rambut bergelembung <i>Chenopodium</i> . J, bagian dari rambut multiselular dari <i>Portulaca</i> . (A-C, I, x210; D-H, J, x105)	29
Gambar 31.	(1) Trikoma. A, kelompok trikoma dengan kelenjar (dengan kepala multiselular) contoh : pada rambut <i>Nicotiana</i> (tembakau). B, rambut kelenjar tembakau (diperbesar), menunjukkan karakteristik kepadatan isi kelenjar kepala. C, rambut berkait dengan sistolit dari <i>Humulus</i> , D, rambut panjang melingkar uniseluler, dan E, bulu pendek dengan sistolit dari <i>Boehmeria</i> . F, rambut berkait dengan sistolit dari <i>Cannabis</i> . G, H, trikoma peltat kelenjar <i>Humulus</i> dilihat di sayatan (G) dan tampak permukaan (H). (H dari trichoma lebih muda dari G.) (A, F, x100, B, D, E, x10; CG, x245; H, x490.) (Evert, 2007).. (2) menunjukkan perkembangan trikoma pada daun	30
Gambar 32.	contoh trikoma non glanduler pada <i>Coleus</i> sp (a dan b) dan <i>Salvia divinorum</i> (c dan d), sedang contoh trikoma glanduler pada <i>Nicotiana tabacum</i> (e dan f)	30
Gambar 33.	Jaringan vaskuler pada tumbuhan, air mula mula masuk melalui jaringan epidermis akar, korteks, xykem akar, dan xykem batang, kemudian xylem pada daun. Hasil proses fotosintesis, diedarkan keseluruh tubuh melalui floem	33
Gambar 34.	A. rambut akar merupakan derivat epidermis akar yang berfungsi untuk memperluas permukaan agar tanaman mudah mendapat air dan zat yang terlarut B. Jalan masuk air menuju xilem melalui jalan simplas dan apoplas	34
Gambar 35.	komponen trakea (<i>vesel element</i>) dan trakeid	35
Gambar 36.	Perbedaan khusus pada elemen trakeal dan serat xylem, E-G, trakeid panjang pada tanaman kayu primitif (G:skala dikurangi), E,F noktah sirkular, G noktah panjang dalam susunan skalariform, D-A, evolusi serat, menjadi lebih pendek dan noktah semakin kecil ukurannya dan berubah	

	bentuk dan ukuran pada lubang noktah. H-K evolusi komponen pembuluh menjadi lebih pendek, berkurang kemiringan pada ujung komponen trakea, berubah bentuk dari skalariform menjadi papan berlubang sederhana	36
Gambar 37.	Papan berlubang pada komponen trakea dalam xilem primer tumbuhan monokotil. A. papan berlubang skalariform dari batang <i>Phoenix dactylifera</i> (korma) (70x), B, papan berlubang jala dari akar <i>Hymenocallis caribea</i> (200x), C-E komponen trakea dari <i>Rhoeo discolor</i> (150x), C, papan berlubang skalariform dari komponen trakea yang berpennebalan helix (spiral). D papan berlubang jala dari komponen trakea yang berpennebalan cincin. E papan berlubang sederhana	37
Gambar 38.	Balok kayu yang menunjukkan bentuk parenkim aksial dan parenkim jari-jari empulur	39
Gambar 39.	A. Gambar sayatan melintang akar (400x) menunjukkan protoxylem dan metaxilem tidak dewasa (<i>immature</i>), B menunjukkan protoxylem dan metaxilem yang dewasa, C. Protoxilem dan metaxilem pada batang monokotil	42
Gambar 40.	A. Sayatan melintang dikotil batang <i>Medicago</i> , menunjukkan perkembangan awal cambium, B Sayatan tangensial cambium, menunjukkan pemula fusiform dan pemula jari-jari empulur, C. Gambar skematis pemula fusiform yang menghasilkan elemen xylem ke dalam dan elemen floem ke luar, pemula jari-jari empulur menghasilkan jari-jari empulur	44
Gambar 41.	Penebalan pada dinding unsur trakeal, penebalan cincin (annular), spiral, tangga (skalariform), jala (reticulate) dan noktah (pitted)	48
Gambar 42.	A. Sayatan melintang batang, menunjukkan adanya jari-jari empulur (merah), B menunjukkan adanya sel-sel parenchyma aksial dan sel radial	49
Gambar 43.	A. Sayatan membujur Tiloses. Tiloses dibentuk oleh sel parenkim yang berkembang pada lubang salah satu trakea. Di bawah tiloses adalah papan lubang sederhana. Papan ini menunjukkan di mana dua trakea bergabung bersama untuk membentuk sebuah tabung. Tanda panah menggambarkan amyloplasts tertutup dalam sel parenkim. Amyloplasts adalah plastida menyimpan pati. B. Gambar skematik tiloses pada trakea, tiloses muncul dari parenkim. C. Sayatan melintang tilosis (merah)	50

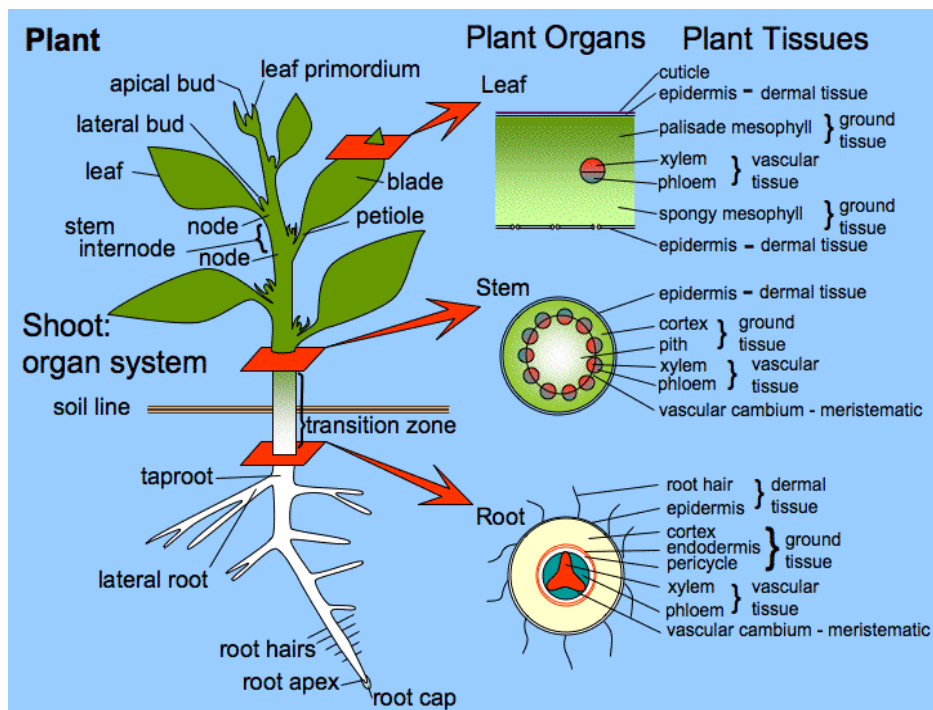
Gambar 44.	Pertumbuhan sekunder pada kayu dikotil di daerah 4 musim , menunjukkan proses terbentuknya lingkartahunan	53
Gambar 45.	Kayu galih (<i>heartwood</i>), kayu suban (<i>sapwood</i>), lingkartahun atau lingkat tumbuh (<i>rings</i>), dan jari- jari empulur (<i>rays</i>)	54
Gambar 46.	Blok kayu Gymnospermeae, menunjukkan belahan transversal, radial dan tangensial, menunjukkan bentuk resin	55
Gambar 47.	Blok diagram kayu dikotil, pada bagian melintang, radial dan tangensial	57

BAB 1

Jaringan Dasar

A. Pendahuluan

Struktur tumbuhan umumnya terdiri atas sistem organ, sistem organ pada tumbuhan yang dimaksud adalah daun, batang dan akar. Daun dibentuk oleh jaringan meristem primer kemudian mengalami pertumbuhan melalui meristem tepi pada daun. Daun terdiri atas kutikula, jaringan dermal (epidermis), jaringan dasar (*ground tissue*) dan jaringan pembuluh (*vascular tissue*).

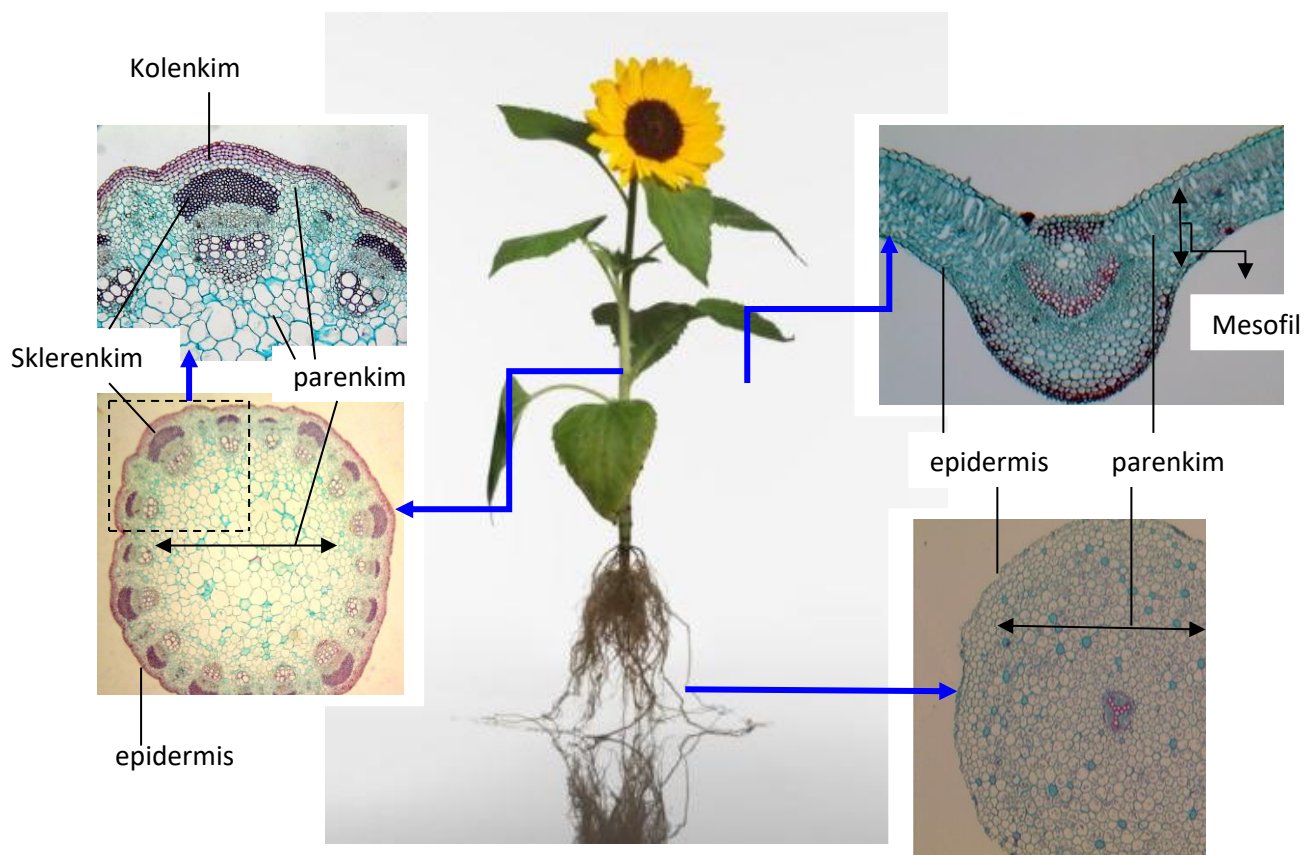


Gambar 1: Struktur tumbuhan terdiri atas system organ dan organ tumbuhan dibangun oleh system jaringan tumbuhan (sumber : Koning, Ross E. 1994)

Pada batang ditemui jaringan dermal, jaringan dasar, jaringan berkas pembuluh (*vascular tissue*) dan jaringan meristematik yang disebut kambium pembuluh (*vascular cambium*). Sedangkan pada akar juga terdapat jaringan dermal, jaringan dasar, jaringan berkas pembuluh dan jaringan meristematik (kambium pembuluh). Dari penjelasan di atas jelaslah bahwa organ pada tumbuhan umumnya terdiri atas jaringan dermal (epidermis), jaringan dasar (*ground tissue*) dan jaringan berkas pembuluh serta jaringan meristematik yang disebut kambium pembuluh (*vascular cambium*)(gambar 1).

Epidermis juga ditemukan pada semua organ tumbuhan, epidermis merupakan jaringan primer yang terdapat pada permukaan tumbuhan yang berfungsi untuk melindungi bagian dalam tumbuhan. Epidermis pada daun dilindungi oleh kutikula yaitu lapisan lilin untuk mengurangi penguapan dan mencegah hama dan penyakit pada tumbuhan (gambar 2 dan 3).

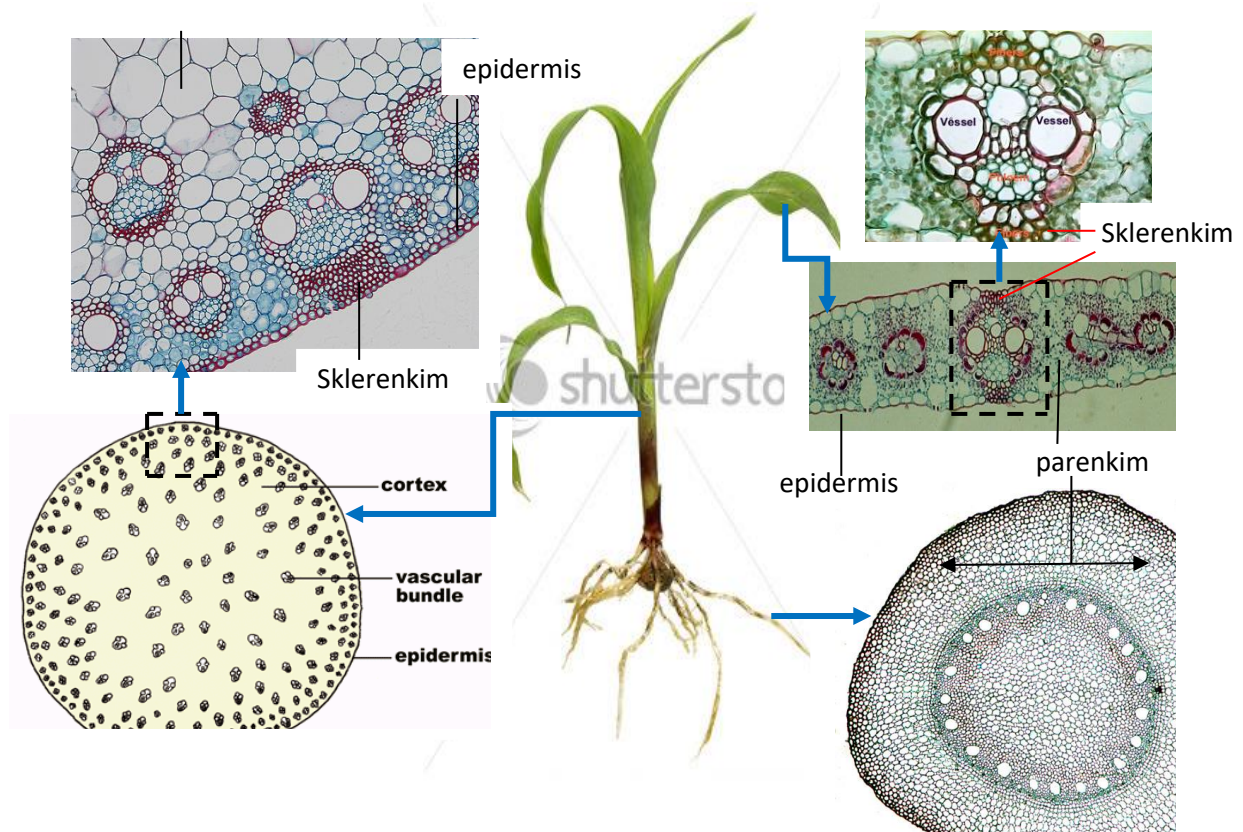
Jaringan dasar (*ground meristem*) terdiri atas jaringan parenkim, kolenkim dan sklerenkim. Jaringan parenkim ditemui pada hampir semua organ, khususnya terdapat pada korteks batang dan akar, empulur batang dan mesofil daun (gambar 1.2 dan 1.3).



Gambar 2 : Struktur tumbuhan pada dikotil (Sumber : Koning, Ross E. 1994 dan Curtis, Lersten, and Nowak 2002)

Pada pertumbuhan primer jaringan parenkim dapat berdeferensiasi menjadi kolenkim dan sklerenkim sebagai jaringan penguat. Kolenkim banyak ditemui pada batang tumbuhan primer dikotil. Kolenkim merupakan jaringan yang selnya memiliki penebalan pada dindingnya, letak kolenkim biasanya melingkar pada daerah tepi atau periferi korteks batang (di bawah epidermis) yang merupakan jaringan penguat pada pertumbuhan primer tumbuhan. Sklerenkim berkembang dari jaringan parenkim yang

mengalami penebalan sekunder, penebalan dindingnya mengalami lignifikasi secara melingkar dan berfungsi sebagai jaringan mekanis atau pendukung. Jaringan sklerenkim banyak ditemui pada daerah korteks pada batang (gambar 2). Kebanyakan sklerenkim berasosiasi dengan jaringan pembuluh (xilem dan floem), khususnya pada daun monokotil (gambar 2 dan 3).



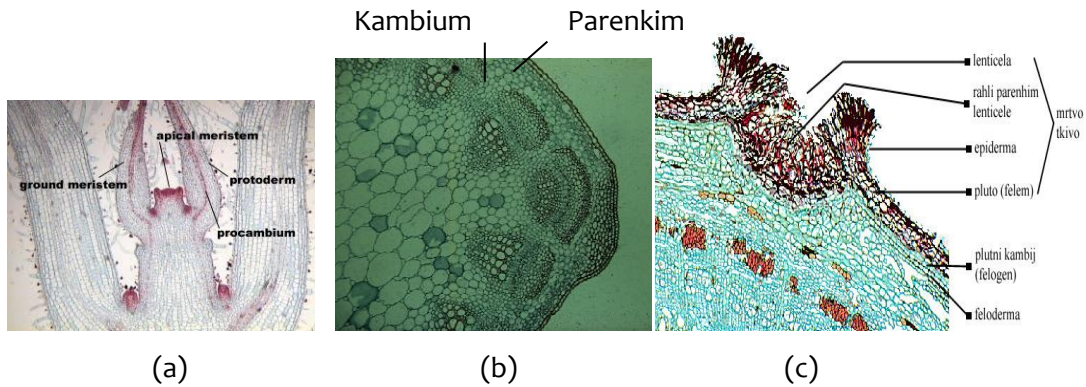
Gambar 3 : Struktur tumbuhan pada monokotil (Sumber : <http://lima.osu.edu/biology/archive/leaves> dan <http://waynesword.palomar.edu/trjune99>).

B. Sistem Jaringan Dasar (*ground meristem*)

1. Jaringan Parenkim

Sistem jaringan dasar terdiri atas jaringan parenkim, jaringan parenkim umumnya ditemui pada semua organ tumbuhan, baik pada daun, batang dan akar. Parenkim merupakan bagian utama sistem jaringan dasar, karena parenkim ditemukan hampir pada setiap bagian tanaman sebagai pengisi bagian tubuh tumbuhan. Parenkim juga dapat mengalami deferensiasi dan dapat bersifat meristematik apabila diperlukan. Pada organ parenkim terdapat pada korteks, empulur batang, korteks akar, dan sebagai jaringan dasar pada tangkai daun dan mesofil daun (gambar 1 dan 2).

Pada tubuh primer, parenkim berkembang dari meristem dasar, sedangkan parenkim yang menjadi bagian dari jaringan pembuluh primer berkembang dari prokambium (Gambar 4a). Pada tubuh sekunder parenkim berkembang dari kambium pembuluh (gambar 4b) dan kambium gabus (gambar 4c).

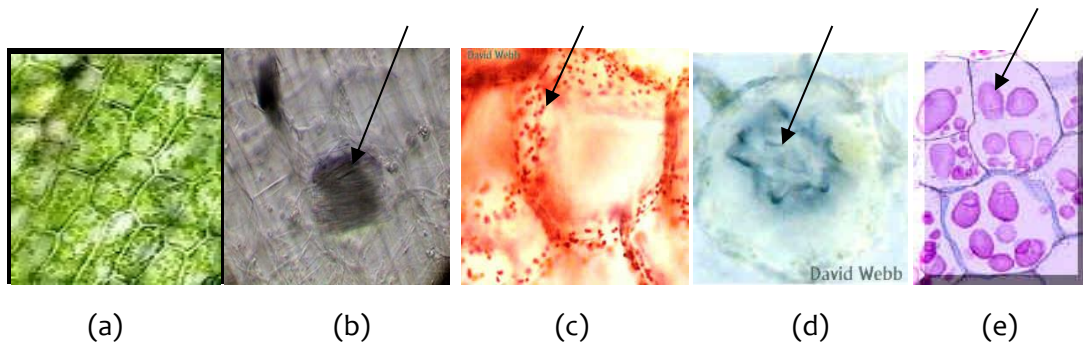


Gambar 4 : (a) pembentukan sel parenkim pada tubuh primer, (b dan c) pembentukan sel parenkim pada tubuh sekunder (sumber : Koning, Ross E. 1994 dan Valenti et al, 2000)

a. Struktur dan fungsi sel parenkim

Parenkim terdiri atas sel-sel hidup yang bermacam-macam bentuknya sesuai dengan fungsi yang berbeda-beda. Parenkim berupa jaringan yang selnya tidak menunjukkan spesialisasi, tetapi dapat terlibat dalam berbagai fungsi fisiologis tumbuhan. Ciri utama sel parenkim adalah memiliki dinding sel yang tipis, lentur dan banyak ditemui ruang antar sel. Sel parenkim biasanya menyusun jaringan dasar pada tumbuhan, oleh karena itu disebut jaringan dasar.

Sel parenkim dapat berisi plastida, seperti kloroplas, kromoplas, amiloplas dan dapat pula berisi kristal, amilum atau alkaloid sesuai dengan fungsinya sebagai tempat membuat makanan dan sebagai tempat penyimpan cadangan makanan (gambar 5). Sel parenkim merupakan sel hidup dapat bersifat meristematik meskipun telah dewasa. Sebab itu sel parenkim berperan penting dalam penyembuhan luka serta regenerasi.

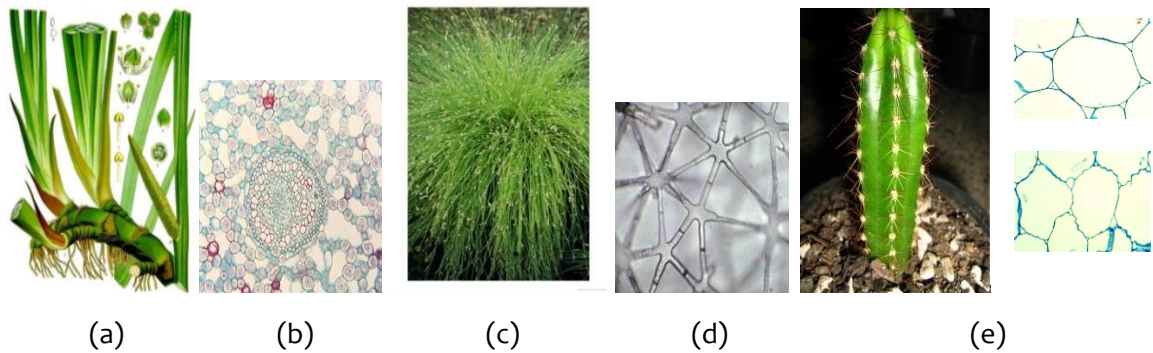


Gambar 5 : (a) klorenkim pada Elodea , (b) kristal oksalat pada sel parenkim (www.microscopy-uk.org.uk), (c) kromoplas pada *Daucus carota* (www.botany.hawaii.edu/faculty) (d) kristal druse dan e) amilum (<http://www.biologie.uni-hamburg>).

Rhizoma Acorus tebal dan tumbuh secara horisontal dalam lumpur, sehingga memiliki struktur ringan, konstruksi aerenkimatus memungkinkan difusi oksigen ke rimpang dari daun. Pada rawa lumpur, kadar oksigen rendah karena banyak bakteri yang menggunakannya dalam respirasi mereka. Jaringan aerenkim yang ringan pada batang memberikan kekuatan untuk batang yang panjang sekaligus mengurangi berat badan dan memberikan daya apung untuk menjaga batang agar tidak tenggelam ke dalam air. *Juncus effusus* Linnaeus adalah spesies asli lahan basah. Batangnya dipenuhi dengan jaringan aerenchyma udara. Aerenkim pada daun, ditemukan pada jaringan bunga karang, jaringan yang penuh udara digunakan untuk proses fotosintesis pada palisade dan jaringan bunga karang (mesofil). Struktur palisade yang rapat pada mesofil memungkinkan menangkap cahaya matahari secara maksimal (gambar 1.2). Berdasarkan fungsinya, parenkim dibagi menjadi beberapa jenis jaringan, yaitu:

1) Parenkim Asimilasi

Biasanya terletak di bagian tepi suatu organ, misalnya pada daun, batang yang berwarna hijau, dan buah. Di dalam selnya terdapat kloroplas, yang berperan penting sebagai tempat berlangsungnya proses fotosintesis (gambar 5a)



Gambar 6 : Aerenkim (a) Tumbuhan *Acorus calamus*, (b) Rhizoma *Acorus* memiliki ruang antar sel cukup besar (sumber : www.sbs.utexas.edu/mauseth/webla), (c) *Juncus effusus* Linnaeus adalah spesies asli lahan basah (d) jaringan aerenchyma pada batang *Juncus* (sumber : www.killerplants.com/weird-plants) (e) parenkim air pada tumbuhan xerofit *Brasiliocereus phaeacanthus* (www.flickr.com/photos/lucunha/4272103221/)

2) Parenkim Penimbun

Biasanya terletak di bagian dalam tubuh, misalnya: pada empulur batang, umbi akar umbi lapis, rimpang (rizoma), atau biji. Di dalam sel-selnya terdapat cadangan makanan yang berupa gula, tepung, lemak atau protein (gambar 1.5e)

3) Parenkim Air

Terdapat pada tumbuhan yang hidup di daerah panas (xerofit) untuk menghadapi masa kering, misalnya pada tumbuhan kaktus dan lidah buaya (1.6e),

4) Parenkim Udara

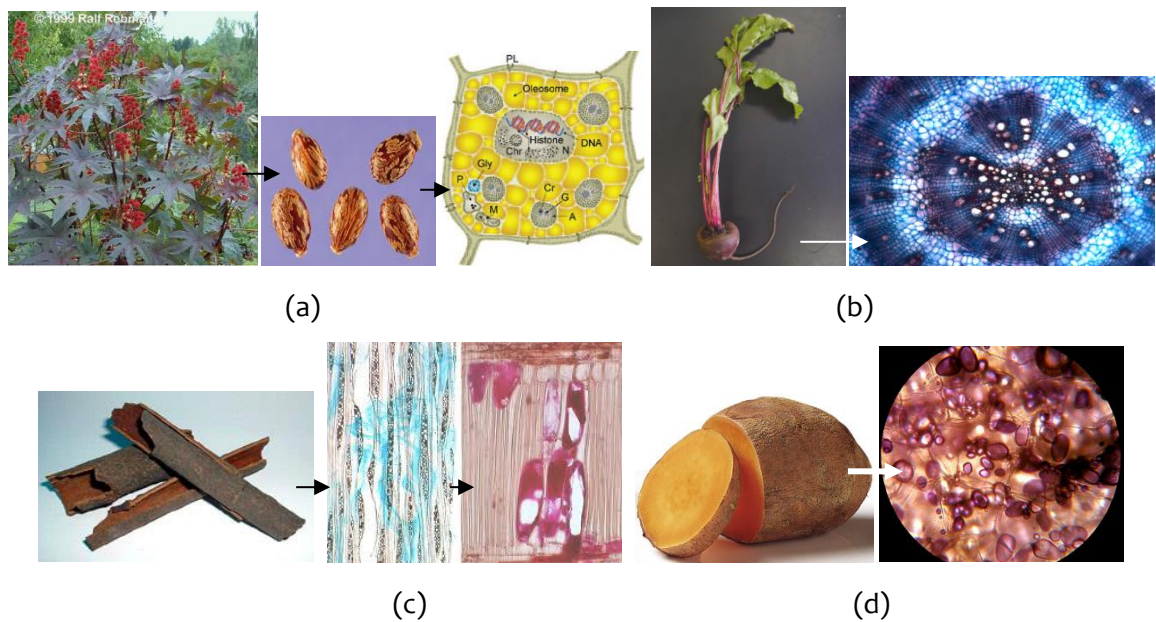
Ruang antar selnya besar, sel-sel penyusunnya bulat sebagai alat pengapung di air, misalnya parenkim pada tangkai daun tumbuhan enceng gondok (gambar 1.6 a dan d).

b. Isi sel Parenkim

Sel parenkim yang berfungsi untuk fotosintesis berisi klorofil disebut klorenkim, dalam cairan sel ditemukan karbohidrat terlarut dan senyawa nitrogen. Protein dan minyak terdapat dalam endosperm biji jarak (*Ricinus communis*) (gambar 1.7a). Dalam akar bit gula (*Beta vulgaris*) terdapat gula (gambar 1.7b). Pati merupakan bahan cadangan makanan yang paling sering ditemukan pada endosperm, keping biji, umbi dan buah (gambar 5e).

Pada banyak sel parenkim berisi tanin, semacam alkaloid dan sel seperti itu letaknya tersebar atau merupakan sistem yang sinambung. Garam mineral dapat

ditemukan dalam sel parenkim berupa kristal yang bermacam- macam. Sel ini memiliki isi yang berbeda dari sel sekelilingnya, disebut idioblas. Sel idioblas mengandung berbagai senyawa seperti enzim yang disebut mirosin (Capparidaceae, Cruciferae dan Rawadaceae), zat berminyak (Lauraceae, Simarubaceae) zat yang bersifat lendir (Cactaceae, Portulacaceae) dan serupa harsa (Meliaceae, dan beberapa Rutaceae).



Gambar 7 : (a) Pohon , biji dan endosperm *Ricinus communis*, A (aleurone/protein), G (globoid), Cr (chromatin) (sumber : www.istrianet.org), (b) bit gula (*Beta vulgaris*), (c) sel minyak pada *Cinnamomum* (Lauraceae)

c. Susunan dan Bentuk sel parenkim

Sel parenkim dapat berbentuk segi banyak dan garis tengahnya dalam berbagai arah hampir sama (isodiametris), kubus atau memanjang serta mengandung vakuola sentral yang besar. Ciri khas parenkim yang lain adalah sel-selnya banyak memiliki ruang antarsel karena bentuk selnya membulat. Parenkim yang mempunyai ruang antarsel adalah daun. Ruang antarsel ini berfungsi sebagai sarana pertukaran gas antar klorenkim dengan udara luar, sel parenkim bentuk panjang terdapat pada sel palisade pada daun, bentuk bintang terdapat pada batang tumbuhan yang memiliki ruang antar sel yang mencolok besarnya, seperti pada *Scirpus* dan *Juncus*. Pada *Juncus* dan *Acorus* menunjukkan bahwa jaringan mempunyai ruang antar sel

yang amat luas. Tetapi adapula yang mempunyai susunan rapat seperti pada endosperm.

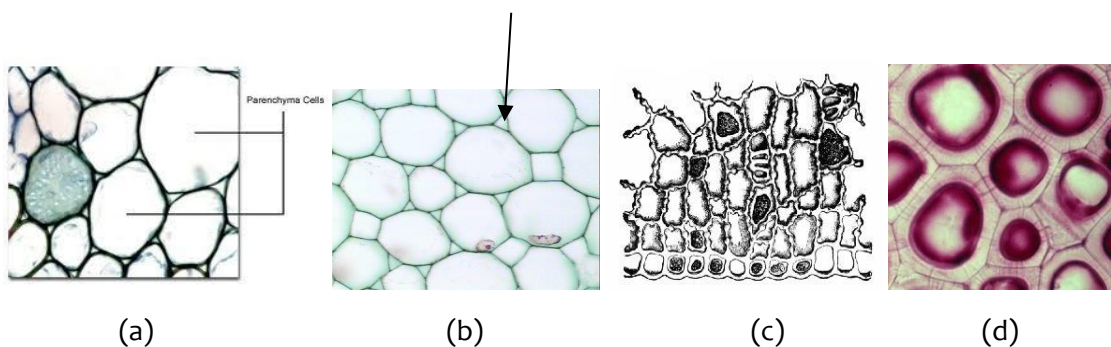
Pertanyaan :

- a. Bentuk sel parenkim bersegi banyak dan garis tengahnya dalam berbagai arah hampir sama (isodiametris). Gambarkan dalam 3 dimensi sel parenkim tersebut.
- b. Pada Acorus, akarnya memiliki struktur aerenkim, banyak mengandung udara. Gambarkan parenkim aerenkim pada Acorus dan Juncus dalam bentuk 3 dimensi.

d. Dinding sel parenkim

Kebanyakan sel parenkim berdinding tipis, dinding primer tidak terlignifikasi (gambar 8 a dan b), plasmodesmata umumnya ditemukan pada dinding ini, kadang bergabung dalam noktah primer. Ciri-ciri khas jaringan ini adalah sel-selnya berukuran besar, berdinding tipis dan susunannya renggang sehingga banyak ruang antar sel dan vakuolanya besar. Namun adapula yang berdinding amat tebal seperti sel endosperm biji salak dan kopi. Dalam dinding tebal itu terhimpun hemiselulosa sebagai cadangan makanan (gambar 8 c dan d).

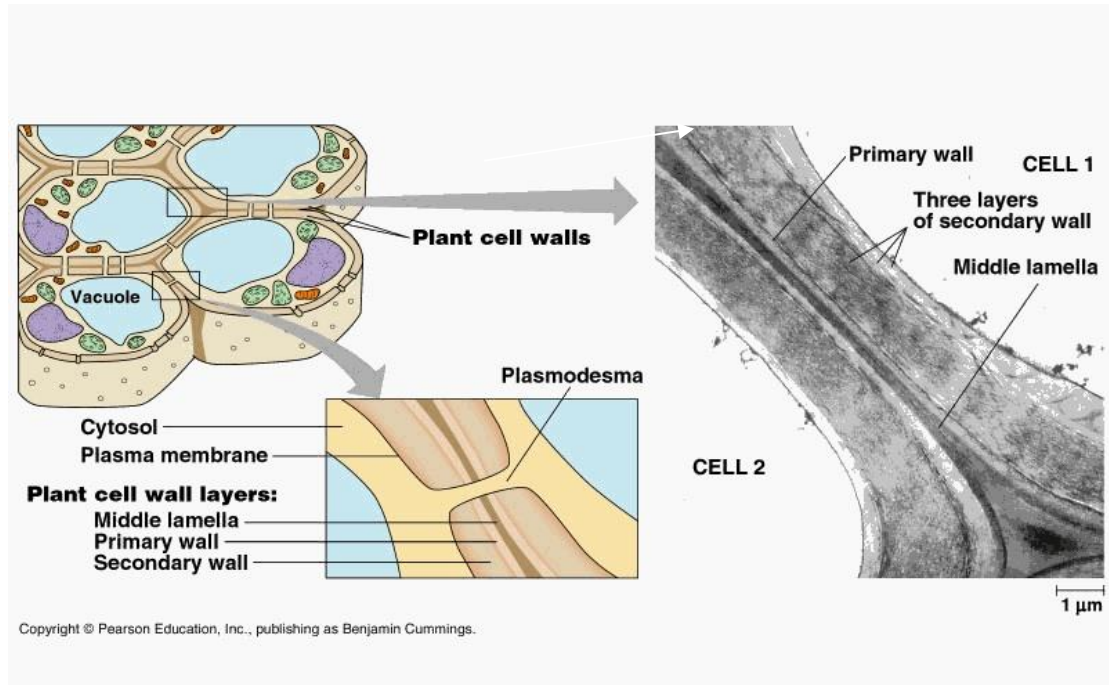
Kekuatan mekanik jaringan parenkim sebagian besar berasal dari sifat hidrolik pada sel parenkim (Romberger *et al.*, 1993 dalam Evert, 2006). Parenkim memiliki dinding tipis, parenkim dapat menjadi tegang ketika sel-sel pada keadaan turgor penuh. Niklas (1992 dalam Evert, 2006), mencatat tingkat dukungan mekanik pada parenkim tergantung bagaimana sel-sel yang berdekatan saling bekerja sama.



Gambar 8: (a dan b) dinding tipis sel parenkim (sumber: is.asu.edu dan mhhe.com), (c) endosperm kopi, menunjukkan dinding yang tebal (d) dinding tebal endosperm Diospyros (sumber : doctortee.com). (tanda panah menunjukkan ruang antar sel)

e. Pembentukan ruang antar sel

Ruang antar sel seperti halnya pada pembentukan aerenkim dapat dibentuk secara sizogen atau lisigen.



Gambar 9 : Lamella tengah dan plasmodesmata pada sel parenkim (sumber: Russel et al: 2008).

Pembentukan sizogen terjadi pada saat dinding primer dibentuk diantara dua sel anak yang baru, lamela tengah yang terdapat diantara kedua dinding baru berhubungan hanya dengan dinding primer dua sel anak dan tidak menyentuh lamela tengah antara dinding sel anak dan sel di sebelahnya.

Sebuah ruang kecil terbentuk ditempat hubungan lamela tengah dengan dinding sel anak. Bagian dinding sel anak yang berhadapan dengan ruang kecil tersebut menjadi rusak sehingga terbentuk ruang antar sel yang serupa pada sel yang sebelahnya (gambar 8 a dan 8b). Ruang antar sel dilapisi oleh senyawa yang berasal dari lamela tengah (gambar 9).

Ruang antar sel lisigen dibentuk dengan merusak sel utuh. Contohnya adalah ruang antar sel pada batang tumbuhan air (Gambar 6 b dan d).

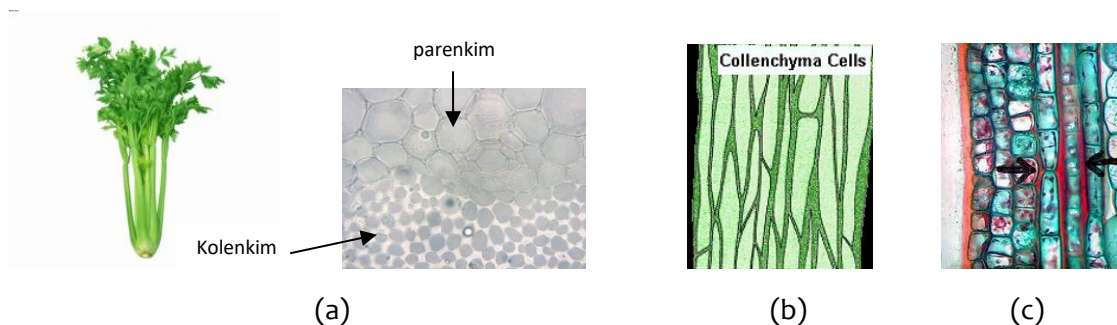
Pertanyaan :

1. Gambar 8d, menunjukkan bentuk sel parenkim bersegi banyak, diameter sama pada segala arah (isodiametris) dan memiliki dinding tebal, gambarkan bentuk 3 D sel parenkim tersebut.
2. Jelaskan tentang pembentukan ruang antar sel.

2. Jaringan Kolenkim

a. Kolenkim merupakan jaringan hidup

Sel kolenkim merupakan jaringan hidup, berukuran panjang dan memiliki penebalan dinding primer (gambar 10).

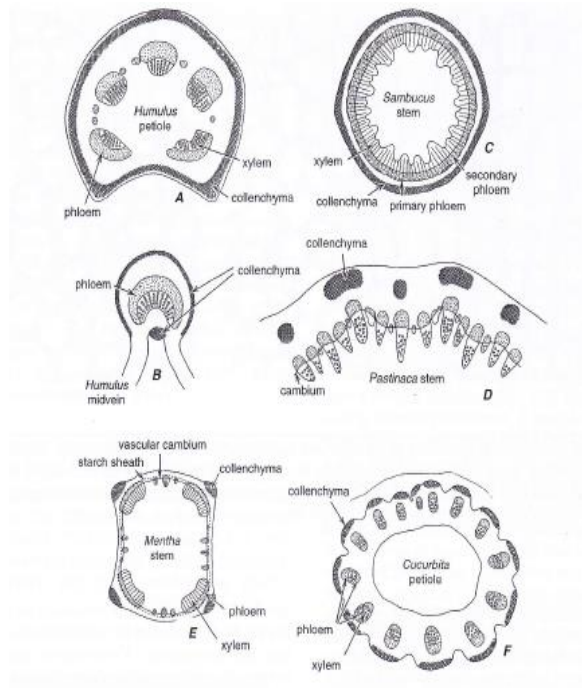


Gambar 10 : (a) sayatan melintang petiole seledri, menunjukkan penebalan dinding sel kolenkim pada jaringan kolenkim (sumber: [digicoll.library.wisc.edu/WebZ /FETCH](http://digicoll.library.wisc.edu/WebZ/FETCH)), (b) sayatan longitudinal jaringan kolenkim, (c) warna merah menunjukkan penebalan kolenkim pada sayatan longitudinal batang, (sumber: www.earthlife.net dan www.sbs.auckland.ac.nz)

Sel kolenkim dan sel parenkim mempunyai struktur dan fungsi fisiologis yang sama. Dinding sel parenkim dan kolenkim adalah tipe dinding primer tidak berlignin. Perbedaan keduanya adalah pada ketebalan dindingnya. Kolenkim memiliki dinding yang lebih tebal dan bentuk sel yang lebih panjang.

b. Letak kolenkim pada tumbuhan

Kolenkim terdapat pada tubuh primer tumbuhan, dapat ditemukan pada batang dan daun. Pada akar, kolenkim bisa dibentuk terutama bila didedahkan pada cahaya (Hidayat, 1995).



Gambar 11 : Distribusi kolenkim, sayatan melintang beberapa jaringan pembuluh pada beberapa tanaman (A, E x19; C-F, x 9.5) (Sumber : Evert, 2006)

Pada monokotil tidak ditemukan kolenkim. Biasanya kolenkim terdapat langsung di bawah epidermis. Pada batang, kolenkim bisa membentuk silinder penuh atau tersusun menjadi berkas yang memanjang sejajar sumbu batang (gambar 1.11). Pada daun, kolenkim terdapat pada kedua sisi tulang daun utama atau pada satu sisi saja, serta terdapat pula sepanjang tepi daun.

c. Fungsi

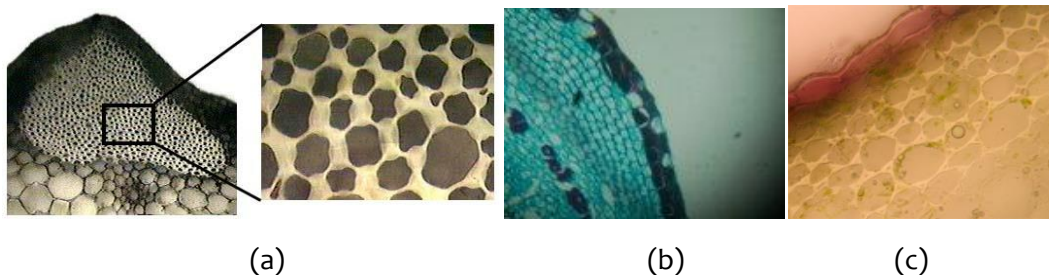
Kolenkim memiliki penebalan dinding primer, lunak, lentur dan tidak berlignin. Kolenkim berfungsi sebagai jaringan penyokong pada tubuh primer tumbuhan yang sedang tumbuh dan pada tumbuhan herba. Kolenkim bersifat plastis dan dapat meregang secara permanen bersama dengan pertumbuhan organ tempatnya berada. Kolenkim seperti parenkim dapat mengandung kloroplas dan dapat pula berisi tanin. Pada beberapa tumbuhan, dinding sel kolenkim dapat berlignin atau menjadi lebih tebal seperti pada sklerenkim, akan tetapi karena kolenkim merupakan sel hidup maka dinding sel kolenkim dapat menipis kembali dan bersifat meristematik bila diperlukan (Hidayat, 1995). Berbeda dengan sklerenkim, kolenkim relatif lebih ringan, lembut. Pada sklerenkim dinding lebih keras dan kuat serta merupakan dinding sekunder yang terlignifikasi. Kolenkim memiliki protoplas aktif, dan dapat bersifat meristematik. Sel kolenkim mampu melenyapkan penebalan

dinding sel bila sel dirangsang untuk membelah, misalnya ketika sel tersebut membentuk kambium gabus atau ketika harus menanggapi luka.

d. Struktur dinding sel kolenkim

Dinding sel kolenkim merupakan contoh dinding primer yang amat menebal, sebab penebalan terjadi pada saat sel masih tumbuh membesar, dengan kata lain dinding sel meluas dan sekaligus menebal pula. Dinding kolenkim terdiri dari lapisan yang kaya selulosa dan miskin pektin, bergantian dengan lapisan yang miskin selulosa dan kaya pektin, dalam bahan segar, kandungan air dari seluruh dinding sekitar 67%, hal ini disebabkan karena pektin bersifat hidrofil. Pada preparat segar dan dilihat dalam air, kandungan air menyebabkan dinding membengkak sehingga tampak jelas berkilauan seperti dinding sebelah dalam cangkang kerang (Gambar 10 a).

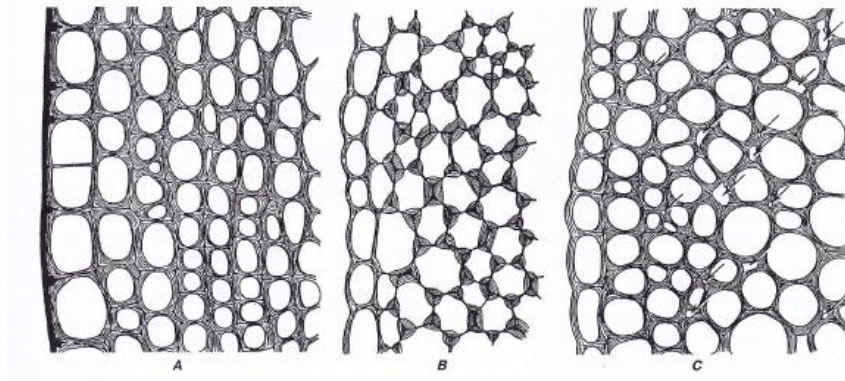
Ukuran dan bentuk sel kolenkim beragam. Sel dapat berupa prisma pendek atau bisa pula panjang seperti serat dengan ujung meruncing, namun ada bentuk peralihan diantara kedua bentuk tersebut.



Gambar 12 : (a) kolenkim sudut pada petiole seledri (b) kolenkim papan (lamelar) pada Sambucus dan (c) kolenkim lakunar pada Ipomoea, ada ruang antar sel (sumber : www.doctortee.com)

Menurut penebalan dindingnya, dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu :

- 1) Kolenkim sudut : penebalan memanjang pada sudut sel. Pada penampang melintang, penebalan sudut tampak di tempat pertemuan tiga sel atau lebih (gambar 12a).
- 2) Kolenkim papan : dengan penebalan terutama pada dinding tangensial. Contoh: korteks batang *Sambucus nigra* (gambar 12b).
- 3) Kolenkim lakuna : mirip dengan kolenkim sudut, namun banyak yang mengandung ruang antar sel. Contoh : batang *Ambrosia* (gambar 12c)



Gambar 13 : (a) kolenkim papan (lamelar), (b) kolenkim sudut pada petiole seledri dan (c) kolenkim lakunar pada Ipomoea, ada ruang antar sel (tanda panah) (sumber : Evert, 2006)

Pertanyaan :

1. Apa persamaan dan perbedaan parenkim dan kolenkim?
2. Kolenkim berfungsi sebagai pengokoh pada tumbuhan muda, mengapa?
3. Perhatikan gambar 1.10a menunjukkan kolenkim petiole seledri pada sayatan melintang dan gambar 1.10b, menunjukkan sayatan memanjang, bagaimana menurut anda struktur 3 dimensi kolenkim, gambarkan!

3. Jaringan Sklerenkim

Istilah sklerenkim dihubungkan dengan jaringan yang terdiri atas sel yang memiliki dinding sekunder, sering mengalami lignifikasi, yang prinsipnya berfungsi sebagai jaringan mekanis atau pendukung. Sel-sel sklerenkim pada tumbuhan berfungsi untuk menahan berbagai gangguan seperti peregangan, pembengkokan, adanya beban dan tekanan sehingga tidak terjadi kerusakan yang tidak perlu pada dinding sel yang tipis dan ringan. Kata sklerenkim berasal dari bahasa Yunani : *skleros* berarti "keras" dan *enchyma*, sebuah infus; menekankan kekerasan dinding sklerenkim.

a. Fungsi

Sklerenkim adalah jaringan yang memiliki sel dengan dinding sekunder yang cukup tebal. Fungsi utama sebagai penyokong dan kadang sebagai pelindung. Sel sklerenkim bersifat kenyal (elastis).

b. Macam-macam sklerenkim

Ada dua macam sel sklerenkim, yaitu sklereid dan serat. Serat yang digambarkan sebagai sel panjang, dan sklereid sebagai sel yang relatif pendek. Kadang-kadang asal-

usul dua kategori sel tersebut dianggap sebagai pembeda karakter : sklereid sering dikatakan terbentuk melalui sklerosis (perkerasan dinding) sekunder sel parenkim, serat berasal dari sel-sel meristematik yang ditentukan sejak awal sebagai serat, pada tumbuhan tertentu sel-sel parenkim floem berdiferensiasi menjadi sel-sel serat pada bagian dari jaringan tidak lagi berfungsi sebagai alat konduksi.

1) Sklereid

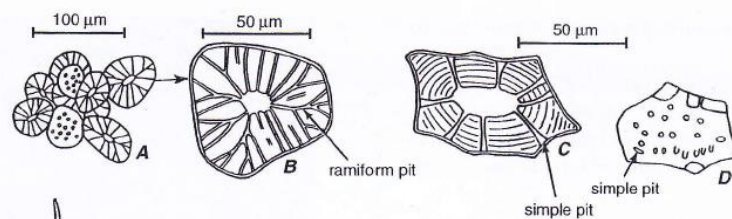
Sklereid berhimpun menjadi kelompok keras diantara sel sekeliling sel parenkim, misalnya tempurung kelapa, hampir seluruhnya terdiri atas sklereid. Sklereid sering ditemukan sebagai ideoblas, yaitu sel yang tampak berbeda dengan sel lainnya karena ukuran bentuk dan tebal dindingnya berbeda.



Gambar 14 : (a) sklereid (200x) (Campbell et al., 2005), (b) brakisklereid pada buah *Pirus* (Pear Korea).

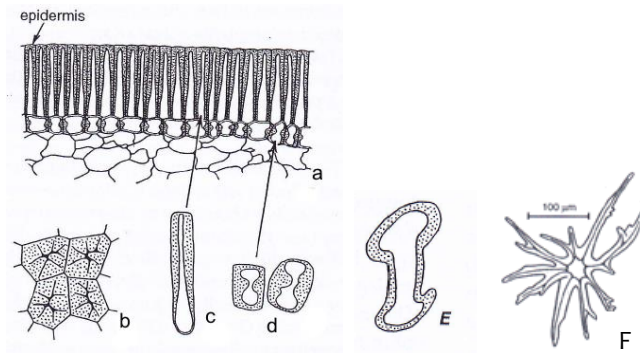
Sklereid dapat dibagi menjadi 4 macam :

- a) brakisklereid : disebut juga sel batu yang bentuknya hampir isodiametrik, misalnya pada floem kulit kayu pohon. Sel batu biasanya berkembang dari sebuah sel parenkim dengan penebalan dinding sekunder. Dinding sekunder biasanya amat tebal, dan di dalamnya, dapat dibedakan sejumlah lapisan konsentris dan noktah.



Gambar 15 : sklereid. A, B, sel batu dari daging buah pir (*Pyrus*). C, D, sclereids dari korteks batang tumbuhan lilin (*Hoya*), dilihat dalam sayatan (C) dan permukaan (D) (Esau, 1977)

- b) makrosklereid : berbentuk batang sering ditemukan dalam kulit biji, misalnya pada Leguminosae



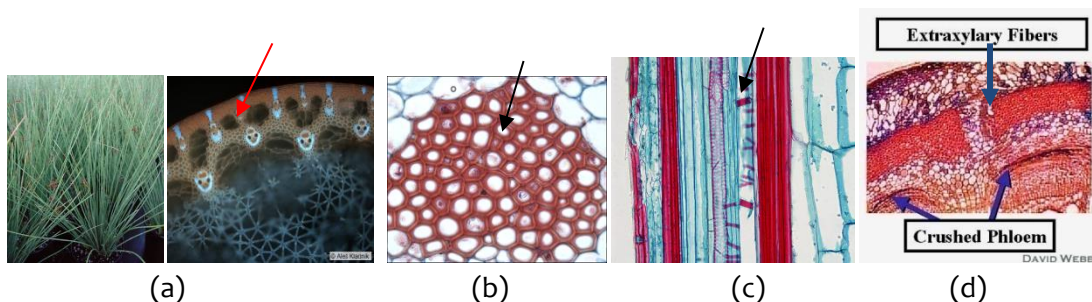
Gambar 16: a, Epidermis kulit biji *Phaseolus*, menunjukkan lapisan padat makrosklereid, b, kelompok sklereid epidermis dilihat dari permukaan, c dan d, sklereid dilihat dalam sayatan longitudinal dan melintang (transversal). E adalah bentuk osteosklereid, F adalah astrosklereid dari korteks batang *Trochodendron*. (Esau, 1977.)

- c) Osteosklereid : berbentuk seperti tulang dengan ujung-ujungnya membesar kadang- kadang sedikit bercabang (Gambar 16E)
- d) Asterosklereid : bercabang- cabang dan berbentuk bintang (Gambar 16F), misalnya pada daun teh.

Sklereid biasanya dianggap tidak hidup setelah sel menjadi dewasa, namun diketahui dalam sklereid bisa terdapat protoplas hidup selama organ tempat sel tersebut masih hidup.

2) Serat

Serat terdapat di berbagai tempat dalam tubuh tumbuhan. Serat dapat ditemukan sendiri- sendiri sebagai idioblas, contoh : *Cycas* (pakis haji), juga sering ditemukan sebagai berkas , jalinan atau silinder berongga. Serat paling sering ditemukan adalah serat di antara jaringan pembuluh, akan tetapi banyak pula ditemukan dalam jaringan dasar di sejumlah besar tumbuhan. Menurut tempatnya serat dibedakan : serat xilem (di dalam xilem) dan serat ekstra xilem (di luar xilem) (Gambar 17).



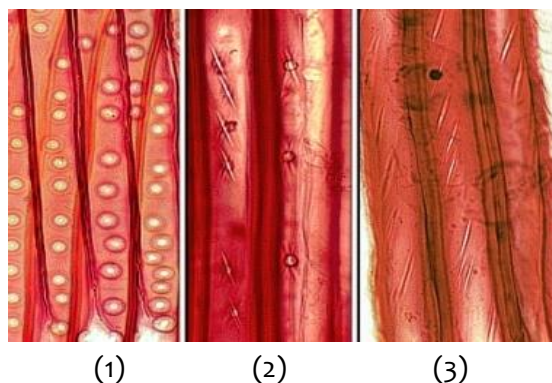
Gambar 17 : (a) sklerenkim mendong (*Juncus effusus*) (b) sklerenkim : serat sayatan melintang (sumber : www.amarshonarbangla.com/_bd/wiki.php?title=Biological_tissue) (c) sayatan

membujur serat xilem (sumber : flickr.com/photos /blueridgekitties/), (d) sayatan melintang serat ekstra xilem (sumber : www.biologie.uni-hamburg.de)

Serat ekstra-xilem dalam tumbuhan terdapat di luar xilem. Serat itu dapat, misalnya ditemukan dalam korteks atau dalam floem sebagai bagian dari floem. Dalam batang monokotil serat berada sebagai silinder berongga atau berada dalam berkas di berbagai tempat di bawah epidermis, atau sering pula berbentuk seludang yang mengelilingi hampir seluruh ikatan berkas pembuluh. Pada batang memanjat serta beberapa batang dikotil lain seperti *Aristolochia* dan *Cucurbita*, serat ditemukan di bagian korteks paling dalam serta di tepi dalam dari silinder pusat, dan disebut serat perisikel. Namun, kemudian diketahui bahwa serat seperti itu juga berkembang dari prokambium dan karenanya tidak merupakan bagian floem. Selain itu, terdapat serat bersekat yang dapat ditemukan dalam xilem dan floem spesies yang sama seperti pada *Vitis*. Ciri khas serat ini adalah sekatnya dan memiliki protoplas yang hidup.

Serat xilem merupakan bagian jaringan pembuluh dan berkembang dari prokambium, yakni jaringan yang menghasilkan jaringan pembuluh. Ada dua macam serat xilem yaitu serat libriform dan serat trakeid, keduanya dibedakan berdasarkan tebal dinding serta jumlah noktah.

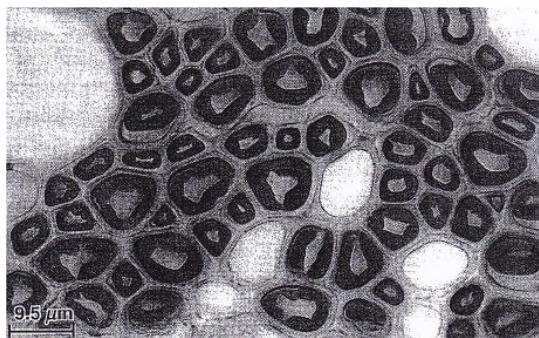
Serat libriform menyerupai serat floem dan biasanya lebih panjang daripada trakeid tumbuhan. Dindingnya amat tebal dan jumlah noktahnya sedikit, sedangkan serat trakeid adalah serat yang merupakan bentuk peralihan antara trakeid dan serat libriform. Noktah serat trakeid tergolong noktah terlindung, namun ruang noktah lebih kecil dibandingkan dengan yang ada pada trakeid. Berbagai macam bentuk noktah terdapat pada serat trakeid.



Gambar 18 : (1) Trakeid, (2) serot trakeid (3) serat libriform (xylary) (sumber: www.uri.edu/cels/bio/)

3) Serat berlendir

Serat berlendir yang memiliki senyawa seperti gelatin juga sering terdapat dalam xilem sekunder dikotil. Dalam serat seperti itu, lapisan paling dalam dari dinding sekunder banyak mengandung alfa selulosa dan miskin akan lignin. Lapisan itu, yang disebut lapisan G, menyerap banyak air dan membengkak sehingga mengisi seluruh lumen serat. Jika kayu tersebut mengering, lapisan itu mengerut dan tak dapat kembali membengkak. Serat ini khas bagi kayu reaksi pada dikotil yang juga dinamakan kayu tegang, dan terdapat pada kayu bagian atas dahan horizontal dikotil.



Gambar 19 : Serat berlendir tampak pada sayatan melintang pada kayu *Fagus* sp. Dalam sebagian besar serat, warna gelap menunjukkan lapisan berlendir (Sumber : Evert, RF.,2006).

4) Serat yang bernilai ekonomi

Serat bernilai ekonomi dibagi menjadi dua yaitu serat lunak dan serat keras. Serat floem di kulit kayu pada dikotil merupakan serat yang diperdagangkan. Serat tersebut digolongkan ke dalam serat lunak karena berlignin atau tidak berlignin, lunak dan lemas atau lentur. Beberapa contoh sumber serat kulit kayu yang terkenal serta banyak kegunaannya adalah jute (*Corchorus capsularis*) yang dipakai sebagai tali temali dan tekstil kasar, linen (*Linum usitatissimum*) menghasilkan kain linen dan benang, dan rami (*Boehmeria nivea*) yang menghasilkan tali dan tekstil.

Serat pada daun monokotil tergolong serat keras. Dindingnya berlignin dan bersifat keras dan kaku. Contoh sumber serat serta kegunaannya adalah serat ananas (*Ananas comosus*) yang dipakai untuk menghasilkan tekstil, dan sisal (*Agave sisalana*) menghasilkan tali. Selain itu, serat daun yang dipakai sebagai bahan baku keras adalah daun jagung (*Zea mays*) dan tebu (*Saccharum officinarum*). Panjang serat beragam menurut spesies yang berbeda-beda, contoh : panjang serat kulit kayu: jute 0,8-6,0 μm ; linen 70 μm ; rami 50-250 μm . Sedangkan panjang serat daun: sisal 0,8 – 8,0 μm .

c. Perkembangan sklereid

Perkembangan sklereid bercabang serta sel serat yang panjang menimbulkan penyesuaian di antara sel serta mengindikasikan kebebasan dari pengaruh sel di sekelilingnya. Mula-mula bakal sel sklereid bercabang tidak berbeda dari sel parenkim di sekitarnya. Namun, selanjutnya cabang sel sklereid tumbuh memasuki ruang antarsel di hadapannya bahkan menyelip di antara sel lain. Dengan demikian, sklereid memperoleh kontak baru dengan sel lain. Pertumbuhan sel sklereid dimulai dengan pertumbuhan terkoordinasi dan dilanjutkan dengan pertumbuhan intrusif pada cabangnya.

d. Perkembangan serat

Dalam perkembangannya serat juga mengalami pertumbuhan secara terkoordinasi dahulu bersama dengan sel sekelilingnya. Kemudian, kedua ujung bakal serat akan memanjang dengan pertumbuhan intrusif. Pada rami, pertumbuhan intrusif di ujung atas sel berlangsung lebih lama dibandingkan dengan pertumbuhan di ujung bawah. Dengan pertumbuhan yang berlangsung lama itu serat dapat tumbuh menjadi amat panjang.

Pertanyaan :

1. Dari penjelasan dan gambar yang dipapar di atas, diketahui bahwa sklerenkim terdiri atas 2 macam yaitu serat sklerenkim dan sklereid.
 - a. Sebutkan persamaan dan perbedaan keduanya
 - b. Amati gambar sklerenkim baik pada sayatan melintang dan membujur (longitunal), kemudian gambarkan bentuk 3 D serat sklerenkim (gambar 5 b) dan sklereid (gambar 2).
2. Pada sklerenkim, berdasarkan lokasinya dikenal ada dua macam sklerenkim, yaitu serat xilem dan serat ekstraxilem. Apakah perbedaan keduanya jelaskan lokasi dan bentuk selnya, agar lebih jelas jawaban dilengkapi dengan gambar.
3. Sklereid ternyata terdiri atas 4 jenis sklereid, yaitu brakisklereid, makrosklerreid, osteosklereid dan asterosklereid. Jelaskan masing persamaan dan perbedaanya.

BAB 2

Jaringan Epidermis

A. Epidermis adalah lapisan sel terluar pada tumbuhan

Epidermis adalah lapisan sel yang terluar pada setiap organ tumbuhan. Epidermis dibentuk pada pertumbuhan primer atau sebelum tumbuhan mengalami penebalan sekunder. Pada pertumbuhan sekunder, umumnya epidermis akan digantikan oleh periderm tetapi pada monokotil umumnya tidak mengalami pertumbuhan sekunder oleh karena itu tidak ditemukan periderm. Akan tetapi khususnya *Cocos* dan *Draecena* adalah monokotil yang dapat menghasilkan periderm. Biasanya periderm muncul pada tahun pertama pertumbuhan batang dan akar, tapi banyak jenis pohon menghasilkan periderm ketika diameter mereka beberapa kali lebih tebal, meskipun mereka telah menyelesaikan pertumbuhan primernya. Pada tumbuhan, epidermis sebagai dasar korteks, terus berkembang hingga meningkatkan diameter silinder jaringan pembuluh. Salah satu contoh pertumbuhan yang berkepanjangan ditemukan dalam batang pohon maple (*Acer pensylvanicum*; syn. *A. strictum*) di mana batang berusia 20 tahun dapat mencapai ketebalan sekitar 20 cm dan masih tetap ditutupi oleh epidermis. Ini menunjukkan bahwa sel-sel epidermis membelah terus sesuai dengan peningkatan ketebalan batang. Contoh lain adalah *Cercidium torreyanum* berdaun sedikit, tetapi memiliki kulit hijau dan tetap memiliki epidermis.



a

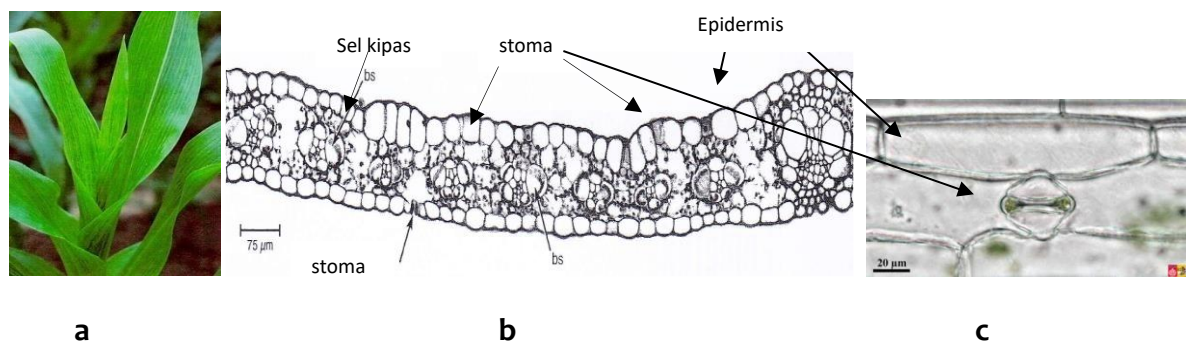


b

Gambar 20: (a), *Acer pensylvanicum* (www.en.wikipedia.org) dan (b), *Cercidium sp* (www.scottsdalecc.edu) tumbuhan dewasa yang tetap ditutupi oleh epidermis

B. Fungsi epidermis

Telah disebutkan di atas bahwa letak epidermis merupakan bagian terluar dari tumbuhan dan menyelubungi atau membungkus sel-sel di dalamnya, maka fungsi epidermis merupakan jaringan pelindung sel-sel di dalamnya. Oleh karena itu epidermis disebut juga sebagai jaringan pelindung.



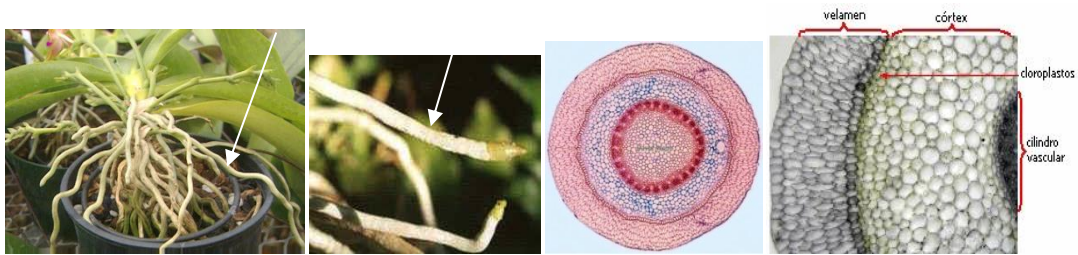
Gambar 21. A, Daun jagung (*Zea mays*) (sumber : www.hear.org), b, Sayatan melintang daun jagung (*Zea mays*) menunjukkan satu lapis epidermis pada permukaan atas dan bawah daun, stoma (tanda panah), ikatan pembuluh yang bervariasi dibatasi dari mesofil oleh tonjolan ikatan pembuluh (sumber : Russell and Evert, 1985 dalam Evert, 2007), c sayatan permukaan daun *zea mays*. (www.vcbio.science.ru.n)

Fungsi jaringan epidermis antara lain :

- 1) Pelindung, tidak dapat ditembus air dari luar, kecuali akar yang muda.
- 2) Peresap air dan mineral pada ujung akar, terutama di bagian yang mengandung buku akar.
- 3) Mencegah penguapan air yang berlebihan.
- 4) Tempat difusi O_2 dan CO_2 melalui stomata.

C. Bentuk epidermis

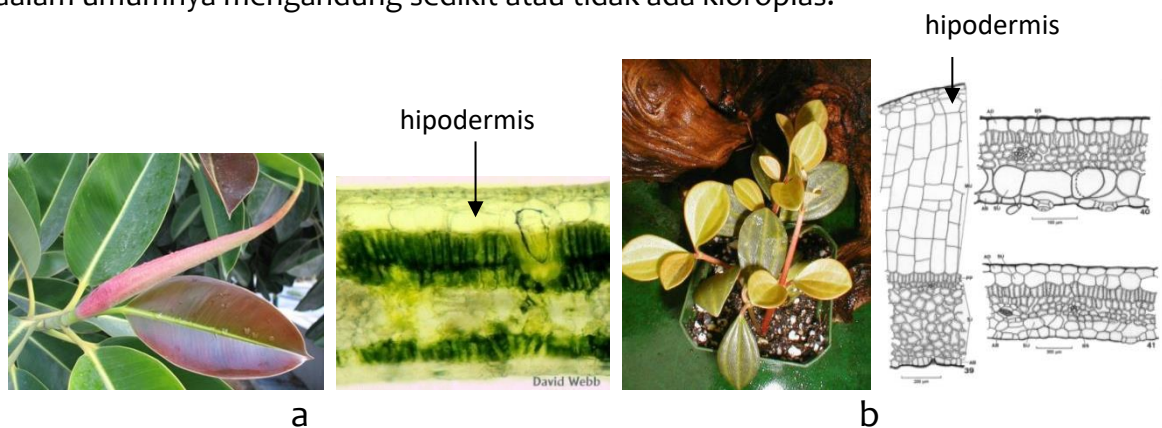
Bentuk epidermis dan derivatnya bermacam – macam, meskipun dari segi ontogeni seragam, tapi morfologi maupun fungsi sel epidermis tidak sama. Selain sel epidermis biasa, terdapat pula derivat sel epidermis yang berkembang menjadi sel rambut, sel penutup pada stomata dan lainnya. Kutin, bahan lemak yang ada pada dinding luar, membatasi transpirasi. Karena susunan sel rapat serta berkutikula yang kaku dan kuat, maka epidermis berperan sebagai penyokong mekanik.



Gambar 22 : velamen, beberapa lapis epidermis pada akar anggrek (www.hiperbotanica.net , www.biologie.uni-hamburg.de)

Pada akar, adanya kutikula tipis serta rambut akar menunjukkan bahwa epidermis akar mudah terspesialisasi untuk penyerapan. Epidermis biasanya terdiri dari satu lapisan sel. Pada beberapa tumbuhan, sel protoderm pada daun membelah dengan bidang pembelahan sejajar dengan permukaan (periklinal), dan turunannya dapat membelah lagi sehingga terjadi epidermis berlapis banyak. Contoh epidermis berlapis banyak adalah velamen pada akar beberapa anggrek. Salah satu fungsi epidermis berlapis yang banyak diperkirakan adalah penyimpanan air.

Pada daun, bagian paling luar merupakan lapisan epidermis, satu atau beberapa lapis. Satu seri epidermis adalah kutikula pada permukaan epidermis, sel epidermis dalam umumnya mengandung sedikit atau tidak ada kloroplas.



Gambar 23 : a. hipodermis (subepidermis) pada sayatan melintang daun Ficus (www.biologie.uni-hamburg.de dan b. sayatan melintang daun *Peperomia dahlstedtii* (AB = epidermis abaxial , AD = epidermis adaxial, MU = epidermis multiseri, PP = parenkim palisade, SJ = Parenkim bunga karang, SU = subepidermis) (www.scielo.cl).

Salah satu fungsinya adalah sebagai penyimpanan air, contoh yang pada dengan beberapa epidermis dapat ditemukan pada Moraceae, Pipperace Begoniaceae, Malvaceae, Monocotyledoneae (palem, anggrek), dan lain-lain (Linsbauer, 1930 dalam Evert, 2007). Selain velamen, dalam beberapa tanaman subepidermal terdapat sel-sel

menyerupai lapisan epidermis berasal dari meristem dasar. Lapisan tersebut disebut hipodermis (dari hipo, bawah dan dermis, kulit)

D. Susunan epidermis

Susunan sel epidermis rapat, tidak ada ruang antar sel, terdiri atas dinding sel dan protoplas. Sebagian besar epidermis terdiri dari sel yang boleh dikatakan tak terspesialisasi. Sel epidermis memiliki protoplas hidup dan dapat menyimpan berbagai hasil metabolisme. Sel mengandung plastida yang memiliki grana sedikit sehingga tidak membentuk klorofil. Dalam plastida ditemukan pati dan protein, sedangkan dalam vakuola ditemukan antosian. Jaringan epidermis tetap ada sepanjang hidup organ tertentu yang tidak mengalami penebalan sekunder.

Pertanyaan :

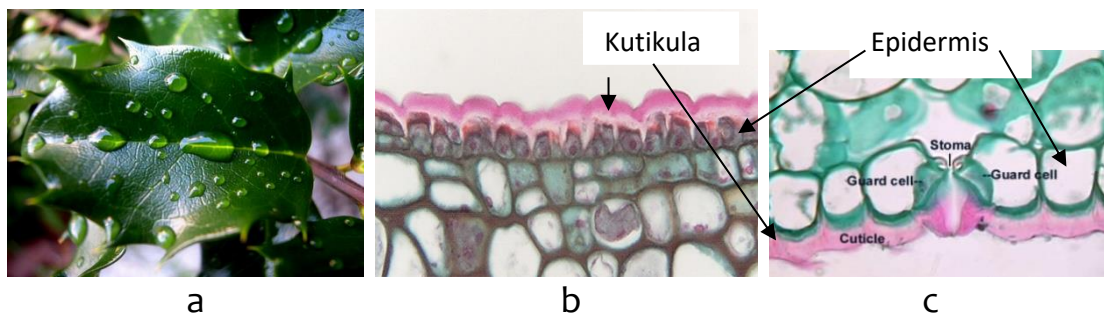
1. Dari beberapa gambar dan penjelasan di atas, apa sebenarnya yang dimaksud dengan epidermis dan apa fungsi epidermis ?.
2. Dari gambar 22b dan 22c di atas imajinasikan bentuk sel epidermis, kemudian gambarkan bentuk sel epidermis uniseluler dalam 3 D.
3. Pada gambar 24 menunjukkan bahwa pada daun selain ada epidermis, ditemui juga hipodermis, coba jelaskan fungsi hipodermis.

E. Dinding sel epidermis

Dinding sel epidermis beragam tebalnya pada tumbuhan yang berbeda dan ditemukan di bagian yang berlainan pada tumbuhan yang sama. Dinding sel epidermis ada yang tipis, ada yang mengalami penebalan di bagian yang menghadap ke permukaan tubuh, dan ada yang semua sisinya ber dinding tebal dan mengandung lignin. Pada biji, sisik, dan beberapa macam daun tertentu seperti daun Pinus, dinding sel epidermis amat tebal serta berlignin pada hipodermisnya. Dinding luar sel epidermis tersebut biasanya mengandung kutin, yaitu senyawa lipid yang mengendap di antara selulosa penyusun dinding sel sehingga membentuk lapisan khusus di permukaan sel yang disebut kutikula. Di permukaan luar kutikula kadangkala kita temukan lapisan lilin yang kedap air untuk mengurangi penguapan air.

1. Kutin

Kutin adalah suatu senyawa bersifat lemak, merembes ke dinding sebelah luar dan membentuk lapisan terpisah, yakni kutikula di permukaan luar epidermis. Tebal kutikula beragam dan perkembangannya dipengaruhi keadaan lingkungan. Kutikula umumnya tertutup oleh bahan bersifat lilin yang merupakan lapisan yang menutupi permukaan epidermis. Dalam hal itu, lilin nampak seperti lapisan putih yang mudah lepas, berperan mengurangi penguapan air.



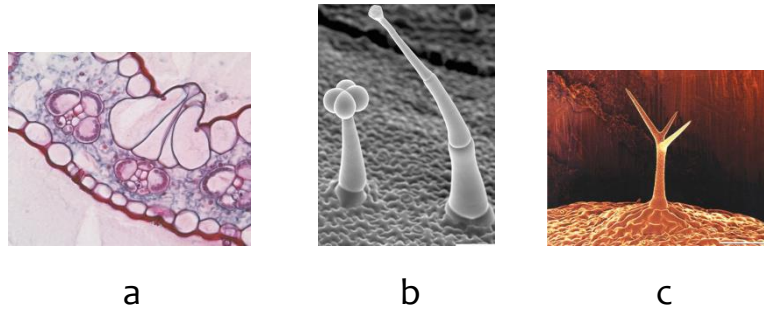
Gambar 24 : (a) kutikula berupa wax (lemak) menutupi permukaan daun untuk mengatur kebutuhan internal air (b) pengamatan mikroskopis kutikula pada epidermis permukaan atas (www.sbs.utexas.edu) dan (c) permukaan bawah (www.lima.osu.edu)

Pertanyaan

1. Pada epidermis biasanya hanya ditemukan leucoplast, adakah epidermis yang mengandung kloroplas? Kalau ada dimanakah ditemukan epidermis yang mengandung kloroplas?
2. Dimanakah kutin dapat ditemukan pada tumbuhan?

F. Derivat epidermis

Jaringan epidermis tersusun atas sel-sel hidup berbentuk pipih selapis yang berderet rapat tanpa ruang antar sel. Bentuk epidermis dan derivatnya bermacam-macam bergantung pada jenis tumbuhan, diantaranya adalah stomata, trikoma, sel kipas, velamen, dan sel gabus.



Gambar 25 : a. sel kipas pada daun monokotil, b. Trikoma pada epidermis *Solanum* dan c. trikoma pada epidermis *Arabidopsis*, www.warnell.Forestry.uga.edu)

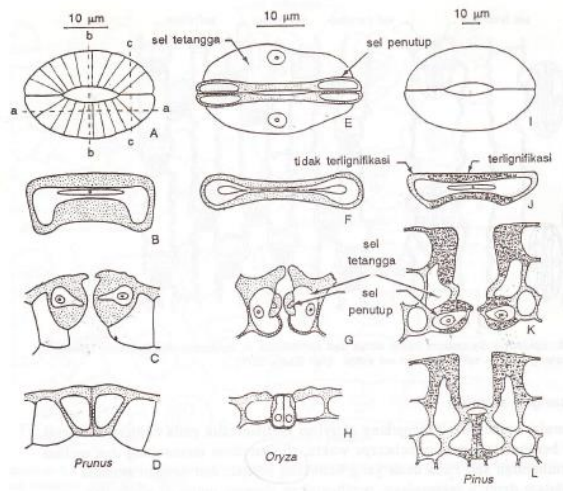
1. Stomata

Stoma (jamak: stomata) merupakan celah dalam epidermis yang dibatasi oleh dua sel epidermis yang khusus, yakni sel penutup. Dengan mengubah bentuknya, sel penutup mengatur pelebaran dan penyempitan celah. Sel yang mengelilingi stoma dapat berbentuk sama atau berbeda dengan sel epidermis lainnya. Sel yang berbeda bentuk itu dinamakan sel tetangga, yang kadang-kadang berbeda juga isinya. Sel tetangga berperan dalam perubahan osmotik yang menyebabkan gerakan sel penutup yang mengatur lebar celah.

Stomata berfungsi sebagai organ respirasi. Stoma mengambil CO_2 dari udara untuk dijadikan bahan fotosintesis, mengeluarkan O_2 sebagai hasil fotosintesis. Stomata terdapat pada semua bagian tumbuhan di atas permukaan tanah, tetapi paling banyak ditemukan pada daun. Jumlah stomata beragam pada daun tumbuhan yang sama dan juga pada daerah daun yang sama. Pada daun, stomata ditemukan dipermukaan atas dan permukaan bawah yang disebut bifasial, tapi ada beberapa daun yang ditemukan pada satu permukaan saja. disebut unifasial, biasanya pada permukaan bawah. Sel penutup dapat sama tinggi disebut phanerofor dengan sel epidermis lainnya atau dapat lebih tinggi atau lebih rendah dari permukaan daun disebut kriptofor.

Stomata phanerofor yaitu stomata yang sel-sel penutupnya terletak pada permukaan daun, seperti pada tumbuhan hidrofit. Stomata yang letaknya dipermukaan daun ini dapat menimbulkan banyaknya penguapan dan epidermisnya tidak mempunyai lapisan kutikula. Pada dikotil, sel penutup biasanya berbentuk lengkung seperti biji kacang merah atau ginjal bila dilihat dari atas (gambar 26). Pada bagian atas dinding, atau bagian atas dan bagian bawah dinding yang berhadapan

dengan celah, terdapat tonjolan yang terdiri dari senyawa yang ada di dinding. Di sebelah luar, sel dilapisi oleh kutikula yang membatasi celah stoma serta ruang stoma di bawahnya. Setiap sel penutup memiliki inti yang jelas dan kloroplas yang secara berkala menghasilkan pati.



Gambar 26. Stomata tumbuhan yang berbeda-beda berdasar kelompoknya. A,E,I, stomata tampak dari permukaan. Gambar lain memperlihatkan sayatan melalui stomata yang dibuat dalam bidang sayatan seperti ditunjukkan pada B,F,J, menurut bidang aa. C,G,K, menurut bidang bb. D,H,L, menurut bidang cc. E, sel penutup, diperlihatkan dalam bidang fokus tinggi sehingga lumen tak terlihat dalam bagian sel yang sempit. Garis ke arah radial pada (A) menunjukkan arah misel dalam dinding sel. (sumber : Hidayat, 1995)

Pada monokotil, sel penutup Poaceae memiliki struktur yang khusus dan seragam. Bila dilihat dari permukaan daun, sel penutup ramping di tengah dan menggelembung di ujungnya (gambar 26). Inti memanjang di sepanjang sel penutup, membulat di ujungnya dan berbentuk benang di tengah. Dua sel tetangga terdapat masing-masing di samping sebuah sel penutup, tipe ini biasanya disebut sebagai tipe halter (karena bentuknya seperti halter).

Stomata kriptofor yaitu stomata yang sel penutupnya berada jauh dipermukaan daun, biasanya terdapat pada tumbuhan yang hidup didaerah kering yang dapat langsung menerima sinar matahari dengan demikian fungsinya untuk mengurangi penguapan yang berlebihan, membantu fungsi epidermis, mempunyai lapisan kutikula yang tebal serta rambut-rambut. Pada Gymnospermae, sel penutup biasanya terdapat jauh lebih rendah dari permukaan daun atau disebut sebagai tipe kriptofor. Dinding sel penutup dan sel tetangga sebagian berlignin namun daerah sempit pada dinding yang menghadap celah tidak berlignin.

Pertanyaan :

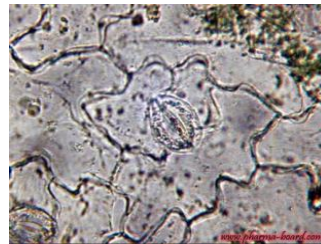
1. Ketiga jenis stomata pada gambar 26, dikotil , monokotil dan gymnospermae menunjukkan bentuk stomata yang berbeda, khususnya dilihat dari berbagai bidang sayatan. Akan tetapi ketiganya memiliki karakteristik yang sama, yaitu terdiri atas, celah, sel penutup dan sel tetangga. Gambarkan bentuk 3 D dari ketiga jenis stomata.
2. Berikan penjelasan apa persamaan dan perbedaan ketiga bentuk stomata.

Pada dikotil dapat dibedakan 7 jenis stomata berdasarkan susunan sel tetangga adalah sebagai berikut:

- (1) Jenis anomositik atau jenis Ranunculaceae. Sel penutup dikelilingi oleh sejumlah sel yang tidak berbeda ukuran dan bentuknya dari sel epidermis lainnya. Jenis ini umum terdapat pada Ranunculaceae, Capparidaceae, Cucurbitaceae, Malvaceae.



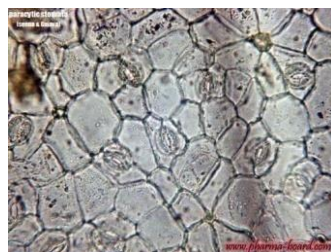
a



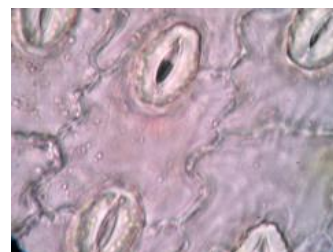
b

Gambar 27 : tipe stomata : a, anomositik, b, anisositik

- (2) Jenis anisositik atau jenis Cruciferae. Sel penutup dikelilingi tiga buah sel tetangga yang tak sama besar. Jenis ini umum terdapat pada Cruciferae, Nicotiana, Salanum,
- (3) Jenis parasitik atau jenis Rubiaceae. Setiap sel penutup diiringi sebuah sel tetangga atau lebih dengan sumbu panjang sel tetangga itu sejajar sumbu sel penutup serta celah. Jenis ini umum terdapat pada Rubiaceae, Magnoliaceae, kebanyakan spesies Convolvulaceae, Mimosaceae,



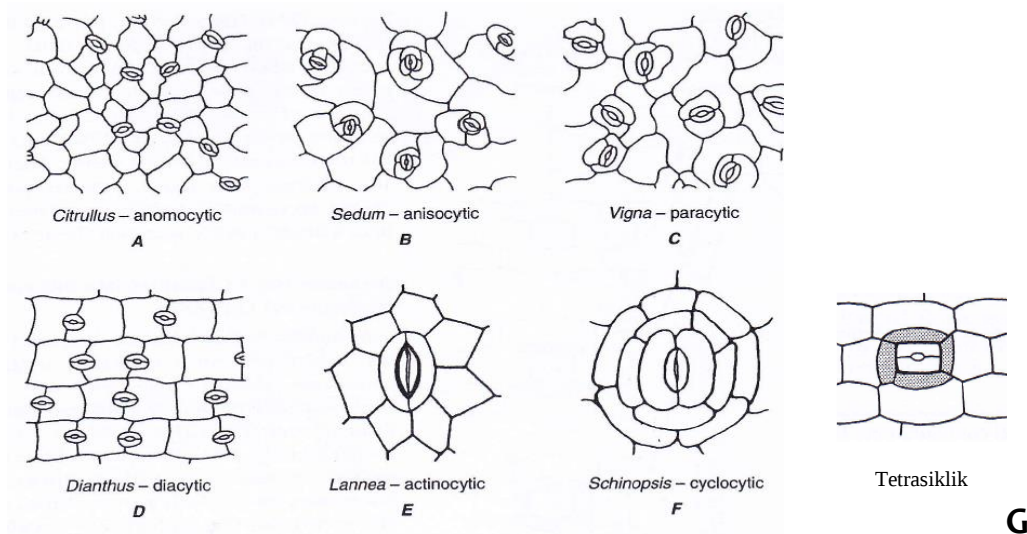
a



b

Gambar 28 : tipe stomata : a, Parasitic , b, diasitik

- (4) Jenis diasitik atau jenis Caryophyllaceae. Setiap stoma dikelilingi dua sel tetangga. Dinding bersama dari kedua sel tetangga itu tegak lurus terhadap sumbu melalui panjang sel penutup serta celah. Jenis ini umum terdapat pada Caryophyllaceae, dan Acanthaceae.
- (5) Jenis aktinositk, di mana stoma adalah mengelilingi lingkaran sel yang memancar sepanjang sumbunya, tegak lurus garis besar sel penutup
- (6) Jenis cyclocitik (encyclocytic), di mana stoma dikelilingi oleh satu atau cincin dua lapis sel tetangga yang pipih, jumlah sel, empat atau lebih;
- (7) Jenis tetrasiklik yaitu stoma yang tertutup oleh empat sel anak. Dua lateral dan dua kutub (terminal), ditemukan pada monokotil. Spesies yang sama mungkin menunjukkan lebih dari satu jenis kompleks stomata, dan pola dapat berubah selama perkembangan daun.



Gambar 29 : Epidermis dilihat dari permukaan, menunjukkan jenis stomata yang menggambarkan pola yang dibentuk oleh sel penutup dan sel tetangga (Evert, 2007).

2. Rambut atau trikoma

Rambut bersel satu atau bersel banyak dibentuk dari sel epidermis. Struktur yang lebih besar dan padat seperti kutil dan duri (seperti duri mawar) yang tersusun oleh jaringan epidermis maupun jaringan di bawah epidermis disebut emergens. Kegunaan trikomata dalam taksonomi cukup dikenal. Kadang- kadang famili tertentu dapat dikenal dengan mudah dari macam rambutnya. Selain itu Trikoma berfungsi

sebagai pelindung dari penguapan dan hama serta penyakit. Trikona dapat dibagi menjadi beberapa jenis:

a) Trikona yang tidak menghasilkan sekret (non-glandular)

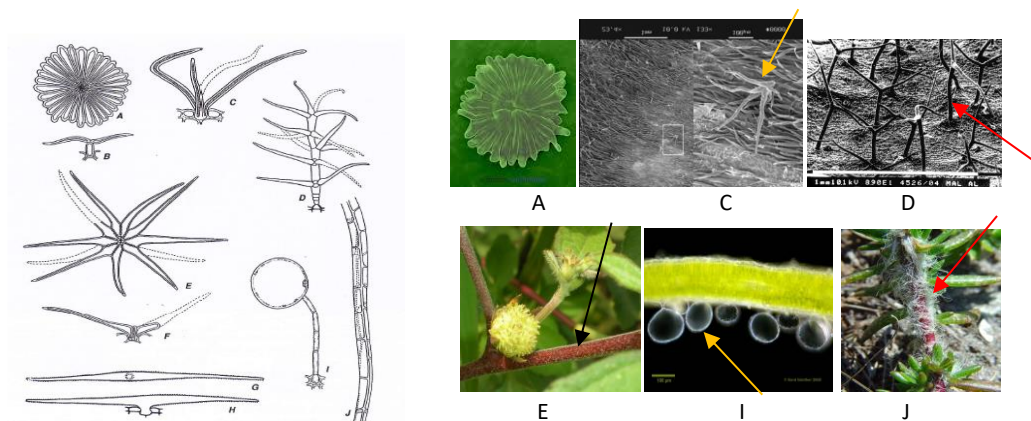
- 1) Rambut bersel satu atau bersel banyak dan tidak pipih, misalnya pada Lauraceae, Moraceae, Triticum, Pelargonium dan Gossypium. Pada Gossypium, serat kapas merupakan rambut epidermis bersel satu dari kulit biji dan dapat mencapai panjang 6 cm.
- 2) Rambut sisik yang memipih dan bersel banyak, ditemukan tanpa tangkai (sesil) pada daun duren (*Durio zibethinus*) atau bertangkai pada Olea.
- 3) Rambut bercabang, bersel banyak, Bentuknya dapat seperti bintang, misalnya rambut di bagian bawah daun waru (*Hibiscus*) atau seperti tempat lilin pada Verbascum.
- 4) Rambut akar merupakan pemanjangan sel epidermis dalam bidang yang tegak lurus permukaan akar. Sel berbentuk bulat panjang, mencapai panjang 80-1500 μm dengan garis tengah 5 – 17 μm . Rambut akar memiliki vakuola besar dan biasanya berdinding tipis.

b) Trikona sekresi (yang menghasilkan sekret) atau glandular

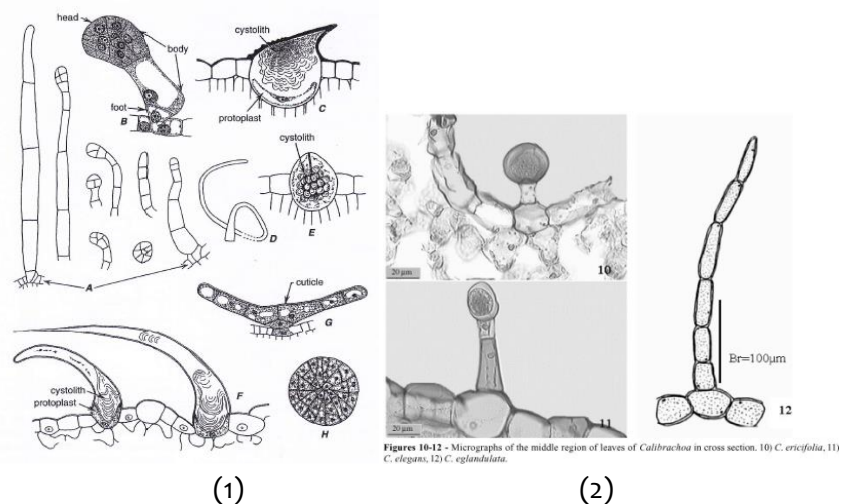
- 1) Trikona sekresi dapat bersel satu, bersel banyak, atau berupa sisik. Trikona bersel banyak sederhana terdiri dari tangkai dengan kepala bersel satu atau kepala bersel banyak. Trikona seperti itu terdapat misalnya pada daun tembakau.
- 2) Trikona sekresi menghasilkan sekret yang kental dan lengket, dan yang biasanya terdiri dari tangkai dan kepala bersel banyak dinamakan koleter. Trikona seperti itu ditemukan berkelompok pada tunas muda, dan sekret yang dihasilkannya menjaga tunas dari kekeringan. Jenis trikona kelenjar lain adalah kelenjar cerna yang terdapat pada tumbuhan pemakan serangga seperti *Nepenthes*. Trikona lain yang juga terspesialisasi adalah rambut gatal pada *Urtica*. Trikona terdiri dari sel panjang yang memiliki dasar yang lebar membengkak sedangkan bagian atasnya sempit dan runcing. Dinding bagian ujung yang runcing mengandung silika, sedangkan bagian tepat di bawahnya mengandung kalsium. Bila rambut tersentuh ujung runcing yang membulat itu akan patah di daerah batas; sisanya yang berujung runcing dengan mudah

menembus kulit orang yang menyentuh tumbuhan tersebut. Di saat itulah kandungan rambut (histamin dan asetilkolin) masuk ke kulit, dan menimbulkan rasa gatal.

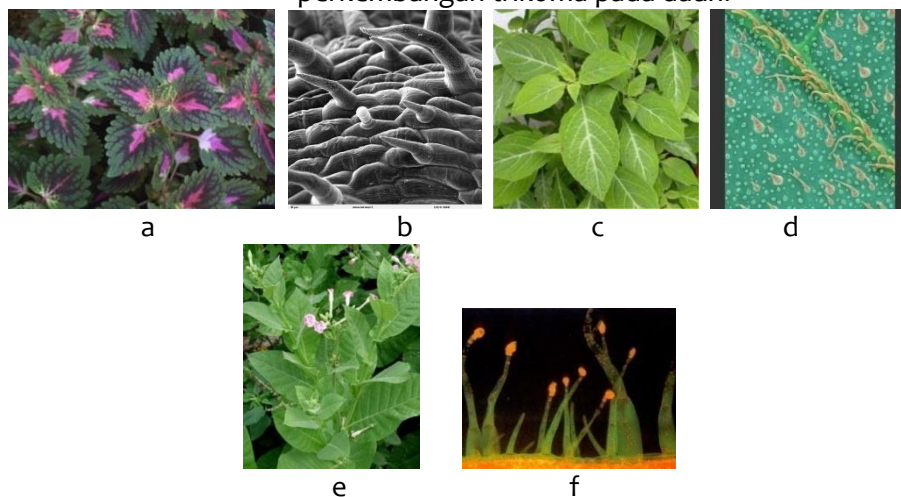
- 3) Rambut sekresi bersel satu dan bersel banyak yang menghasilkan nektar terdapat pada bunga atau di bagian lain di luar bunga. Beberapa di antaranya tidak berkutikula, dan nektar disekresikan secara berdifusi. Pada rambut lain, sel memiliki kutikula. Dalam hal itu, dinding terluar dari sel kepala rambut yang bersangkutan perlahan-lahan membengkak dan meluas sehingga terbentuk lapisan lendir menyerupai kubah di bawah kutikula. lapisan tersebut terus meluas dan dengan demikian menekan lapisan bagian dalam dari dinding luar ke arah lumen sel yang hampir seluruhnya rusak. Akhirnya, kutikula pecah dan zat lendir tempat terkumpulnya nektar terbawa ke permukaan organ misalnya pada *Hibiscus* dan *Abutilon*.



Gambar 30 : Trikona. A, B, trikona dari *Olea* di permukaan (A) dan dilihat dari sisi (B). C, rambut seperti bintang dari *Quercus*. D, rambut dendritik dari *Platanus*. E, F, rambut seperti bintang dari *Sida* di permukaan (E) dan dilihat sisi (F). G, H, rambut uniseluler berbentuk T di lihat dari permukaan (G) dan dilihat dari sisi (H). I, rambut bergelembung *Chenopodium*. J, bagian dari rambut multiseluler dari *Portulaca*. (A-C, I, x210; D-H, J, x105)(Evert, 2007).



Gambar 31 : (1) Trikoma. A, kelompok trikoma dengan kelenjar (dengan kepala multiseluler) contoh : pada rambut Nicotiana (tembakau). B, rambut kelenjar tembakau (diperbesar), menunjukkan karakteristik kepadatan isi kelenjar kepala. C, rambut berkait dengan sistolit dari Humulus, D, rambut panjang melingkar uniseluler, dan E, bulu pendek dengan sistolit dari Boehmeria. F, rambut berkait dengan sistolit dari Cannabis. G, H, trikoma peltat kelenjar Humulus dilihat di sayatan (G) dan tampak permukaan (H). (H dari trichoma lebih muda dari G.) (A, F, x100, B, D, E, x10; CG, x245; H, x490.) (Evert, 2007).. (2) menunjukkan perkembangan trikoma pada daun.



Gambar 32 : contoh trikoma non glanduler pada Coleus sp (a dan b) dan Salvia divinorum (c dan d), sedang contoh trikoma glanduler pada Nicotiana tabacum (e dan f)

Pertanyaan :

1. Jelaskan apa sebenarnya yang dimaksud dengan stomata.
2. Dari penjelasan di atas, coba identifikasi fungsi stomata dan jelaskan apa fungsi stomata.
3. Jelaskan apa yang dimaksud Trikoma
4. Bagaimana struktur dan proses pembentukan Trikoma
5. Jelaskan apa fungsi trikoma

6. Perhatikan gambar 30, buatlah gambar 3 D :
- a. trikoma dari Olea
 - b. rambut seperti bintang pada Sida
 - c. rambut uniseluler yang berbentuk T

Bab 3.

Struktur Pertumbuhan dan Perkembangan Xilem pada Tumbuhan

A. Konsep

1. Jaringan pembuluh

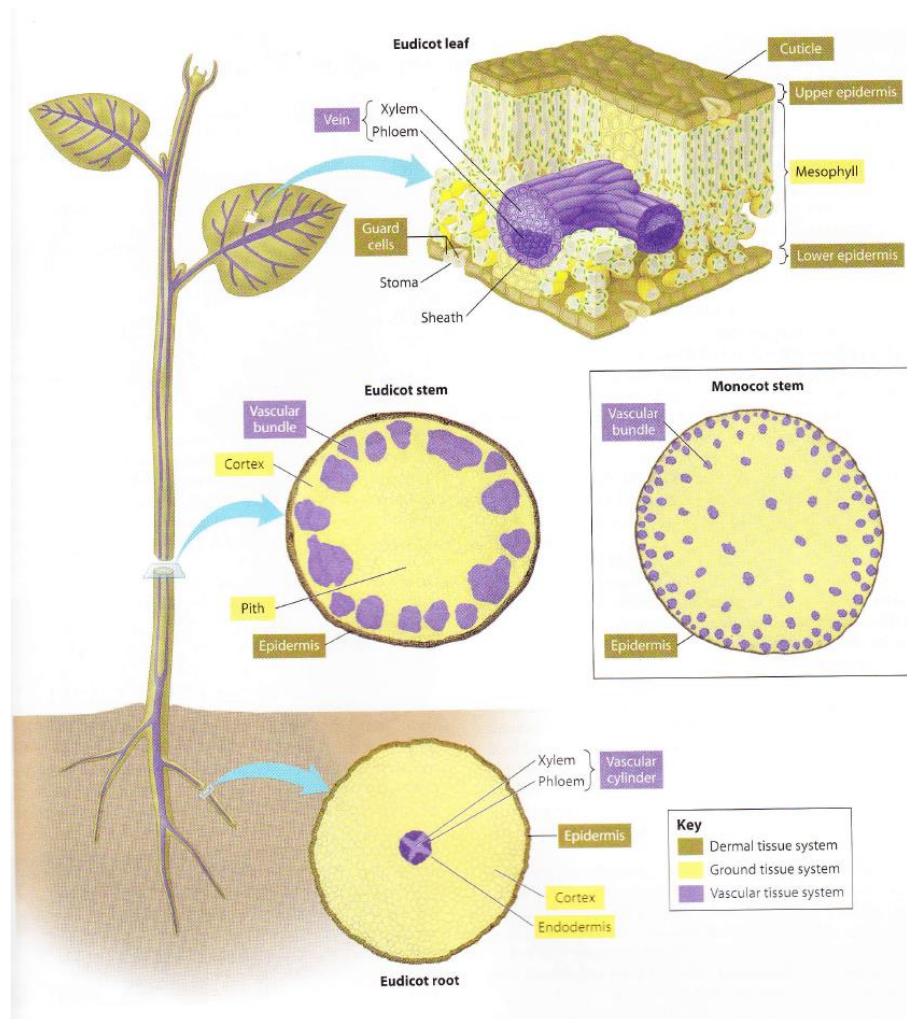
Sistem pembuluh pada tanaman terdiri atas xilem dan floem, pada prinsipnya, xilem berfungsi untuk menghantarkan air dan zat-zat yang terlarut di dalamnya, sedangkan floem berfungsi untuk menghantarkan makanan dalam jaringan tumbuhan. Komponen sistem pembuluh xilem dan floem disebut dengan **jaringan pembuluh**. Istilah xilem diperkenalkan oleh Nägeli 1858 (Essau, 1965) dari bahasa Yunani *xylos*, yang berarti kayu.

Adanya sistem pembuluh dalam tumbuhan pada taksonomi disebut sebagai tumbuhan berpembuluh atau Tracheophyta (Cheadle, 1956 dalam Essau, 1965). Kelompok ini terdiri dari Psilopsida, Lycopsida, Sphenopsida dan Pteropsida (tumbuhan paku, gymnospermae dan angiospermae). Istilah tanaman berpembuluh atau Tracheophyta berhubungan dengan karakteristik elemen Tracheophyta secara umum yang terdiri atas xilem dan floem. Dinding xilem keras dan sangat berbeda dengan floem yang mempunyai dinding tipis, xilem merupakan fosil yang lebih baik dan dapat dipelajari dengan lebih mudah, karena jaringan xilem ini mudah diidentifikasi pada tumbuhan berpembuluh.

Struktur xilem adalah jaringan kompleks terdiri atas beberapa sel yang berbeda tipe, ada yang hidup dan tak hidup. Sebagian besar karakteristik elemen xilem adalah menghantarkan air. Beberapa elemen xilem selain berfungsi sebagai penghantar air, juga sebagai penyokong tumbuhan. Xilem umumnya juga sebagai elemen penguat, sedangkan serat dan sel hidup parenkim terkait dengan aktivitas penting lainnya. Pada kelompok tumbuhan tertentu xilem mengandung latisifer.

a. Letak Jaringan pembuluh

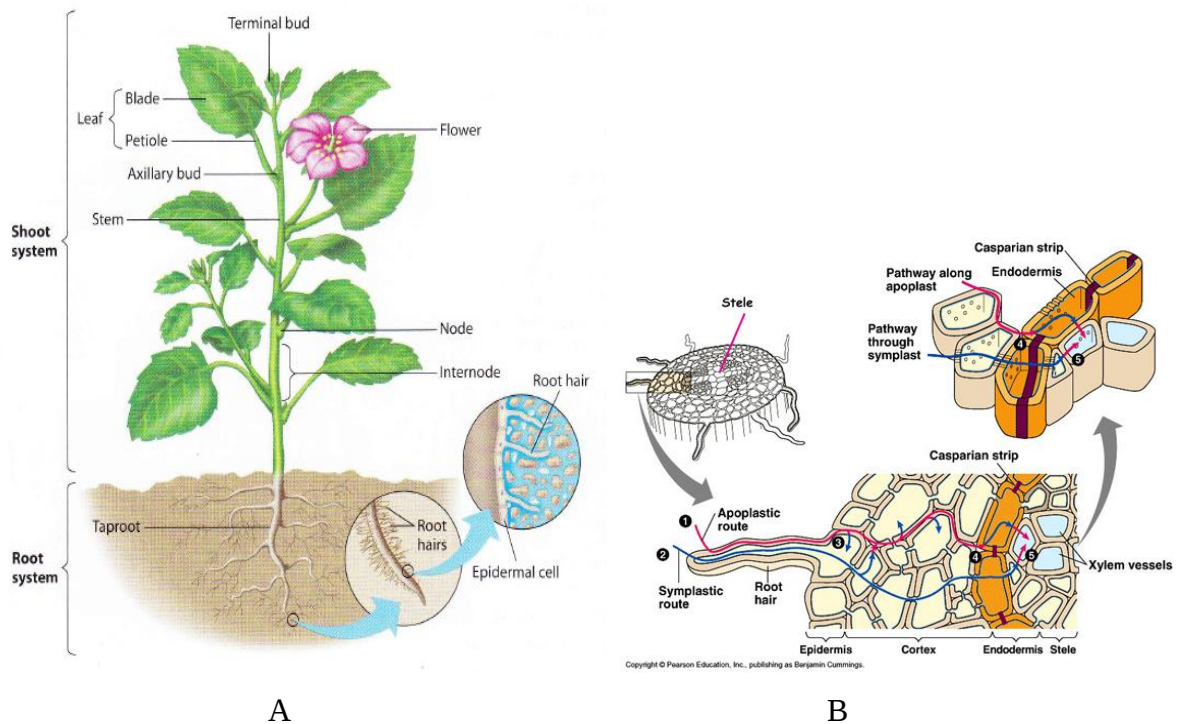
Jaringan pembuluh yang terdiri atas xilem dan floem beserta elemennya, terletak pada akar, batang, dan daun (lihat gambar 33). Xilem terletak berdekatan dengan floem membentuk berkas pembuluh.



Gambar 33. Jaringan vaskuler pada tumbuhan, air mula mula masuk melalui jaringan epidermis akar, korteks, xykem akar, dan xykem batang, kemudian xylem pada daun. Hasil proses fotosintesis, diedarkan keseluruh tubuh melalui floem (sumber : Campbell, et all, 2009)

b. Xylem berfungsi *mengantarkan air dalam jaringan*

Fungsi utama dari xilem adalah mengangkut air dan zat yang terlarut di dalamnya. Air mula-mula masuk melalui epidermis akar atau rambut akar yang merupakan derivat epidermis kemudian masuk melalui korteks dan endodermis, akhirnya air dan zat yang terlarut masuk dalam xylem akar yang kemudian diangkut oleh jaringan pembuluh xylem keseluruh tubuh tumbuhan (gambar 33 dan 34). Selain berfungsi sebagai pengangkut air dan zat yang terlarut, xylem juga berfungsi sebagai pengokoh dan bahkan kadang- kadang sebagai penyimpan cadangan makanan.



Gambar 34 : A. rambut akar merupakan derivat epidermis akar yang berfungsi untuk memperluas permukaan agar tanaman mudah mendapat air dan zat yang terlarut (sumber : Campbell, et al, 2009). B. Jalan masuk air menuju xilem melalui jalan simplast dan apoplas.

Masuknya air pada akar melalui 2 jalan, yaitu apoplast dan simplast. Apoplast apabila air masuk melalui ruang diantara sel, sehingga ketika melalui endodermis air dihambat oleh pita caspary, kemudian air masuk dalam jaringan xilem melalui plasma sel endodermis. Berbeda halnya dengan jalan simplast, yaitu air masuk melalui plasma sel menuju xilem (gambar 34B).

Pertanyaan :

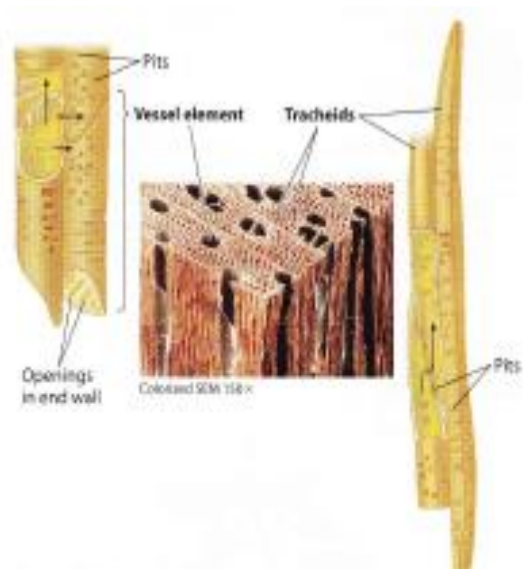
- Dari gambar 1 dan 2, jelaskan bagaimana air dan unsur hara masuk tanaman dari tanah menuju ujung tanaman?
- Jaringan pembuluh terdiri atas xilem dan floem, bagaimana bentuk xilem dan floem dalam imajinasi saudara, gambarkan dalam bentuk 3 D?

c. Elemen Xylem

Xylem bukan merupakan elemen tunggal, akan tetapi terdiri atas beberapa elemen yang mendukung fungsi xylem sebagai pengangkut air, pengokoh dan kadang sebagai penyimpan cadangan makanan. Elemen tersebut adalah : unsur trakeal, yang terdiri atas trakeid dan trakea, serat xilem dan parenkim xilem.

1) Unsur trakeal

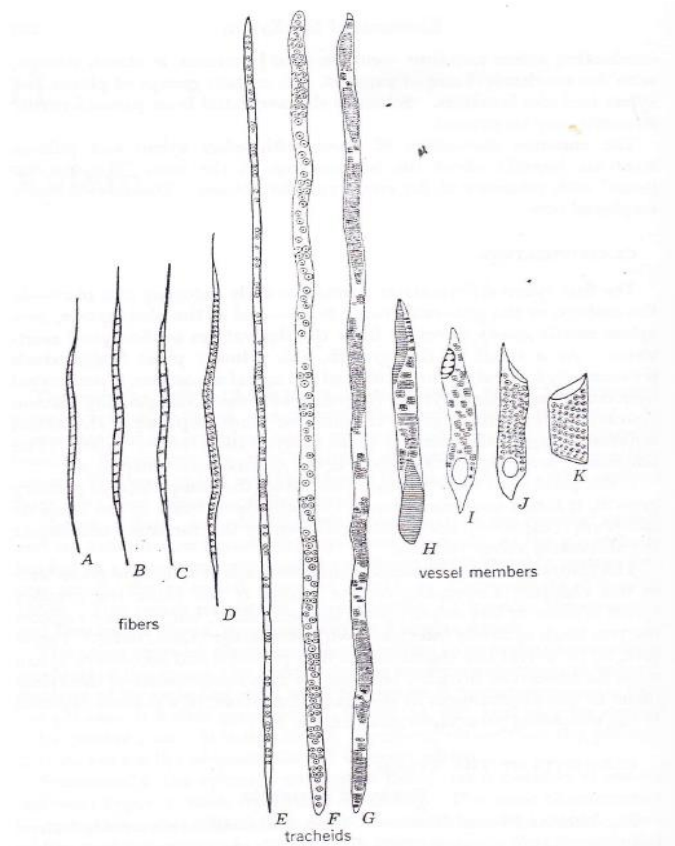
Unsur trakeal terdiri atas trakeid dan trakea. Trakeid merupakan sel yang panjang dan memiliki ujung runcing, sedangkan trakea memiliki ujung miring. Trakea merupakan deretan dari sel-sel trakea berupa tabung-tabung berdinding tebal yang tersusun memanjang dan bersambungan pada ujung dan pangkal sel trakea hingga beberapa meter. Sel penyusun trakea mencapai 50 sel, misalnya pada Cyperaceae dan Scleria. Sel penyusun trakea disebut komponen trakea atau komponen pembuluh kayu. Diameter sel trakea berkisar antara 20 μm – 700 μm (0,7mm) (Campbell, et al, 2009).



Gambar 35 : komponen trakea (*vessel element*) dan trakeid (sumber : Campbell, et al, 2009)

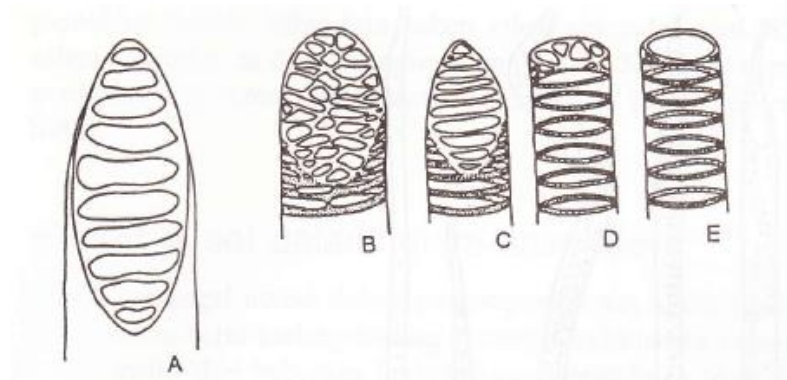
Trakeid merupakan satu sel panjang, trakeid memiliki dinding dengan ketebalan yang sama. Perbedaan utama antara trakea dan trakeid adalah pada panjang dan bentuk ujung selnya. Trakeid merupakan sel yang panjang ujungnya runcing tanpa lubang kecuali pada sejumlah lubang yang disebut dengan *pith* (noktah), sedangkan komponen trakea lebih pendek berbentuk tabung (*drum*) memiliki lubang pada kedua ujungnya. Lubang elemen trakea kadang terdapat pada dinding lateralnya. Pada trakeid pengangkutan air melalui selaput noktah pada ujung trakeid yang saling menimpa, karena bagian selaput noktah yang bukan selulosa telah hilang akibat reaksi enzim, sedangkan pada komponen trakea, air bergerak bebas melalui lubang, komponen yang berlubang dinamakan papan berlubang. Ada tiga macam papan

berlubang yaitu papan berlubang sederhana, dengan sebuah lubang saja, memenuhi seluruh dinding ujung sel, papan berlubang skalariform, lubang pipih dan sejajar pada papan menunjukkan bentuk tangga, dan papan berlubang jala, jalinan lubangnya berbentuk jala (gambar 37). Kedua macam bentuk lubang yang terakhir disebut lubang majemuk, karena lebih dari satu.



Gambar 36 : Perbedaan khusus pada elemen trakeal dan serat xylem, E-G, trakeid panjang pada tanaman kayu primitif (G:skala dikurangi), E,F noktah sirkular, G noktah panjang dalam susunan skalariform, D-A, evolusi serat, menjadi lebih pendek dan noktah semakin kecil ukurannya dan berubah bentuk dan ukuran pada lubang noktah. H-K evolusi komponen pembuluh menjadi lebih pendek, berkurang kemiringan pada ujung komponen trakea, berubah bentuk dari skalariform menjadi papan berlubang sederhana (Essau, 1965)

Pada komponen trakea, air bergerak bebas melalui lubang. Komponen yang berlubang dinamakan papan berlubang. Ada tiga macam papan berlubang yaitu 1) papan berlubang sederhana, dengan sebuah lubang saja, memenuhi seluruh dinding ujung sel, 2) papan berlubang skalariform, lubang pipih dan sejajar pada papan menunjukkan bentuk tangga, dan 3) papan berlubang jala, jalinan lubangnya berbentuk jala (gambar 37). Kedua macam bentuk lubang yang terakhir disebut lubang majemuk, karena lebih dari satu.



Gambar 37: Papan berlubang pada komponen trakea dalam xilem primer tumbuhan monokotil. **A.** papan berlubang skalariform dari batang *Phoenix dactylifera* (korma) (70x), **B.** papan berlubang jala dari akar *Hymenocallis caribea* (200x), **C-E** komponen trakea dari *Rhoeo discolor* (150x), **C.** papan berlubang skalariform dari komponen trakea yang berpenebalan helix (spiral). **D** papan berlubang jala dari komponen trakea yang berpenebalan cincin. **E** papan berlubang sederhana (Cheadle, 1953 dalam Hidayat, EB., 1995).

2) Serat xilem

Serat xilem merupakan sel panjang dengan dinding sekunder yang berlignin. Serat xilem memiliki dinding yang lebih tebal dan noktah lebih sedikit dibandingkan dengan trakeid (gambar: 36). Ada dua tipe serat pada xilem yaitu : serat trakeid dan serat libiform. Bila ditemukan pada kayu yang sama serat libiform lebih panjang dan memiliki dinding yang lebih tebal dibandingkan dengan serat trakeid. Selain itu serat trakeid memiliki noktah terlindung dan ruang noktah yang lebih kecil daripada trakeid pada kayu yang sama. Pada serat libiform, noktah memiliki lubang noktah sederhana. Namun seringkali perbedaan tersebut kurang tajam karena bentuk peralihannya banyak. Kedua macam serat memiliki sekat, sekat pada serat banyak ditemukan pada tumbuhan dikotil, khususnya ketika masih berprotoplasma. Serat tersebut berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan. Dengan demikian serat yang masih hidup struktur dan fungsinya menyerupai parenkim

3) Parenkim xilem

Sel parenkim hidup terdapat pada xilem primer dan sekunder. Pada pertumbuhan sekunder terdapat dua bentuk parenkim yaitu ; parenkim aksial (*axial parenchyma*) dan parenkim jari-jari empulur (*ray parenchyma*). Parenkim aksial adalah parenkim yang berarah tegak terhadap sumbu dibentuk dari sel pemula kambium fusiform,

sedangkan parenkim jari- jari empulur adalah parenkim berarah radial dibentuk oleh sel pemula jari- jari empulur.

Dari struktur dinding sel, kedua sel parenkim sama, namun isinya beragam. Sel parenkim menyimpan pati, minyak dan benda ergastik lain yang tidak diketahui fungsinya. Senyawa bersifat tanin dan kristal sering ditemukan. Jenis kristal susunannya cukup khas sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi kayu.

Dinding parenkim xilem ini dapat membentuk penebalan sekunder yang mungkin juga membentuk lignin. Pada dinding sekunder tersebut kemungkinan terdapat pasangan noktah yang bersifat terlindung, setengah terlindung dan sederhana. Pada dinding trakea terdapat noktah sederhana maupun noktah terlindung, jumlah serta susunannya bermacam-macam. Noktah bergantung pada jenis sel yang disebelahnya, noktah terlindung biasanya ditemukan pada dua sel trakea yang berdampingan, sedangkan pasangan noktah setengah terlindung ditemukan pada elemen trakea dengan serat xilem. Noktah sederhana ditemukan pada elemen trakeal dengan parenkim xilem.

Beberapa sel parenkim mengalami sklerifikasi karena dindingnya yang tebal, sehingga disebut sklereid. Sel yang berkristal seringkali memiliki dinding sekunder yang berlignin yang terbagi dalam ruang- ruang kecil yang bersepta, disetiap ruang terdapat sebuah kristal. Parenkim jari- jari empulur memiliki dua bentuk dasar yang dapat dibedakan sel memanjang radial (*procumbent ray cell*) dan sel memanjang vertikal (*upright ray cell*). Sel jari- jari empulur tampak segi empat pada sayatan radial kayu disebut sel jari jari empulur segi empat (*square ray cell*) modifikasi dari tipe vertikal.

Pertanyaan :

- a. Sebutkan empat macam elemen xilem berikut fungsinya, lengkapi dengan gambar 3 D (susun jawaban saudara dalam bentuk tabel).

No.	Elemen xilem	Fungsi	Gambar 3D
1.			
2.			
3.			

- b. Bentuk trakea dan trakeid berbeda, meskipun mempunyai fungsi yang sama. Bagaimana perbedaan keduanya? (lengkapi dengan gambar 3D)

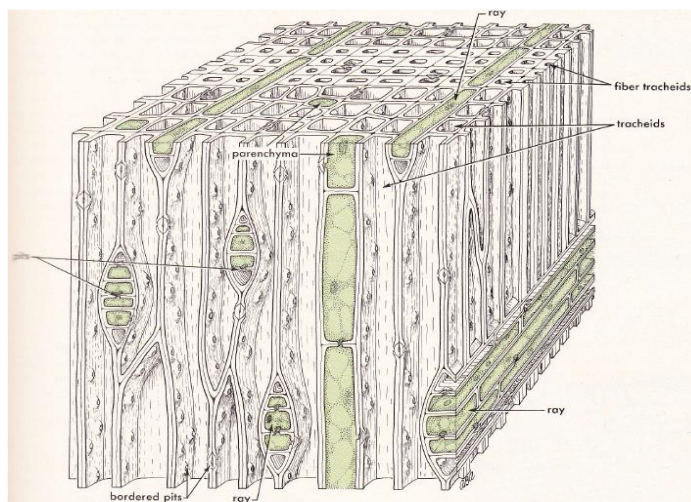
No.	Perbedaan		
	Keterangan	Trakea	trakeid
			

			
			
			
	Gambar 3D		

d. **Struktur xilem terdiri atas sel hidup dan tak hidup**

Struktur xilem terdiri atas elemen xilem yang hidup ataupun yang mati. Mula-mula semua sel yang dibentuk merupakan sel hidup, baik unsur trakeal, serat dan parenkim. Unsur trakeal dibentuk oleh prokambium merupakan sel trakeal yang hidup mengandung protoplasma. Ketika protoplas mati maka sel trakeal membentuk perforasi, setelah terbentuk perforasi unsur trakeal dapat berfungsi sebagai pengangkut air dan zat yang terlarut.

Demikian pula serat xilem, mula-mula merupakan sel hidup yang membentuk dinding sekunder yang kuat dan hampir memenuhi isi sel, sehingga dapat berfungsi sebagai pengokoh. Parenkim merupakan sel hidup yang terdapat pada xilem primer dan xilem sekunder, berfungsi sebagai penyimpan cadangan makanan.



Gambar 38. Balok kayu yang menunjukkan bentuk parenkim aksial dan parenkim jari-jari empulur (sumber : Weier, Stocking and Barbour, 1974)

2. **Floem mengantarkan makanan dalam jaringan**

Floem pada prinsipnya adalah jaringan pengangkut makanan pada tumbuhan. Floem dan xilem terletak dalam satu ruang dan bersama-sama terdapat dalam sistem jaringan pembuluh yang membentuk satu berkas yang disebut berkas pembuluh. Seperti halnya xilem, floem juga terdiri atas beberapa sel yang memiliki fungsi yang berbeda.

Floem merupakan jaringan pengangkut hasil fotosintesis, yang mengedarkannya ke seluruh tubuh tumbuhan, mulai dari daun sampai ke akar. Berkembangnya floem sangat penting, karena floem pemasok bahan makanan dalam sel, khususnya daerah meristem. Apabila floem tidak dapat menjalankan fungsinya dengan baik maka akan menghambat proses pertumbuhan dari tumbuhan tersebut.

Pertanyaan :

- a. Elemen xilem terdiri atas sel hidup dan mati. Isilah tabel berikut dibawah ini : Beri tanda + bagi sel yang hidup dan – bagi sel yang mati

No.	Elemen xilem	Muda	Dewasa
	Trakea		
	Trakeid		
	Serat xilem		
	Parenkim xilem		

- b. Xilem dan floem merupakan elemen jaringan pembuluh pada tumbuhan yang mempunyai fungsi sama. Jelaskan beda xilem dan floem.

B. Pembentukan Xilem

Xilem pertama berdeferensiasi dalam embrio pada tahap post-embionik dan tanaman tumbuh, kemudian xilem berkembang melalui meristem apikal. Hasil pertumbuhan ini, adalah tubuh tanaman primer yang dibentuk oleh meristem apikal yang menyebar keseluruh bagian oleh sistem xilem (bersama dengan sistem floem). Xilem yang berdeferensiasi dalam tumbuhan primer disebut xilem primer. Jika tanaman selesai mengalami pertumbuhan primer, terbentuk jaringan sekunder melalui aktivitas kambium pembuluh, xilem dihasilkan oleh meristem ini adalah xilem sekunder.

Xilem primer terdiri atas jenis yang sama dengan xilem sekunder, yaitu unsur trakeal, serat xilem dan parenkim xilem. Dalam xilem primer tidak mengandung jari-jari empulur. Pada daun, batang dan bunga, xilem primer bersama dengan floem tersusun dalam berkas pembuluh atau ikatan pembuluh.

1. Xilem primer

Ketika xilem primer dipelajari dengan detail, maka terdapat beberapa perkembangan dan perbedaan struktural pada observasi awal dan akhir pembentukan jaringan. Ditemukan dua bagian jaringan yang dinamakan protoxilem dan metaxilem (proto dan meta berasal dari

bahasa Yunani, yang berarti pertama dan kedua, secara berurutan). Dalam proses pembentukan xilem, xilem selalu didampingi oleh floem. Meski keduanya mempunyai fungsi yang berbeda, xilem dan floem sebagai jaringan pengangkut membentuk satu berkas yang disebut dengan jaringan pembuluh.

Bila dilihat dari perkembangannya, xilem primer yang berkembang disaat awal adalah protoxilem dan kemudian berikutnya adalah metaxilem, meski keduanya menunjukkan sifat yang berbeda tapi sulit untuk dibedakan dengan tajam.

Protoxilem dan metaxilem *berasal* dari meristem apikal atau disebut prokambium. Protoxilem berdeferensiasi dalam bagian tubuh primer yang belum selesai pertumbuhan dan deferensiasinya. Pada batang muda atau pucuk, protoxilem menjadi dewasa di antara jaringan yang sedang aktif memanjang, karena xilem primer terkena tekanan dari kegiatan tersebut. Unsur trakeal yang tumbuh akan membentang ke arah panjang, namun setelah dewasa unsur trakeal mati isinya dan akhirnya rusak karena tekanan dari sel-sel disekelilingnya.

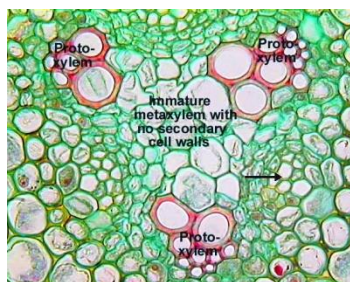
Pada tahap perkembangan, xilem pertama berdeferensiasi di awal ontogeni tanaman dalam embrio (post embrio) atau bibit muda, xilem baru (protoxilem) bersama dengan floem (protofloem) terus berkembang dari turunan meristem apikal. Protoxilem adalah jaringan yang muncul pada saat dimulainya deferensiasi pembuluh dan menempati posisi khusus dalam sistem pembuluh primer. Biasanya pada batang, daun dan akar, protoxilem melalui perioda pemanjangan, setelah inisiasi oleh meristem apikal. Pada batang dan daun, protoxilem dewasa sebelum mengalami perioda pemanjangan yang intensif.

Jika protoxilem dewasa sebelum perioda pemanjangan seperti pada ujung tanaman (pucuk), maka protoxilem menjadi dewasa diantara jaringan yang aktif memanjang, sehingga tidak tumbuh secara maksimum dan mengalami stress dan tekanan dari kegiatan itu. Protoxilem akan membentang kearah pemaingan , tetapi setelah dewasa dan isinya mati, akhirnya rusak terkena tekanan yang masih terjadi disekelilingnya. Pada akar, unsur protoxilem lebih lama bertahan karena menjadi dewasa di belakang daerah yang tumbuh secara maksimum hal ini disebabkan pula karena perioda pemanjangan pada akar lebih pendek jaraknya daripada batang.

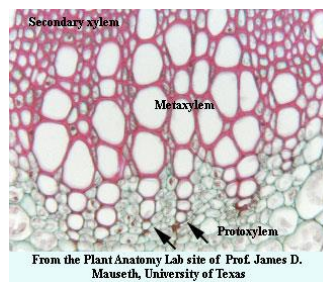
Metaxilem muncul setelah protoxilem mengalami proses deferensiasi saat pemanjangan dan dewasa setelah perioda pemanjangan selesai. Pada akar banyak protoxilem matang melebihi daerah pemanjangan utama, hal ini disebabkan karena perioda

pemanjangan pada akar lebih pendek jaraknya daripada batang. Metaxylem dibentuk pada masa pemanjangan dan deferensiasi. Metaxylem matang setelah lengkap tumbuh periode pemanjangan.

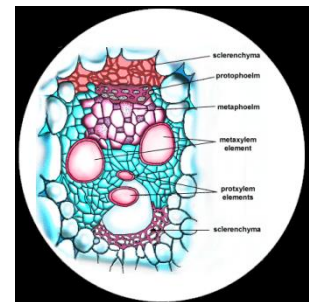
Elemen protoxilem umumnya memiliki penebalan cincin, spiral, kadang-kadang penebalan jala (*reticulate*), sedangkan metaxilem memiliki penebalan spiral dan jala. Metaxilem agak lebih rumit daripada protoxilem, karena selain mengandung unsur trakeal, juga terdapat serat dan parenkim. Sel parenkim dapat tersebar di antara unsur trakeal atau tersusun dalam deretan radial seperti jari-jari empulur. Sayatan memanjang menunjukkan bahwa sel tersebut tampak sebagai parenkim aksial. Unsur trakeal metaxilem tetap bertahan setelah pertumbuhan primer selesai, namun tidak berfungsi setelah xilem sekunder dihasilkan. Pada tumbuhan yang tidak memiliki xilem sekunder, maka metaxilem tetap berfungsi dalam organ setelah dewasa.



A



B



C

Gambar 39. A. Gambar sayatan melintang akar (400x) menunjukkan protoxylem dan metaxylem tidak dewasa (*immature*), B menunjukkan protoxylem dan metaxylem yang dewasa, C. Protoxilem dan metaxylem pada batang monokotil (www.bcb.uwc.ac.za/ecotree/trunk/VasBundle1.htm)

Sel trakeal, yang ditemukan pada xilem primer, menunjukkan bermacam-macam penebalan dinding sekunder. Keragaman penebalan tersebut ditunjukkan dengan bertambahnya daerah dinding primer yang tertutup bahan dinding sekunder. Penebalan sekunder dinding xilem antara lain penebalan cincin (*anular*), spiral, tangga (*skalariform*) dan jala (*reticulate*). Penebalan dinding sekunder ini berkaitan dengan fungsi xilem sebagai pengangkut air dan zat yang terlarut, pengokoh dan penyimpan cadangan makanan.

Pertanyaan :

Xilem primer terdiri atas protoxilem dan metaxilem, jelaskan perbedaan keduanya.

No.	Pembeda	Protoxilem	metaxilem
1	Proses pembentukan		
2	Letak		
3	Penebalan dinding		
4	Ukuran sel		
5	Bentuk 3D (gambar)		

2. Xilem sekunder

Kambium pembuluh adalah meristem yang menghasilkan jaringan pembuluh sekunder, yaitu xilem sekunder dan floem sekunder. Pada paku dan sejumlah besar monokotil tidak terdapat kambium pembuluh, Jaringan pembuluhnya dibentuk oleh prokambium dan akan berfungsi selama tumbuhan tersebut hidup. Pada tumbuhan dikotil basah kegiatan kambium pembuluh berkurang atau tidak tampak. Kambium pembuluh tidak hanya membentuk jaringan sekunder, dan jaringan yang dibentuk tidak hanya bertugas satu atau dua musim tumbuh, tetapi harus bisa berfungsi lama, yaitu sepanjang hidup tumbuhan tersebut.

Kambium pembuluh memiliki dua tipe yaitu : (1) pemula kumparan atau pemula fusiform, menghasilkan unsur yang memanjang atau aksial/vertikal; pada kayu membentuk xilem dan bagian dalam kulit kayu membentuk floem; (2) Pemula jari-jari empulur yang menghasilkan jari-jari empulur yang tumbuh ke arah radial.

a. Pemula fusiform.

Pemula fusiform adalah sel kambium yang berbentuk kumparan panjangnya berkisar 140- 462 μm pada dikotil dan 700-4500 μm pada Pinus. Panjang sel dapat beragam dalam setahun, bergantung pada keseimbangan antara pembelahan sel dan ekspansi sel. Pada sayatan radial, dinding ujung tampak datar, namun pada sayatan tangensial berbentuk lancip,

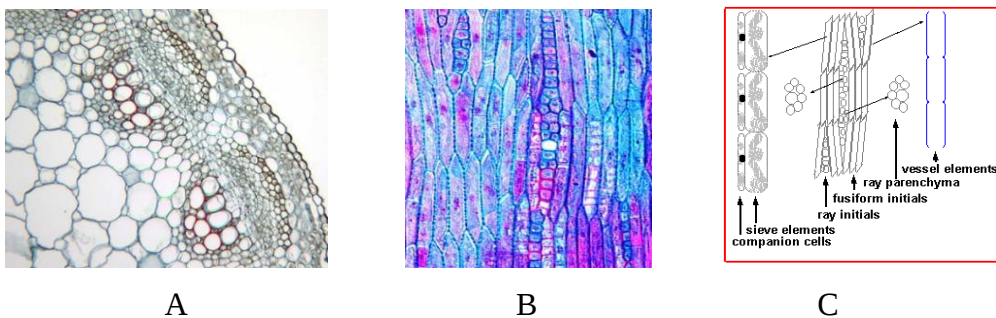
atau meruncing secara bertahap atau langsung. Pada sayatan melintang sel ini tampak seperti segi empat atau agak pipih. Panjang pemula fusiform adalah penting karena sedikit banyak mempengaruhi panjang turunannya. Namun, pengukuran xilem tidak menunjukkan panjang yang sama dengan sel kambium karena terjadi pemanjangan sel sewaktu xilem tumbuh menjadi dewasa. Pada Ginkgo dan Coniferae, panjang trakeid

melebihi pemula fusiformnya sekitar 5 - 10%. Pada dikotil, panjang komponen pembuluh tapis dapat sama dengan pemula fusiformnya, namun serat menjadi jauh lebih panjang. Serat dikotil sampai 10 – 95% lebih panjang daripada sel pemula. Pada Gymnospermae, pemula fusiform lebih panjang dibandingkan dengan pemula fusiform pada dikotil, dan bertambah panjang dengan meningkatnya usia pohon. Sebagian besar hasil selnya berdiferensiasi menjadi sel xilem, hanya sedikit berdiferensiasi menjadi floem. Turunan sel itu sendiri dapat membelah sehingga berfungsi sebagai sel induk. Kadang-kadang sel membelah lebih cepat daripada pemula asalnya, menghasilkan sampai 20 sel.

Pada saat xilem mendewasa di sebelah dalam dari kambium pembuluh, maka sumbu xilem itu menjadi lebih luas. Kambium terdorong ke luar dan keliling permukaannya harus senantiasa bertambah. Untuk mengimbangi penambahan itu, sel kambium membelah antiklinal longitudinal sehingga terbentuk lebih awal dibandingkan dengan sel turunan yang ada di sebelah dalam. Pembelahan itu dinamakan pembelahan multiplikatif.

b. Pemula Jari-jari Empulur

Pemula jari-jari empulur lebih kecil daripada pemula fusiform, yakni pendek dan isodiametris, atau 2 - 3 kali lebih tinggi daripada lebarnya. Pada Coniferae, pemula jari-jari empulur senantiasa tersusun sebagai deretan sel ke arah vertikal yang terdiri dari satu baris sel, dinamakan berseri satu atau uniseriat.



Gambar 40 : A. Sayatan melintang dikotil batang *Medicago*, menunjukkan perkembangan awal cambium , B Sayatan tangensial cambium, menunjukkan pemula fusiform dan pemula jari- jari empulur (<http://doctortee.com/dsu/tiftickjian/plant-anat/sec-growth.html>), C. Gambar skematis pemula fusiform yang menghasilkan elemen xylem ke dalam dan elemen floem ke luar, pemula jari- jari empulur menghasilkan jari-jari empulur (<http://hcs.osu.edu/hcs300/anat2.htm>)

Kelompok pemula jari-jari empulur dapat menjadi lebih panjang dengan hilangnya pemula fusiform di antara dua kelompok pemula jari-jari empulur, sehingga keduanya

dapat menyatu. Atau, pemula fusiform mengubah dirinya dengan membelah melintang beberapa kali menjadi sederetan pemula jari-jari empulur. Jika salah satu mekanisme tersebut mengakibatkan jari-jari empulur menjadi berseri banyak atau multiseriat maka pemula segera hilang sehingga kondisi uniseriat diperoleh kembali. Pada dikotil sering terdapat jari-jari empulur uniseriat maupun multiseriat dan hal itu tercermin dalam pemula jari-jari empulurnya.

Pada setiap jenis, kelompok pemula dapat hanya mengandung pemula panjang saja, isodiametris saja, atau campuran keduanya. Jika keduanya diternukan, maka pemula panjang hampir selalu bertempat di bagian paling atas atau paling bawah jari-jari empulur atau di kedua tempat itu, selebihnya terdiri dari pemula berbentuk isodiametris.

Xilem sekunder yang dibentuk lebih dulu, pada suatu ketika tidak akan berfungsi lagi sebagai pengangkut air dan zat terlarut serta penyimpan makanan. Xilem sekunder ini menjadi kayu bagian dalam, yaitu di tengah batang. Kayu ini sering menunjukkan warna lain sehingga mudah dikenali, disebut juga dengan kayu galih (*heart wood*).

Pertanyaan :

- a. Kambium membentuk xylem sekunder, terdiri atas pemula fusiform dan pemula jari-jari empulur. Keduanya mempunyai fungsi yang berbeda, apa fungsi pemula jari-jari empulur dan pemula fusiform?
- b. Bagaimana pemula fusiform membentuk xylem sekunder
- c. Hasil pembentukan sel oleh pemula fusiform, mampu berperan sebagai sel induk dan membelah kembali hingga 20x, ini mempengaruhi jaringan xylem. Untuk mengatasi hal tersebut apa yang dilakukan oleh pemula fusiform.
- d. Gambarkan bentuk 3 dimensi pemula fusiform dan pemula jari-jari empulur berdasarkan penjelasan di atas dan gambar 8.

3. Perbedaan trakeid dan trakea

Trakeid dan trakea merupakan unsur trakeal yang mempunyai fungsi sama, yaitu sebagai pengangkut air dan zat yang terlarut. Beberapa sejarah perkembangan (evolusi) jaringan tumbuhan menunjukkan bahwa trakeid lebih primitif daripada trakea. Trakeid sedikit ditemukan pada fosil tanaman berbiji, Pteridospermeae, dan banyak ditemukan pada tumbuhan rendah berpembuluh dan Gymnospermeae. Jaringan pembuluh merupakan perkembangan dari trakeid yaitu trakea terdapat pada Gnetales,

Dicotyledoneae dan monocotyledoneae dan jenis paku-pakuan tertentu (*Selaginella* pada Lycopodiaceae dan *Equisetum*). Trakeid dan trakea yang berfungsi sebagai pengangkut adalah sel yang telah mengalami lignifikasi dinding sekunder, dan tidak ada protoplasma atau sel tersebut sudah mati.

Tabel 1: Perbedaan pembuluh kayu (trakea) dan trakeid (lihat gambar 4)

No.	Materi beda	Trakeid	trakea
1.	Panjang	Lebih panjang daripada pembuluh kayu	Pendek, bentuk seperti drum
2	Sel pengangkut air berupa	trakeid yang panjang	tumpukan komponen pembuluh kayu membentuk tabung
3	Diameter	Kecil	lebar
4	Pengangkutan air dan zat hara	Melalui noktah pada ujung trakeid	Melalui papan berlubang pada ujung pembuluh kayu, air bergerak lebih bebas
5	Ujung sel	Runcing	Sedikit miring
6	Penebalan dinding	Cincin atau spiral	Cincin, spiral, tangga, jala

Pengamatan perkembangan dinding sekunder secara detail dengan mikroskop cahaya menunjukkan pola sitoplasma. Sebelum penebalan dinding sekunder, sitoplasma menjadi kental disepanjang bagian dinding yang akhirnya menutupi dinding menjadi penebalan sekunder. Melalui mikroskop elektron tampak bahwa dalam sitoplasma yang kental terdapat banyak mitokondria, diktiosom dan vesikula berbagai ukuran. Observasi hubungan antara struktur dinding sekunder dan pemanjangan pada pertumbuhan tanaman menunjukkan ada perbedaan antara protoxilem dan metaxilem, terlalu banyak tekanan pada bentuk dinding akan mengurangi nilai dari protoxilem dan metaxilem. Waktu relatif pematangan dalam sistem vaskular adalah yang paling konsisten sebagai dasar untuk klasifikasi xilem primer ke protoxylem dan metaxilem.

Dinding sekunder dapat mengalami penebalan. Penebalan tersebut untuk mengokohkan unsur trakeal pola peletakan dinding sekunder adalah sebagaimana diuraikan berikut ini.

a. Penebalan cincin

Pola penebalan dinding sekunder yang paling sederhana pada unsur trakeal adalah penebalan cincin. Lapisan dinding sekunder tidak menutupi seluruh dinding permukaan dinding primer seperti pada sklereid atau serat, melainkan berupa cincin kecil di bagian

dalam dinding primer; setiap cincin terpisah dari cincin yang lain. Susunan seperti ini memberikan kekuatan pada sel yang rebah, dan tidak menggunakan bahan dinding terlampau banyak. Cara seperti ini juga menghadirkan permukaan dinding primer yang cukup luas untuk memungkinkan air masuk dan keluar sel. Sebagaimana pada kebanyakan serat dan sklereid, bagian dinding sekunder berlignin dan tahan air. Penebalan jenis cincin tidak terlalu kuat sehingga sel cukup mudah rebah.

Keuntungannya penebalan ini adalah memungkinkan unsur trakeal membentang ke arah panjang sehingga jarak antara dua cincin bertambah panjang. Ini karena sewaktu sel hidup di sekelilingnya tumbuh dan meluas, sel-sel itu membentuk unsur trakeal meskipun mati, dapat memanjang karena berlekatan di lamela tengahnya masing-masing. Unsur trakeal ini dapat berdiferensiasi pada jaringan yang sedang tumbuh, kemudian berfungsi dan sekaligus memanjang karena bertugas memasok air ke bagian tumbuhan yang paling muda. Karena mampu dibentangkan, maka unsur trakeal tak menghalangi peluasan sel di sekelilingnya dan juga tidak akan lepas dari sel tersebut. Sementara sel memanjang, cincin akan terpisah satu sama lain. Namun hal itu tidak dapat dilakukan terus menerus dan pada akhirnya cincin akan sobek juga.

b. Penebalan spiral

Pola penebalan ini serupa dengan penebalan cincin namun dinding sekunder berupa satu atau dua spiral. Keuntungan dan kerugiannya sama dengan jenis cincin. Pada sel muda, penebalan spiral merapat sekali, namun sewaktu sel memanjang akibat pertumbuhan sel sekelilingnya, spiral juga merenggang menjadi kurang rapat. Sel ini juga akhirnya akan sobek oleh peluasan sel-sel di dekatnya.

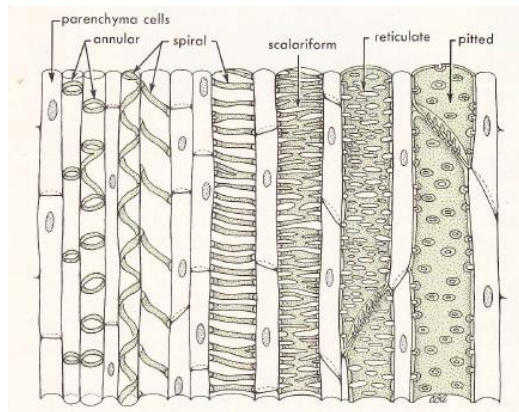
c. Penebalan skalariform atau tangga

Pada jenis penebalan ini dinding sekunder jauh lebih banyak peluasannya dibandingkan dengan kedua jenis yang terdahulu. Hampir setengah permukaan dinding primer tertutup olehnya. Pada preparat berwarna, dinding sekunder berwarna gelap menyerupai anak tangga, dan ruang yang tak tertutup pada dinding sekunder tampak seperti daerah yang lebar dan lonjong. Yang penting, arah penebalan sekunder tidak hanya melebar, melainkan juga vertikal sehingga unsur trakeal diperkuat di semua fihak. Dengan demikian dinding tidak akan rebah ke arah dalam dan juga tahan terhadap pemanjangan yang dilakukan pertumbuhan sel sekelilingnya.

Sel ini dapat lepas dari sel sekelilingnya atau menghambat pertumbuhannya. Sifat seperti itu tak dapat dipakai oleh unsur trakeal yang terdapat pada organ yang sedang tumbuh melainkan hanya bermanfaat untuk bagian organ yang proses pemanjangan primernya telah berhenti.

d. Penebalan jala

Penebalan sekunder di sini tidak teratur seperti pada penebalan tangga tetapi menyusun bentuk jala yang kurang teratur. Bagian penebalan vertikal lebih banyak lagi, dan sebagaimana untuk jenis tangga, jenis jala ini pun tak bisa meluas selnya.



Gambar 41. Penebalan pada dinding unsur trakeal, penebalan cincin (annular), spiral, tangga (skalariform), jala (reticulate) dan noktah (pitted)

Pertanyaan :

Unsur trakeal mengalami penebalan dinding untuk memperkuat diri agar tanaman bisa berdiri tegak. Ada empat macam penebalan dinding yaitu penebalan cincin, spiral, jala dan tangga. Coba jelaskan apa keunggulan dan kelemahan masing-masing jenis penebalan dinding?

C. Struktur dasar

Pada tumbuhan terdapat sistem aksial dan sistem radial. Pengaturan sistem vertikal atau sistem aksial dan sistem radial atau jari-jari empulur merupakan karakteristik yang menarik pada kayu. Sistem jari-jari empulur dan aksial adalah pengaturan saling melekat dan terintegrasi satu dengan lainnya dalam struktur dan fungsi.

1. Sistem aksial

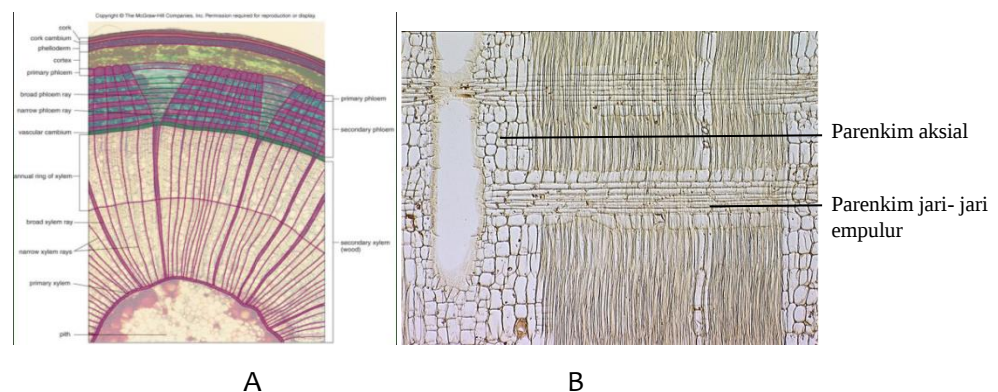
Sistem aksial terdiri atas elemen trakea, serat dan sel parenkim. Pada sistem aksial atau vertikal, satu atau lebih terdiri dari sel tak hidup seperti elemen trakeal, serat dan sel parenkim (bergantung pada spesies tanaman). Parenkim jari-jari empulur

merupakan sel hidup, dengan sistem aksial saling berhubungan satu dengan lainnya, disebut sistem sel hidup yang kontinu dalam kayu.

2. Sistem radial

Parenkim merupakan sel hidup, terdapat pada xilem primer dan sekunder, ada 2 bentuk yaitu parenkim axial dan parenkim jari- jari empulur. Parenkim aksial adalah parenkim xilem yang berarah tegak sejajar sumbu dan parenkim radial adalah parenkim jari- jari empulur, yang tersebar secara radial. Dari segi struktur dinding, kedua sel parenkim ini sama, namun isinya beragam. Sel parenkim menyimpan pati, minyak dan benda ergastik lain yang tak diketahui fungsinya. Senyawa bersifat tanin dan kristal sering ditemukan. Jenis kristal serta susunannya cukup khas sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi kayu.

Dinding kedua jenis parenkim itu dapat membentuk penebalan sekunder yang mungkin juga berlignin. Jika ada dinding sekunder maka pasangan noktah dapat bersifat terlindung, setengah terlindung, atau sederhana. Beberapa sel parenkim mengalami sklerifikasi karena dindingnya tebal sehingga disebut sklereid. Sel berkristal seringkali memiliki dinding terlignin dan berpenebalan sekunder, serta dapat terbagi-bagi menjadi ruang kecil-kecil bersepta dengan setiap ruang berisi sebuah kristal.



Gambar 42 : A. Sayatan melintang batang, menunjukkan adanya jari- jari empulur (merah), B menunjukkan adanya sel- sel parenchyma aksial dan sel radial.

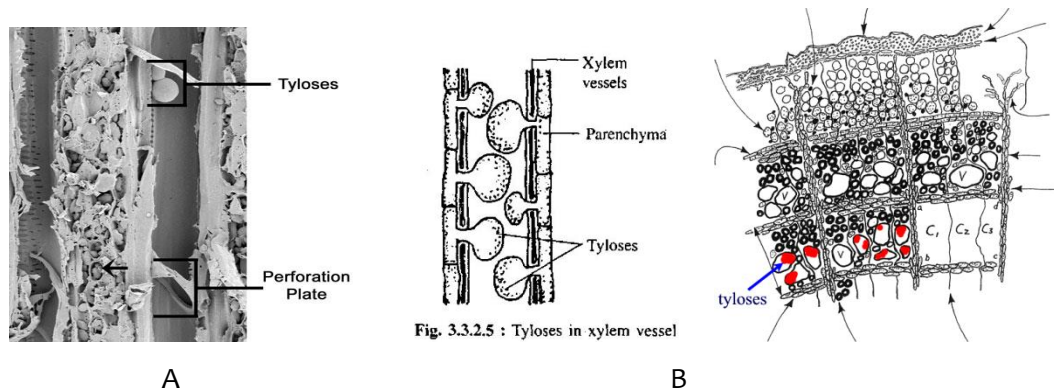
3. Pembentukan sel parenkim

Sel parenkim dibentuk oleh kambium dan tidak mengalami penebalan sekunder, sel parenkim aksial dibentuk oleh sel pemula kambium yang memanjang atau fusiform. Jika turunan sel pemula fusiform itu berkembang tanpa pembelahan melintang atau miring, terbentuklah sel parenkim xilem panjang serta tegak. Jika padanya terjadi pembelahan melintang, terbentuk berkas atau unting parenkim xilem.

Parenkim radial ada beberapa jenis. Jenis yang paling sering ditemukan adalah jenis parenkim jari-jari empulur yang berbaring dan jari-jari empulur yang tegak. Kedua macam sel parenkim tersebut dapat ditemukan dalam satu jari-jari empulur yang sama; sel tegak bertempat di ujung atas dan ujung bawah jari-jari empulur tersebut. Jari-jari empulur yang tersusun oleh hanya satu macam sel dinamakan homosel dan yang terdiri dari dua macam sel disebut heterosel

4. Tiloses

Pada beberapa tanaman parenkim aksial dan parenkim jari-jari empulur menonjol karena adanya tiloses, sel trakeal menjadi tidak aktif atau terluka disebut dengan tiloses. Tiloses berkembang melalui noktah berpasangan yang berhubungan dengan sel parenkim dan elemen trakeal.



Gambar 43 : A. Sayatan membujur Tiloses. Tiloses dibentuk oleh sel parenkim yang berkembang pada lubang salah satu trakea. Di bawah tiloses adalah papan lubang sederhana. Papan ini menunjukkan di mana dua trakea bergabung bersama untuk membentuk sebuah tabung. Tanda panah menggambarkan amyloplasts tertutup dalam sel parenkim. Amyloplasts adalah plastida menyimpan pati. B. Gambar skematik tiloses pada trakea, tiloses muncul dari parenkim. C. Sayatan melintang tilosis (merah)

Tiloses kadang-kadang juga banyak yang mengisi lumen trakeid atau elemen pembuluh. Nukleus pada sel parenkim dan sebagian sitoplasma muncul pada tiloses. Di bagian tiloses dewasa mungkin tetap berdinding tipis atau dinding sekunder berkembang menjadi terlignifikasi. Dalam dinding primer selulosa mikrofibril membentuk jaringan yang mirip dengan dinding utama pada sel-sel parenchyma. Tiloses dapat dibagi-bagi, kadang-kadang berkembang menjadi sclereids.

Pertanyaan :

- Ada dua sistem dalam tumbuhan, yaitu sistem aksial dan sistem radial.

- 1) Apa yang dimaksud kedua sistem tersebut?.
 - 2) Apa kegunaan kedua sistem tersebut?
 - 3) Bagaimana hubungan antara kedua sistem tersebut?
- b. Bagaimana bentuk parenkim aksial dan parenkim jari- jari empulur, gambarkan dalam 3D?
- c. Tilosis dapat ditemukan pada parenkim aksial dan parenkim jari- jari empulur. Apa yang dimaksud dengan tilosis? Gambarkan bentuk tiloses dalam 3D

D. Kayu

1. Lingkaran pertumbuhan dan lingkaran tahun pada kayu

Bila batang kayu kita potong melintang, maka pada penampang melintang kayu akan tampak garis- garis, yaitu garis gelap dan terang. Garis garis tersebut tampak melingkar dan berbentuk seperti cincin, garis tersebut merupakan batas lapisan tumbuh yang berurutan, disebut lingkaran pertumbuhan . Pada daerah empat musim, yang mempunyai musim yang teratur dan tegas setiap tahunnya maka lapisan tumbuh pada tersebut dapat dikatakan sebagai lingkaran tahun.

a. Lingkaran pertumbuhan

Xylem dihasilkan oleh kambium selama satu perioda pertumbuhan disebut lapisan tumbuh. Pada penampang melintang melalui balok kayu tampak beberapa lapisan yang dibatasi oleh sejumlah garis berwarna gelap. Garis itu merupakan batas lapisan tumbuh yang berturutan. Pada penampang melintang tampak sebagai cincin sehingga dinamakan lingkaran tumbuh atau lingkaran pertumbuhan..

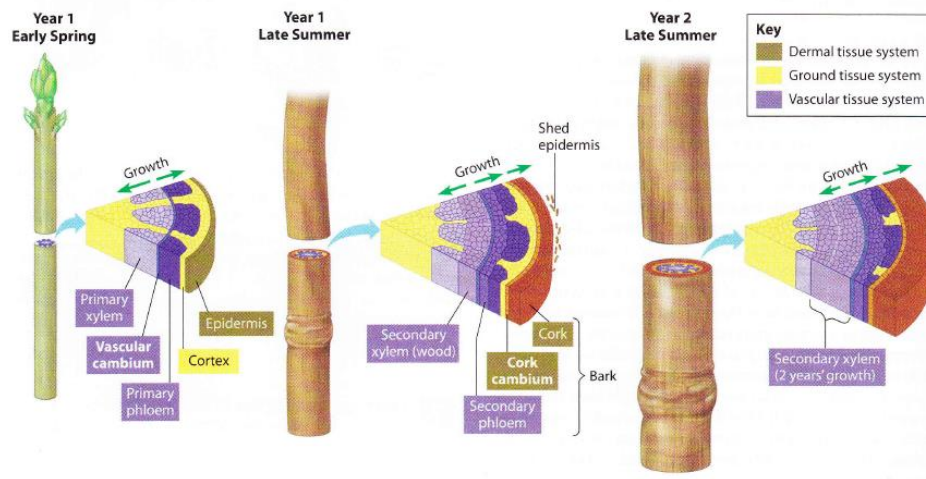
Di daerah tropika dengan berbagai kondisi lingkungan dapat merangsang terjadinya lebih dari satu lapisan tumbuh dalam setahun. Hal ini dapat terjadi pada pohon yang masa curah hujannya yang besar bergantian dengan masa yang lebih kering dan kejadian seperti itu terulang beberapa kali setahun. Jika setiap masa curah hujan besar merangsang kegiatan kambium pembuluh sehingga dibentuk sejumlah unsur xilem baru, maka akan terlihat beberapa garis yang masing-masing disebut lingkaran tumbuh.

b. Lingkaran tahun

Batang dan akar memiliki lingkaran pertumbuhan disebut lapisan tahunan (annual layer) dan lingkaran tahun. Pada kayu yang berasal dari pohon yang tumbuh di daerah beriklim sedang, yang memperlihatkan perbedaan musim yang jelas dan teratur dalam satu tahun, batas itu sekaligus menunjukkan batas kayu yang dibentuk dalam satu tahun dan karena itu dinamakan lingkaran tahun. Dengan demikian, dapat ditetapkan umur pohon dengan menghitung jumlah lingkaran tahunnya.

Pada kayu, lingkaran tahun itu tampak jelas sebagai sejumlah garis yang gelap. Sel kayu di antara dua garis gelap dibagi menjadi dua bagian, yakni yang dibentuk lebih awal atau kayu-dini dan kayu-akhir, adalah bagian kayu yang dibentuk belakangan atau pada akhir musim tumbuh. Kayu-dini dibentuk pada musim semi dan sebab itu juga dinamakan kayu musim semi, sedangkan kayu-akhir dibentuk di akhir musim panas, disebut kayu musim panas. Dibandingkan dengan kayu-akhir, kayu-dini kurang padat dan lebih banyak mengandung sel bergaris tengah lebar dan berdinding tipis. Sebaliknya, kayu akhir lebih banyak terdiri dari sel bergaris tengah pendek dan berdinding tebal. Kayu akhir tampak jelas karena merupakan batas antara kayu-akhir dan kayu-dini yang berasal dari musim tumbuh berikutnya. Di daerah tropika, biasanya hanya menunjukkan perbedaan antara musim hujan dan musim kemarau (kering), nama sepadan adalah kayu musim hujan dan kayu musim kemarau.

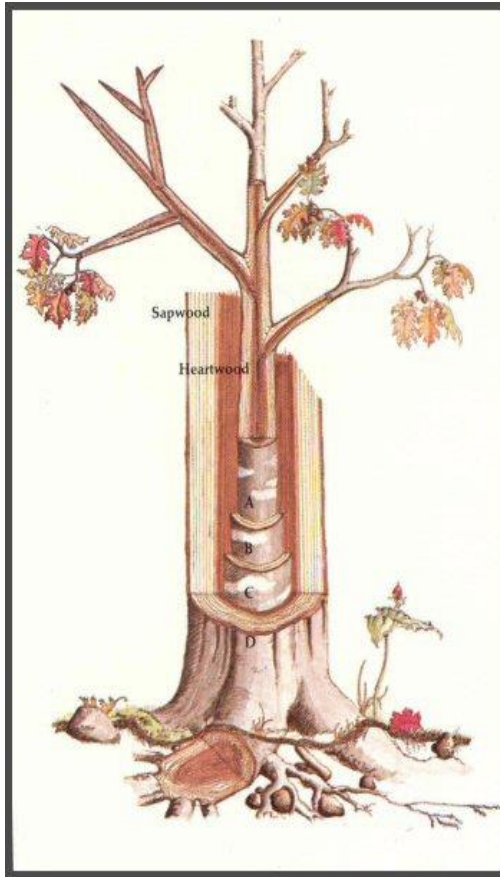
Jumlah kayu-dini dan kayu-akhir yang terbentuk, dipengaruhi oleh lingkungan dan keadaan yang khas dari tumbuhan. Kondisi yang merugikan, misalnya, meningkatkan jumlah kayu akhir pada Pinus, tetapi menguranginya pada Quercus. Secara umum dapat dikatakan bahwa kemampuan untuk membentuk lingkaran tumbuh ditentukan oleh sifat genetik spesies.



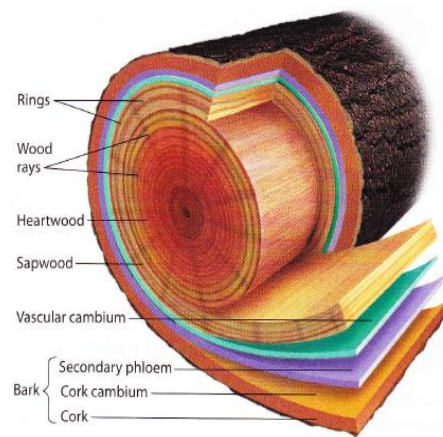
Gambar 44 : Pertumbuhan sekunder pada kayu dikotil di daerah 4 musim , menunjukkan proses terbentuknya lingkaran tahunan (sumber : Campbell, et all, 2009)

2. Kayu suban dan kayu galih

Xilem sekunder yang telah dibentuk lebih dulu, pada satu ketika tak akan berfungsi dalam pengangkutan dan penyimpanan cadangan makanan. Kayu yang terdapat paling dalam, yakni di tengah batang, sering menunjukkan warna lain sehingga mudah dikenal, disebut kayu galih. Pembentukan kayu galih menyebabkan zat cadangan hilang atau beralih menjadi bahan lain, dan akhirnya protoplas sel parenkim dan sel hidup lain dalam xilem sekunder mati. Kayu suban adalah bagian xilem sekunder di dekat kambium pembuluh. Kayu ini masih berfungsi dalam pengangkutan serta penyimpanan zat makanan dalam sel yang memiliki protoplas hidup.



Gambar 45: Kayu galih (*heartwood*), kayu suban (*sapwood*), lingkaran tahun atau lingkaran tumbuh (*rings*), dan jari-jari empulur (*rays*) (sumber : Campbell, et al, 2009)



3. Kayu Gymnospermae

Pada xylem gymnospermae umumnya lebih sederhana dan homogen daripada angiospermae, tidak ada pembuluh kayu tetapi ada pada angiospermae. Pada Gymnospermae sedikit mengandung parenkim, khususnya parenkim aksial.

a. Sistem aksial gymnospermae

Pada Gymnospermae kebanyakan atau hampir seluruhnya terdiri atas trakeid. Kayu trakeid yang terakhir berkembang membentuk dinding yang relatif tebal dan noktah mengurangi batas, dapat diklasifikasikan sebagai serat trakeid, serat libiform tidak ada. Trakeid berkembang, dinding relatif tebal dan panjangnya 0,5 s/d 11mm, ujungnya overlapping dengan trakeid lainnya.

Pergerakan air melalui sistem trakeid pada Conifer bergantung pada distribusi noktah dan orientasi trakeid (kemiringan pada padi-padian). Dalam studi dengan suntikan bahan kimia pada batang pohon ada lima pola pergerakan yang dikenal dalam spesies yang berbeda. Dua diantaranya adalah gerakan spiral dan kebanyakan gerakan lurus.

Pada Gymnospermeae, trakeid berfungsi sebagai konduksi atau pengangkut air secara vertikal.

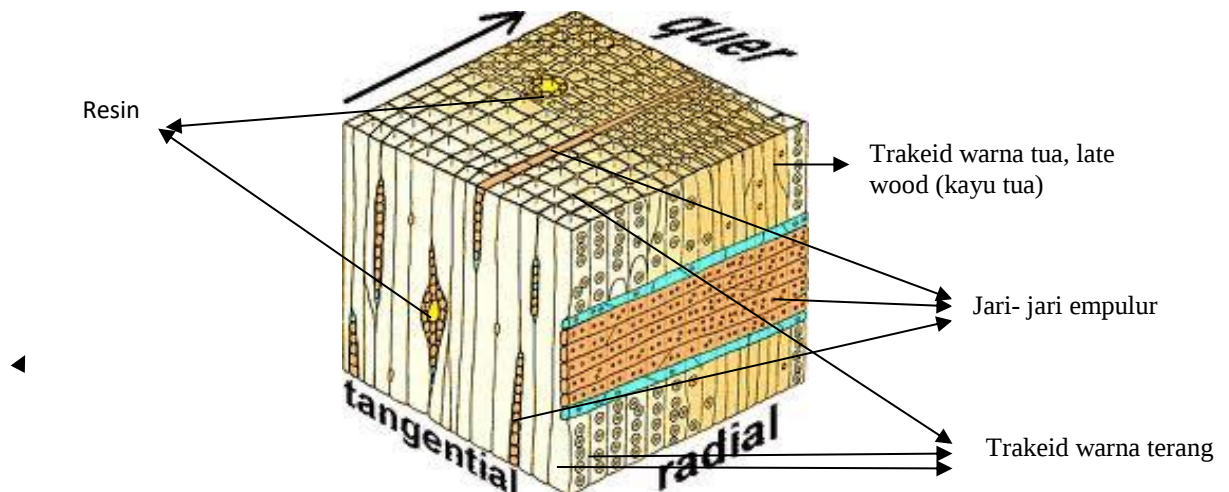
b. Struktur jari-jari empulur gymnospermeae

Jari-jari empulur pada Gymnospermeae terdiri atas sel-sel parenkim saja atau parenkim dan trakeid. Trakeid jari-jari empulur dibedakan dari sel parenkim jari-jari empulur terutama pada trakeid memiliki noktah dan tidak ada protoplasma.

Trakeid jari-jari empulur mempunyai lignin pada dinding sekunder. Parenkim jari-jari empulur mempunyai protoplasma hidup dalam kayu suban dan sering kayu galih berwarna gelap karena ada deposit resin di dalamnya.

Sel-sel jari-jari empulur memiliki dinding sekunder berlubang antara satu dengan lainnya dan juga dengan trakeid pada sistem aksial. Pasangan noktah antara sel parenkim jari-jari empulur dan trakeid aksial adalah khusus tersendiri. Biasanya adalah noktah setengah halaman, dengan noktah halaman pada bagian trakdeid.

Gymnospermeae, trakeid jari-jari empulur berfungsi sebagai konduksi atau pengangkut air secara horisontal, sedangkan parenkim jari-jari empulur berfungsi sebagai penyimpan dan memproduksi serta mensekresikan resin dalam duktus resin.



Gambar 46: Blok kayu Gymnospermeae, menunjukkan belahan transversal, radial dan tangensial, menunjukkan bentuk resin

(sumber : www.museum-albersdorf.de/BERNSTEN/EBRNHOLZ.HTM)

c. Duktus resin

Gymnospremeae mengembangkan ductus resin dalam sistem aksial atau keduanya pada sistem aksial dan radial (Pinaceae). Dengan khas duktus resin muncul secara

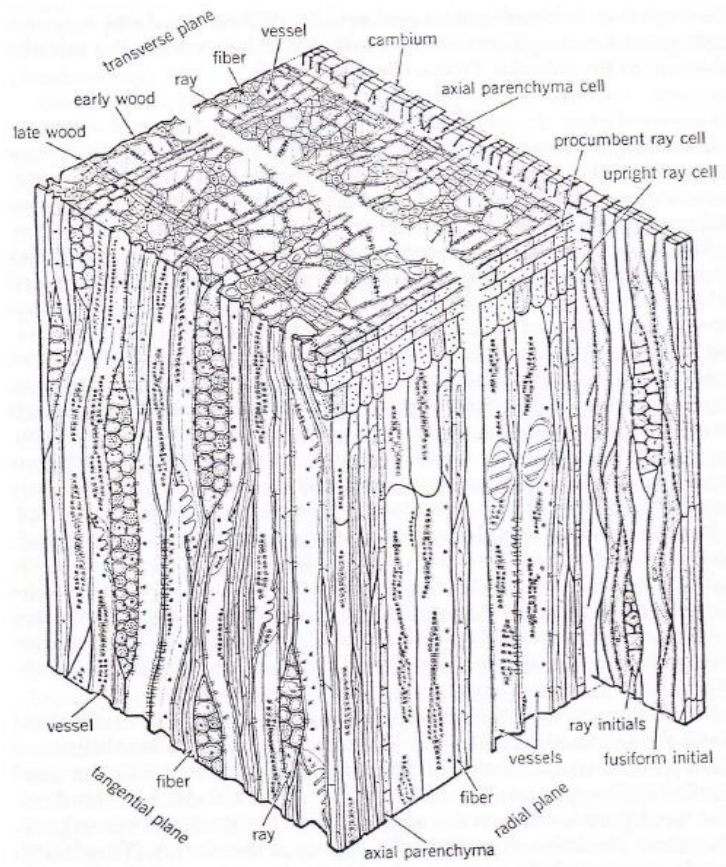
sisogen, ruang interseluler yang dipisahkan oleh sel- sel parenkim dari lainnya. Setelah pembelahan sel dari lapisan atau epitelium, duktus resin mengekskresikan resin.

Beberapa pekerja membuat perbedaan antara duktus resin yang normal dan traumatik, ini muncul dari respon ketika melukai. Duktus normal panjang dan single, duktus traumatik adalah seperti kista dan terjadi dalam seri tangensial.

4. Kayu Angiospermeae

Tanda kayu angiospermeae umumnya mengikuti xilem sekunder dikotil. Kayu monokotil memiliki pertumbuhan sekunder tidak membentuk xilem sekunder padat dan homogen dan bukan sumber kayu yang komersial. Xilem sekunder pada dikotil umumnya lebih kompleks dan bervariasi daripada kayu Gymnospermeae. Kayu dikotil lebih kompleks karena terdiri atas pembuluh kayu, trakeid, serat trakeid, serat libiform, parenkim xilem aksial dan jari- jari empulur yang berbeda ukuran. Karena struktur yang kompleks, maka kayu dikotil dapat digunakan untuk identifikasi.

Distribusi pembuluh Kayu dikotil menunjukkan dua pola, jika pembuluh kayu memiliki diameter yang sama, uniform didistribusikan melalui pertumbuhan cincin, disebut *diffuse porous*. Pada kayu dengan diameter tidak sama dan dengan pembuluh kayu lebih besar pada kayu awal disebut *ring porous* karena sebagian besar pembuluh kayu tersusun seperti cincin. Sejumlah besar parenkim aksial kayu dikotiledoneae, bervariasi mulai dari yang kecil hingga sangat besar dan parenkim aksial. Ada dua tipe dasar pada distribusi parenkim aksial, yaitu tipe *apotrakeal*, posisi parenkim tidak bergantung pada pembuluh kayu dan tipe *paratrakeal*, yaitu tipe keduanya saling bergantung.



Gambar 47 : Blok diagram kayu dikotil, pada bagian melintang, radial dan tangensial

Adapun elemen xilem yang ada pada Angiospermae adalah :

- Trakea : adalah sel pengangkut air primer. Pembuluh kayu ini lebih pendek dan lebar dibanding dengan trakeid.
- Trakeid : sebagai pendukung dan sebagai pengangkut air
- Serat : tipe lain dari sel longitudinal, sebagai pendukung seperti sebagai penyimpan
- Parenkim jari-jari empulur: fungsi sama dengan jari- jari empulur pada Gymnospermae, yaitu sebagai penyimpan dan memproduksi serta sekresi tetapi bukan resin, karena resin hanya terdapat pada gymnospermae.

Pertanyaan:

- Pada kayu dikenal adanya lingkaran pertumbuhan dan lingkaran tahun, bagaimana lingkaran ini dapat terbentuk dan apa persamaan dan perbedaan keduanya? Lengkapi dengan gambar untuk menjelaskannya
- Kayu galih dan kayu suban ditemukan pada kayu, perbedaan keduanya dapat dilihat dari warna kayu. Apa perbedaan keduanya. Sebutkan.

- c. Kita kenal adanya kayu angiospermae dan kayu gymnospermae, meskipun tampak hampir sama, tapi sebenarnya berbeda. Jelaskan perbedaannya dengan menggunakan gambar 3 D.

Daftar Pustaka

- Campbell, et al., 2009, *Biology, Concepts and connection*, 6th ed, San Francisco : Pearson Education Inc.
- Curtis, Lersten, and Nowak 2002. *Dicot Leaf Cross-Sections* , costcher.edu.m, page 1 of 2,
- Essau, K. 1968., *Plant Anatomy*. 3th ed., London : Wiley.
- Evert, R.F., (2007), *Essau's Plant Anatomy, Meristems, cells, and Tissues of Plant Body-Their Structure, Function, and Development*, 3th ed., Canada : John Willey & Sons Inc.
- Farabee, MJ, 2006, *Plant and Their Structur*, [http://www.estrellamountain.edu/faculty/farabee/biobk/BioBook/ PLANTANAT](http://www.estrellamountain.edu/faculty/farabee/biobk/BioBook/PLANTANAT).
- Hidayat, E.B. , 1995, *Anatomi Tumbuhan Berbiji*, Bandung : Penerbit ITB
- Koning, Ross E. 1994. *Plant Basics*. *Plant Physiology Information Website*.
http://plantphys.info/plant_physiology/plantbasics1.shtml.(3-5-2011)
- Mortada,I., 2009, *A study in Pharmaceutical Botany & pharmacognosy dedicated for professionals & students*, <http://pharamcytimes.wordpress.com>
- Valenti, A., Marin Grgurev, Iva Dobrović (2000), *Botanički praktikum On Line*,
<http://www.botanic.hr/praktikum/home.htm>
- Russel, Wolfe, Hertz, and Starr (2008), *Biology: The Dynamic Science*, <http://www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e26/26d.htm>