



PROGRAM STUDI PENDIDIKAN BIOLOGI
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENGETAHUAN
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

ANATOMI TUMBUHAN

(Sel, Jaringan, dan Organ
Vegetatif Tumbuhan)

Salwa Zainum Muttaqin

2023



ANATOMI TUMBUHAN

(Sel, Jaringan, dan Organ Vegetatif pada Tumbuhan)

ISBN 978-623-8287-04-8



2023

Diterbitkan oleh:

UKI Press

Pusat Penerbitan dan Publikasi Universitas Kristen Indonesia

Jl. Mayjen Sutoyo No. 2, Cawang, Jakarta Timur

13630 – Indonesia

021-8092425

ANATOMI TUMBUHAN

(Sel, Jaringan, dan Organ Vegetatif pada Tumbuhan)

Salwa Zainum Muttaqin

Mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

ISBN 978-623-8287-04-8

Editor Naskah

1. Alexis Rachel Maria Rosauli Napitupulu
2. Priscilia Talabessy

Dipublikasikan pertama kali pada September 2023

UKI PRESS

Jakarta

2023

KATA PENGANTAR

Rasa syukur sentiasa penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan buku berjudul *Anatomi Tumbuhan*. Meskipun selama proses pembuatannya tak jarang penulis menghadapi hambatan dan rintangan, namun atas pertolongan-Nya penulis berhasil menyelesaikan buku ini tepat pada waktunya dan sebaik-baiknya. Adapun tujuan penyusunan buku ini yaitu untuk memberikan pengetahuan kepada pembaca mengenai berbagai informasi berkaitan dengan struktur anatomi tumbuhan serta fungsinya yang diuraikan dalam paragraf terdiri atas sel, jaringan, serta anatomi organ vegetatif tumbuhan meliputi akar, batang, dan daun tumbuhan.

Buku ini ditulis berdasarkan studi pustaka yang dilakukan secara daring (dalam jaringan) dan dilengkapi gambar-gambar untuk membantu pembaca dalam memvisualisasikan materi yang disampaikan. Ucapan terimakasih secara khusus penulis sampaikan kepada Ibu Prof. Dr. Marina Silalahi, M.Si. selaku dosen pengampu mata kuliah Anatomi dan Fisiologi Tumbuhan sebagai pembimbing yang membantu dan mengarahkan penulis selama proses penyusunan buku. Kemudian kepada keluarga tercinta dan teman-teman yang telah memberikan semangat tanpa henti.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kata sempurna dan banyak kekurangan. Saran dan kritik yang membangun untuk membantu perbaikan buku ini sangat penulis harapkan dari pembaca. Dengan demikian, semoga buku ini dapat bermanfaat bagi khalayak ramai dan pada khususnya mahasiswa yang sedang menempuh program studi Pendidikan Biologi. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Jakarta, 12 Mei 2023

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Tujuan Pembelajaran.....	1
1.2 Pendahuluan	1
1.3 Sejarah Penemuan Sel	2
1.4 Struktur Sel Tumbuhan	4
1.5 Mekanisme Pemiakan Sel Tumbuhan	21
Rangkuman	22
Evaluasi Pembelajaran	23
Kunci Jawaban	23
Referensi	25
BAB II JARINGAN TUMBUHAN.....	26
2.1 Tujuan Pembelajaran.....	26
2.2 Pendahuluan	26
2.3 Jaringan Meristem	26
2.3.1 Jaringan Meristem Berdasarkan Asal Pembentuknya.....	27
2.3.2 Jaringan Meristem Berdasarkan Letaknya.....	30
2.3.3 Jaringan Meristem Berdasarkan Fungsinya	32
2.4 Jaringan Dewasa.....	33
2.5 Jaringan Epidermis	34
2.6 Jaringan Dasar dan Jaringan Penyokong.....	35
2.6.1 Jaringan Parenkim.....	37
2.6.2 Jaringan Kolenkim	38

2.6.3	Jaringan Sklerenkim.....	39
2.7	Jaringan Pengangkut	40
2.7.1	Xylem.....	40
2.7.2	Floem	41
2.8	Jaringan Gabus	42
	Rangkuman	43
	Evaluasi Pembelajaran	44
	Kunci Jawaban	44
	Referensi	46
	BAB III ANATOMI AKAR	47
3.1	Tujuan Pembelajaran.....	47
3.2	Pendahuluan	47
3.3	Komponen Penyusun Akar Tumbuhan	49
3.4	Bentuk dan Struktur Akar	54
3.5	Sistem Perakaran	55
3.6	Sifat-Sifat Akar	60
3.7	Fungsi Akar	60
	Rangkuman	61
	Evaluasi Pembelajaran	62
	Kunci Jawaban	63
	Referensi	64
	BAB IV ANATOMI BATANG.....	65
4.1	Tujuan Pembelajaran.....	65
4.2	Pendahuluan	65
4.3	Struktur Anatomi Batang Tumbuhan	66
4.3.1	Jaringan Epidermis.....	66
4.3.2	Korteks	68
4.3.3	Endodermis (Jaringan Pengangkut)	68
4.3.4	Stele.....	72

4.4	Perbedaan Anatomi Batang Primer dan Sekunder	75
4.4.1	Anatomi Batang Primer	75
4.4.2	Anatomi Batang Sekunder	78
4.5	Anatomi Batang Dikotil, Monokotil, dan Gymnospermae	79
4.6	Fungsi Batang.....	81
4.7	Modifikasi Batang.....	82
	Rangkuman	86
	Evaluasi Pembelajaran	86
	Kunci Jawaban	87
	Referensi	88
	BAB V ANATOMI DAUN	89
5.1	Tujuan Pembelajaran.....	89
5.2	Pendahuluan	89
5.3	Struktur Anatomi Daun	91
5.3.1	Jaringan Epidermis.....	91
5.3.2	Jaringan Dasar.....	94
5.3.3	Jaringan Pembuluh.....	96
5.4	Fungsi Anatomi Daun	98
5.4.1	Fungsi Jaringan Epidermis.....	98
5.4.2	Fungsi Jaringan Kolenkim	99
5.4.3	Fungsi Jaringan Dasar.....	100
5.4.4	Fungsi Jaringan Pembuluh.....	100
5.5	Bagian-Bagian Daun	101
5.6	Fungsi Daun	102
5.7	Modifikasi Epidermis Daun	103
	Rangkuman	103
	Evaluasi Pembelajaran	104
	Kunci Jawaban	104
	Referensi	106

GLOSARIUM.....	107
DAFTAR PUSTAKA	110
BIODATA PENULIS	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Struktur Sel Tumbuhan	5
Gambar 1. 2 Struktur Dinding Sel Tumbuhan	6
Gambar 1. 3 Retikulum Endoplasma	8
Gambar 1. 4 Kloroplas	9
Gambar 1. 5 Vakuola pada Sel Tumbuhan	11
Gambar 1. 6 Membran Sel Tumbuhan.....	12
Gambar 1. 7 Nukleus	16
Gambar 1. 8 Mitokondria.....	19
Gambar 1. 9 Aparatus Golgi	20
Gambar 1. 10 Peroksisom	21
Gambar 2. 1 Daerah Pembelahan Primer Akar Tumbuhan	29
Gambar 2. 2 Meristem pada Ujung Akar dan Batang Tumbuhan	30
Gambar 2. 3 Pertumbuhan Sekunder pada Batang	31
Gambar 2. 4 Meristem Interkalar pada Batang Tumbuhan Monokotil.....	32
Gambar 2. 5 Sistem Jaringan Meristem pada Tumbuhan	33
Gambar 2. 6 Jaringan Dewasa pada Irisan Daun Tumbuhan	34
Gambar 2. 7 Jaringan Epidermis pada Daun Tumbuhan	35
Gambar 2. 8 Struktur Jaringan Parenkim pada Tumbuhan.....	38
Gambar 2. 9 Jaringan Kolenkim pada Tumbuhan	39
Gambar 2. 10 Jaringan Sklerenkim pada Tumbuhan.....	40
Gambar 2. 11 Struktur Jaringan Xylem	41
Gambar 2. 12 Struktur Jaringan Floem.....	42
Gambar 2. 13 Struktur Jaringan Gabus.....	43
Gambar 3. 1 Penampang Melintang dan Membujur Akar	49
Gambar 3. 2 Anatomi Struktur Akar dan Rambut Akar	51
Gambar 3. 3 Secara Berurutan dari Kiri ke Kanan yaitu Jaringan Parenkim, Sklerenkim, dan Kolenkim	52
Gambar 3. 4 Struktur Jaringan Endodermis Akar Tumbuhan	53
Gambar 3. 5 Bagian-Bagian Akar Tumbuhan	55
Gambar 3. 6 Anatomi Akar Serabut.....	58
Gambar 3. 7 Anatomi Akar Tunggang.....	59
Gambar 4. 1 Struktur Anatomi Batang pada a) Tumbuhan Dikotil dan b) Tumbuhan Monokotil	66
Gambar 4. 2 a) Kutikula dan b) Lentisel pada Batang.....	68
Gambar 4. 3 Jaringan Pengangkut Xylem dan Floem	69
Gambar 4. 4 Struktur Sel pada Jaringan Xylem	70
Gambar 4. 5 Struktur Sel pada Jaringan Floem	71

Gambar 4. 6 Penampang Stele	72
Gambar 4. 7 Penampang Melintang Batang a) Dikotil dan b) Monokotil....	80
Gambar 5. 1 Trikoma	93
Gambar 5. 2 Bagian-Bagian Stomata.....	94
Gambar 5. 3 Struktur Jaringan Dasar pada Daun	95
Gambar 5. 4 Sel Pengangkut Air pada Xylem (Trakeid dan Unsur Pembuluh)	97
Gambar 5. 5 Sel Pengangkut pada Floem (Anggota Pembuluh Tapis)	98
Gambar 5. 6 Jaringan Kolenkim Daun	100

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Tabel Perbedaan Proses Pengangkutan Xylem dan Floem.....	72
---------------------------------------------------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Tujuan Pembelajaran

Adapun tujuan pembelajaran yang ingin dicapai dalam bab ini yaitu:

1. Menjelaskan struktur sel tumbuhan,
2. Menjelaskan struktur organel khusus yang terdapat pada sel tumbuhan meliputi dinding sel, plastida, vakuola, peroksisom, dan glioksisom.

1.2 Pendahuluan

Ilmu anatomi dan fisiologi tumbuhan merupakan salah satu cabang ilmu botani dalam lingkup biologi yang sejatinya mengkaji berbagai cakupan mulai dari struktur dan fungsi bagian-bagian tumbuhan. Lebih lanjut diketahui bahwa ilmu anatomi tumbuhan mempelajari mulai dari organ tumbuhan, struktur jaringan, hingga organel sel dalam tumbuhan. Sedangkan ilmu fisiologi tumbuhan mempelajari fungsi dari organ tumbuhan, struktur jaringan, hingga organel sel dalam tumbuhan termasuk proses kimiawi yang terjadi di dalam sel. Memahami ilmu anatomi dan fisiologi tumbuhan dapat berperan dalam pemanfaatan tumbuhan yang lebih berkembang, seperti tumbuhan sebagai bahan pembuatan kertas, tumbuhan dalam bidang hortikultura dan pertanian, ilmu pangan, bidang arsitektur, bidang kehutanan, dan bidang farmasi.

Tumbuhan merupakan organisme multiseluler yang tersusun atas berbagai sel sebagai unit penyusun makhluk hidup secara struktural dan fungsional. Berdasarkan urutan tingkat organisasi kehidupan, maka dapat diketahui bahwa sel berada di tingkat ketiga. Di bawah ini adalah urutan tingkatan organisasi makhluk hidup dari yang terkecil:

Molekul → Organel → Sel → Jaringan → Organ → Sistem organ → Organisme atau individu → Populasi → Komunitas → Ekosistem → Bioma → Biosfer.

Sel pada tumbuhan memiliki karakteristik yang sangat berbeda jika dibandingkan dengan sel hewan maupun sel pada manusia. Tumbuhan sebagai penghasil oksigen (O_2) dalam proses fotosintesis memiliki sel yang berperan dalam proses membuat makanan. Sel pada tumbuhan terdiri atas berbagai organel penyusun sel antara lain: dinding sel, sitoplasma, membran plasma, retikulum endoplasma, aparatus golgi, vakuola, peroksisom dan glioksisom, rangka sel (sitoskeleton), ribosom, mitokondria, plastida, dan nukleus.

Secara umum, sel tumbuhan berfungsi dalam berbagai proses kehidupan dan aktivitas tumbuhan seperti, berperan langsung dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan, sel tumbuhan sebagai tempat penyimpanan dan pembawa sifat genetik yang diturunkan dari induk ke sel anak, dan menyusun serta menjaga bentuk tubuh tumbuhan. Berbagai peran sel tumbuhan tersebut dapat terjadi akibat pembentukan jaringan yang tersusun atas kumpulan sel dengan fungsi dan bentuk yang sama sehingga terjadi interaksi dan komunikasi antarsel tumbuhan untuk menjalankan tugas dan perannya masing-masing. Peran sel tumbuhan di setiap bagian tubuh tumbuhan dapat berbeda satu sama lain sesuai kebutuhannya.

1.3 Sejarah Penemuan Sel

Robert Hooke (1667) pertama kali menciptakan istilah "sel" setelah mengamati sayatan gabus menggunakan mikroskop yang ditemukan pada zaman itu. Dari hasil pengamatannya, Hooke melihat ruangan-ruangan kecil yang kemudian ia sebut "cella" dalam bahasa Indonesia berarti kamar kecil. Perkembangan ilmu pengetahuan seringkali mengikuti penciptaan alat-alat baru yang memungkinkan indera manusia diperluas dan mencapai batas-batas penemuan baru. Pada abad ketujuh belas, perkembangan mikroskop dan studi awal sel berjalan beriringan. Jadi, sejarah penemuan sel dan perkembangan mikroskop tidak dapat dipisahkan.

Pada abad ke-17, Galileo Galilei (abad ke-17) menggambarkan struktur tipis dari mata serangga menggunakan alat dua lensa. Galilei bukanlah ahli biologi pertama yang mendokumentasikan temuan dari pengamatan di bawah mikroskop. Penamaan sel sendiri berasal dari pengamatan yang dilakukan Robert Hooke (1635–1703), ia melihat sebuah kompartemen atau ruang-ruang dari sayatan gabus tipis yang ia sebut dengan bahasa Latin “cellulae” artinya ruangan kecil. Kemudian untuk mengamati perbedaan spermatozoa, bakteri, dan protista, Anton van Leeuwenhoek (24 Oktober 1632–26 Agustus 1723) menggunakan lensa. Dengan tujuan dapat lebih fokus dalam mengamati sel, Robert Brown (1733-1858) menciptakan sebuah lensa pada tahun 1820. Ini menjadi awal mula penemuan nukleus berdasarkan temuan bintik buram yang selalu ditemukan pada sel serbuk sari, sel dari jaringan anggrek, dan sel telur. Sehingga disimpulkan bahwa bintik buram tersebut adalah nukleus.

Pada tahun 1838, ahli botani Matthias Schleiden dan ahli biologi Theodor Schwann memiliki ketertarikan yang sama yaitu mengenai persamaan antara struktur jaringan tumbuhan dan hewan. Mereka mengemukakan bahwa semua organisme terbentuk dari sel dan sel merupakan unit struktural makhluk hidup. Semua tumbuhan dan hewan, menurut H.J. Dutrochet (1824), terdiri dari sel-sel kecil berbentuk gelembung. Felix Dujardin (1835) menyatakan bahwa protoplasma yang disebut Hugo Van Mohl (1846) dan Johannes Purkinje (1840) sebagai isi sel adalah cairan. Hugo von Mohl dan Karl Nugeli melakukan penelitian tentang pembelahan sel pada tahun 1835. Mereka sampai pada kesimpulan bahwa terjadi pembelahan pada inti sel dan plasma sel untuk menghasilkan dua (2) sel anak.

Dengan menggunakan istilah *omnis cellula*, R. Virchow (1859) sampai pada kesimpulan bahwa sel pertama kali berkembang dari sel yang sudah ada. Materi genetik (keturunan) diturunkan dari satu generasi ke generasi berikutnya

melalui pembelahan sel. Menurut E. Strasburger dan W. Flemming (1870), inti sel memastikan kelangsungan hidup suatu spesies dari satu generasi ke generasi berikutnya. Flemming menyadari bahwa pembelahan sel disebut mitosis. O. Hertwig (1875) menunjukkan bahwa embrio atau generasi baru muncul ketika nukleus spermatozoa pertama kali melebur dengan nukleus ovum. Protoplasma adalah landasan material dari semua kehidupan. Di dalam sel, protoplasma dipisahkan atas dua area berbeda dalam unit sel yaitu:

1. Sitoplasma (plasma sel)
2. Nukleoplasma atau karioplasma

1.4 Struktur Sel Tumbuhan

Sel tumbuhan merupakan kelompok sel eukariotik sama seperti sel pada hewan. Perbedaan yang paling mencolok antara sel tumbuhan dan sel hewan adalah ukuran sel tumbuhan lebih besar dari sel hewan, sel tumbuhan berbentuk tetap dan kaku, dinding sel tumbuhan tersusun atas selulosa, pada sel tumbuhan terdapat organel vakuola berukuran besar sebagai tempat menyimpan makanan dalam bentuk butiran (granula) atau pati, dan pada sel tumbuhan terdapat plastida yang tidak dimiliki sel pada tubuh hewan. Serta terdapat peroksisom, glioksisom, dan nukleus berukuran kecil pada sel tumbuhan. Karena tumbuhan melakukan proses fotosintesis sehingga fungsi utama dari sel tumbuhan ialah sebagai sel fotosintetik dan sel absorptif. Unsur karbon sebagai hasil dari fotosintesis bersumber dari kloroplas yang banyak terdapat pada sel fotosintetik. Sedangkan kebutuhan hara dan mineral yang dibutuhkan tumbuhan dipenuhi oleh sel absorptif. Berikut ini adalah organel-organel yang menyusun struktur sel tumbuhan.

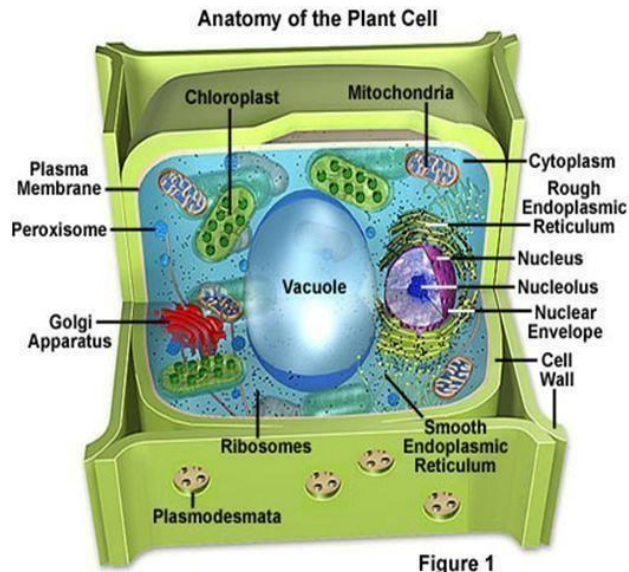


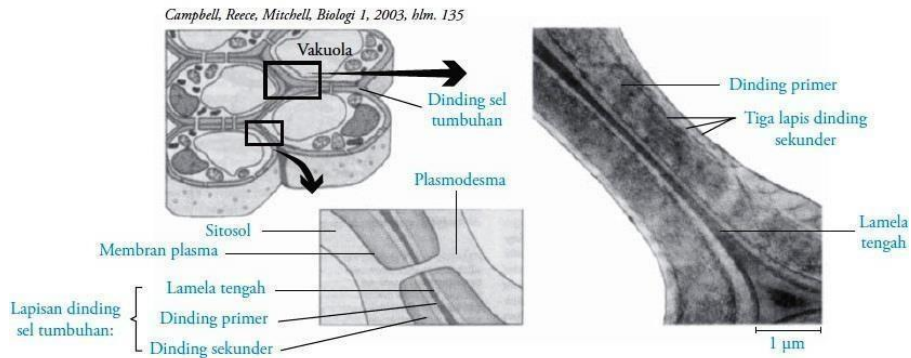
Figure 1

Gambar 1. 1 Struktur Sel Tumbuhan

1. Dinding Sel

Dinding sel merupakan organel yang hanya terdapat pada sel tumbuhan, oleh karena itu sel tumbuhan dikatakan berbentuk tetap dan bersifat kaku. Selain berperan dalam bentuk sel, dinding sel berfungsi sebagai pelindung karena merupakan organel terluar sel, dan sebagai penguat sel. Ketebalan dinding sel yang dimiliki sel tumbuhan secara umum berbeda antara satu dengan yang lainnya, namun ketebalan dinding sel dapat dipengaruhi usia sel itu sendiri. Biasanya lapisan dinding sel tipis terdapat pada sel yang masih muda, sedangkan sel yang dewasa memiliki dinding sel yang relatif lebih tebal. Namun ada juga dinding sel yang tidak mengalami penebalan. Berdasarkan perkembangan dan strukturnya, dinding sel dapat dibedakan menjadi dinding sel primer, lamela tengah, dan dinding sel sekunder. Secara umum sel tumbuhan memiliki dinding sel primer dan lamela tengah, sedangkan dinding sel sekunder hanya dimiliki sel yang mengalami penebalan dinding sel. Fungsi dari dinding sel adalah untuk memberikan

kekuatan mekanik sel sehingga dapat mempertahankan bentuknya, menyerap air, dan mentransfer air maupun zat lain yang terlarut di dalamnya ke protoplas.



Gambar 1. 2 Struktur Dinding Sel Tumbuhan

a. Dinding Sel Primer

Adalah lapisan dinding sel awal yang terbentuk saat pembelahan sel atau selama pembentangan sel. Lapisan dinding sel primer tipis dengan tebal berukuran sekitar 1–3 μm , terdiri dari 9–25% selulosa, 25–50% hemiselulosa 1-3 m, lapisan dinding sel utama terdiri dari 9–25% selulosa dan 25–50% hemiselulosa. Dinding sel primer umumnya terdapat dalam sel meristematik.

b. Lamela Tengah

Adalah lapisan antara dua sel yang saling berdekatan. Untuk memfasilitasi pergerakan antara sel dan modifikasi yang diperlukan sebelum sel dapat memperoleh ukuran dan bentuknya yang matang, lapisan ini terutama terdiri dari air dan senyawa pektin yang bersifat koloid dan plastis (mudah dibentuk).

c. Dinding Sel Sekunder

Adalah lapisan yang ditambahkan setelah proses pembentangan dinding sel selesai. Komponen utama yang menyusun dinding sel

sekunder yaitu selulosa (41–45%), 30% hemiselulosa, dan 22-28% lignin. Karena lignin lebih kaku daripada selulosa, lapisan ini tidak mudah dihancurkan dan dapat mempertahankan bentuknya.

2. Protoplas

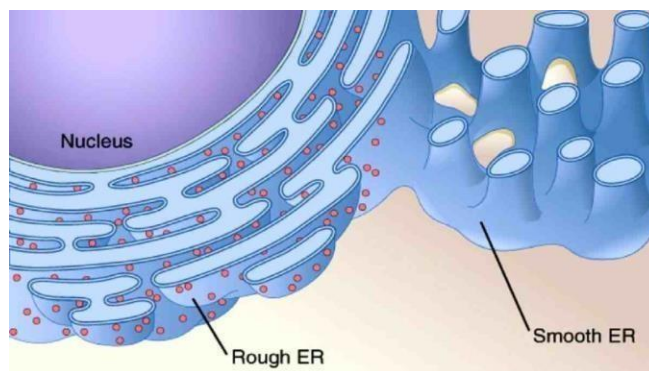
Organel selanjutnya yang terdapat pada sel tumbuhan adalah protoplas dengan berbagai kandungan senyawa anorganik di dalamnya. Di dalam protoplas, terdapat koloid tidak berwarna yang mengandung butiran (granula) dan tetesan kecil. Butiran-butiran tersebut yang terkandung di dalam protoplas menjadi indikator suatu sel dikatakan hidup atau mati yang disebut dengan gerak Brown. Bagian protoplas diselubungi oleh membran sel secara menyeluruh yang berbatasan langsung dengan dinding sel.

Adapun komposisi protoplas tersusun atas air sebanyak 10–90% serta unsur organik meliputi (karbohidrat, lemak, protein, asam nukleat, fosfatida, dan berbagai unsur kimia termasuk berbagai ion anorganik atau dalam berbagai ikatan. Membran berbasis lipoprotein yang menutupi protoplas terdiri dari dua lapisan protein monomolekul dan dua lapisan fosfolipid bimolekul. Sererosid, kolesterol, dan fosfolipid juga terdapat dalam lapisan membran yang membatasi protoplas. Karena bersifat permeabilitas variabel, membran ini dapat melarutkan beberapa senyawa kimia di dalamnya sementara yang lain tidak dapat melewatinya.

3. Retikulum Endoplasma

Retikulum endoplasma adalah istilah yang diberikan untuk komponen utama dari struktur yang dapat diamati dan terdiri dari tabung anyaman pipa bermembran. Retikulum endoplasma berstruktur mirip kantung-kantung berlapis yang disebut cisternae. Berdasarkan ada tidaknya butir-butir

ribosom yang terletak di permukaannya, retikulum endoplasma dibedakan menjadi dua (2): kasar dan halus. Retikulum endoplasma memiliki ribosom atau poliribosom yang membuatnya kasar. Lepasnya ribosom dari permukaan RE dapat mengubah RE kasar menjadi RE halus. Retikulum endoplasma bertanggung jawab untuk mengangkut atau mengeluarkan lipid atau gula, menghasilkan protein, sintesis lemak, dan senyawa organik lainnya. Selain itu, dapat mengangkut protein dan enzim tertentu melalui membran plasma dan keluar dari sitoplasma selama sekresi adalah fungsi lain dari retikulum endoplasma.



Gambar 1. 3 Retikulum Endoplasma

a. Retikulum Endoplasma Kasar

Pada permukaan RE kasar dapat ditemukan butir-butir ribosom yang menempel. Ribosom yang menempel pada RE kasar seperti juga ribosom bebas, yakni tersusun berkelompok dan melingkarlingkar. RE kasar mudah dijumpai pada sel-sel kelenjar, terkhusus banyak dijumpai pada sel kelenjar yang aktif mensintesis sekretnya. Karena banyaknya RE kasar menyebabkan warnanya tampak basofil.

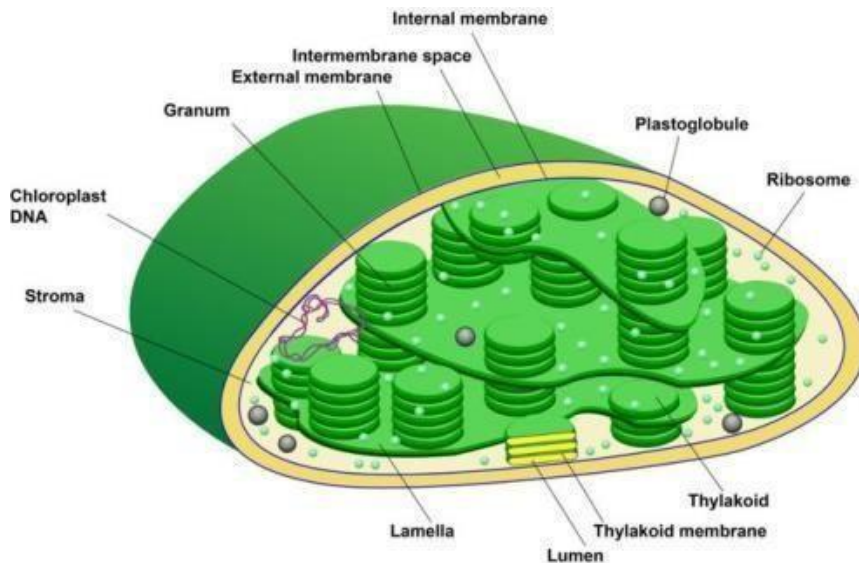
b. Retikulum Endoplasma Halus

Jenis sel yang berbeda mempengaruhi variasi jumlah RE halus pada sel. Di beberapa jenis sel, RE halus akan tampak sangat menonjol

dibanding RE kasar. RE halus tidak dapat diamati dengan mikroskop cahaya namun akan mudah dilihat menggunakan mikroskop elektron.

4. Plastida

Sitoplasma pada sel eukariotik mengandung plastida yang di dalamnya terdapat membran ganda dan berpigmen hijau. Proplastida adalah sumber dari semua jenis plastida, termasuk kloroplas. Proplastida yang mengandung organel tidak berwarna. Sel tumbuhan yang tumbuh di lingkungan gelap atau terang dan memiliki sedikit atau tidak ada membran dalam dikenal sebagai proplastida. Kandungan DNA dan ribosom yang membrannya terendam dalam cairan matriks pada plastida disebut stroma. Selain itu, plastida dibedakan menjadi tiga jenis antara lain leukoplas, kloroplas, dan kromoplas.



Gambar 1. 4 Kloroplas

a. Leukoplas

Merupakan plastida berwarna putih yang berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan atau protein. Leukoplas yang

disebut dengan amiloplas mengandung dua atau lebih bulir pati. Sedangkan di dalam leukoplas yang tersusun atas amio plas berfungsi sebagai tempat penyimpanan amilum, elaioplas (lipidoplas) sebagai tempat menyimpan lemak atau minyak.

b. Kloroplas

Adalah plastida yang memiliki warna hijau dan mengandung klorofil. Keragaman bentuk kloroplas dipengaruhi perbedaan spesies tumbuhan. Di dalamnya terdapat tilakoid sebagai tempat berlangsungnya proses fotosintesis dan stroma sebagai tempat penyimpanan hasil fotosintesis. Di dalam kloroplas juga terdapat sistem membran disebut dengan tilakoid dan grana yaitu membran yang saling menumpuk dan tersambung satu sama lain. Adapun grana yang terendam terkandung dalam stroma.

c. Kromoplas

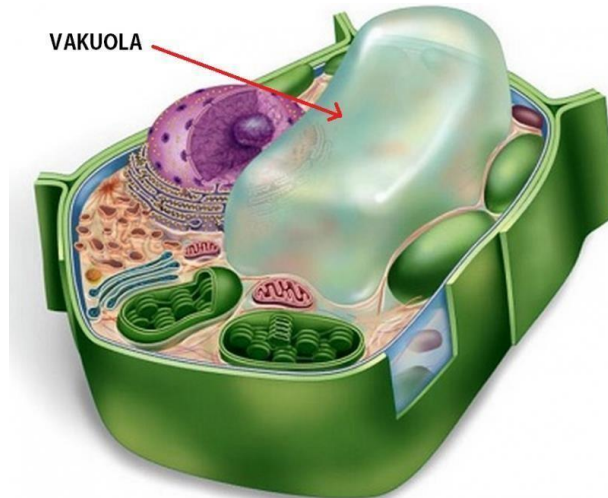
Di dalamnya mengandung beberapa pigmen tumbuhan. Pada kromoplas terdapat pigmen berwarna kuning yaitu karoten, pigmen berwarna biru yaitu fikodanin, fikosantin pigmen berwarna kuning, dan pigmen berwarna merah yaitu fikoeritrin.

5. Vakuola

Vakuola yang dimiliki sel tumbuhan cenderung berukuran besar dan terdapat membran tunggal (tonoplasma) yang mengelilinginya. Berbagai zat yang terkandung dalam vakuola antara lain air, fenol, antosianin, alkaloid, dan protein. Vakuola umumnya berperan sebagai tempat menyimpan berbagai senyawa organik, tempat penyimpanan pigmen, selain itu sebagai tempat pembuangan produk samping hasil metabolisme yang berbahaya bagi tumbuhan, serta berperan dalam turgiditas. Vakuola memiliki bentuk bulat berongga, di

dalamnya mengandung senyawa kimia tertentu atau produk sisa hasil metabolisme sel yang menghasilkan berbagai jenis zat sesuai dengan jenis selnya.

Contohnya vakuola dapat mengandung garam nitrat pada tumbuhan tembakau, dapat juga berisi tanin yang terdapat pada sel kulit kayu, berisi minyak eteris pada jenis tumbuhan kayu putih dan mawar, berisi senyawa terpening pada tumbuhan damar, adapula senyawa kinin di dalam vakuola tumbuhan kina, vakuola mengandung nikotin pada tembakau, terdapat likopersin pada vakuola yang dimiliki tomat, serta senyawa piperin di vakuola yang terdapat pada tumbuhan lada. Vakuola berfungsi sebagai wadah yang menyimpan air sehingga ukurannya semakin besar dan bergabung dengan vakuola-vakuola lainnya dalam proses pembelahan sel yang berlangsung pada tumbuhan.

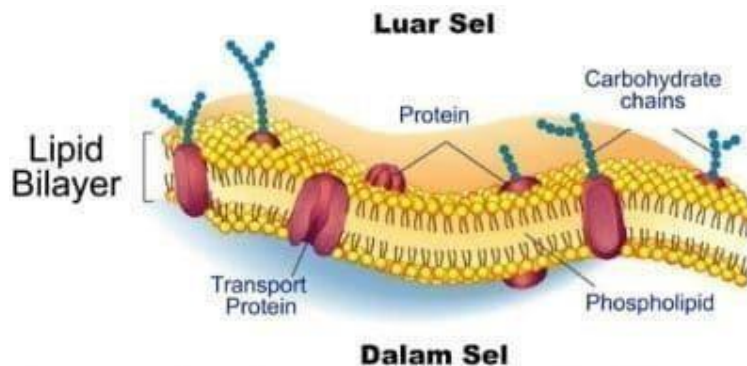


Gambar 1. 5 Vakuola pada Sel Tumbuhan

6. Membran Sel

Membran sel merupakan bagian struktur terluar pada sel tumbuhan. membran sel memisahkan antara lingkungan di luar sel dan lingkungan di dalam sel sehingga sel dapat bertahan hidup. membran sel

sering disebut juga sebagai membran plasma. membran sel berupa lapisan yang sangat tipis sehingga hanya bisa diamati menggunakan mikroskop elektron. Membran sel tersusun atas lapisan lemak (lipid) dan protein dengan ketebalan membran sel sekitar 8 nm. Gabungan senyawa lipid dan protein pada membran sel disebut senyawa kimia lipoprotein. Selain itu, membran sel dengan lapisan yang bersifat dinamis dan asimetris tercipta dari keberadaan sedikit makromolekul karbohidrat. Bersifat dinamis artinya struktur membran sel cenderung fluida (zat cair) sehingga memberikan akses pergerakan bagi lipid dan protein. Bersifat asimetris artinya komposisi lapisan lipoprotein yang terdapat pada struktur atas dan bawah membran sel tidak sama. Keberadaan komponen molekul tersebut menciptakan matriks lapisan fosfolipid bilayer yang strukturnya telah disisipi protein membran.



Gambar 1. 6 Membran Sel Tumbuhan

Adapun fungsi membran sel adalah sebagai berikut.

a. Kompartemenisasi

Membran sel membatasi dan menyelubungi suatu ruang dalam suatu lapisan (kompartemen) yang tidak terputus dan terus menerus. Membran sel membungkus seluruh bagian dalam sel, selain itu ada juga membran nukleus yang membatasi inti sel dengan ruang-ruang

di sitoplasma. Karena sel memiliki kantong berisi cairan, menggabungkan cairan dari ruang ini akan berbahaya bagi sel itu sendiri. Dengan demikian pemisahan di dalam sel sangatlah penting.

b. Interaksi antarsel

Pada organisme multiseluler, interaksi antarsel diatur oleh membran sel. Organ tubuh biasanya terdiri dari berbagai jenis sel yang harus bekerjasama untuk menjalankan tugasnya secara keseluruhan. Terlepas dari di mana sel tersebut telah digunakan, membran sel memungkinkan sel untuk berkomunikasi satu sama lain dan selanjutnya bertukar substansi dan informasi.

c. Perubahan energi

Membran sel memiliki fungsi penting bagi kehidupan dalam proses perubahan energi yang terjadi dari satu jenis menjadi jenis energi yang lain. Selama kehidupannya, sel tumbuhan memiliki kemampuan untuk mengubah energi matahari menjadi energi kimia yang ditemukan dalam karbohidrat merupakan. Hal mendasar itulah yang menjadi penting bagi semua kehidupan karena dari hasil fotosintesis yang dilakukan tumbuhan menjadi sumber kehidupan di bumi.

d. Transfer informasi

Membran sel berfungsi menjembatani pertukaran informasi dari satu sel ke sel yang lain. Ligand adalah partikel atau bahan kimia yang dapat bergabung dengan reseptor berbasis membran. Hormon, faktor pertumbuhan, dan neurotransmitter adalah ligand yang paling banyak diteliti karena semuanya berikatan dengan membran sel tanpa menembusnya. Interaksi ligand pada bagian luar sel dengan reseptor pada membran sel dapat menghasilkan rangsangan baru

yang penting dalam mengatur berbagai aktivitas sel yang berbeda.

e. Penyediaan enzim

Adenilsiklase adalah sistem enzim yang umumnya ditemukan di membran. Sel darah merah adalah satu-satunya jaringan mamalia yang di dalamnya tidak terdapat adenilsiklase. Adenilsiklase yang diaktifkan di dalam sel menghasilkan konversi ATP menjadi adenosine monofosfat siklik (cAMP). Respons fisiologis sel kemudian dipengaruhi oleh peningkatan jumlah cAMP di dalam sel. Misalnya, sistem enzim menjadi aktif, permeabilitas membran berubah menjadi zat tertentu, terjadi sintesa atau sekresi hormon, dan terjadi sintesis protein.

f. Membran sel sebagai perantara

Permeabilitas selektif menggambarkan kemampuan membran plasma untuk mengizinkan zat tertentu masuk atau keluar dari sel tetapi juga menghambat pergerakan atau lewatnya zat-zat tertentu.

7. Sitoskeleton

Sitoskeleton adalah kerangka sel yang tersusun atas jaring berkas-berkas protein berbentuk halus (*filament*) pada sitoplasma. Adapun sitoskeleton terbagi menjadi tiga jenis, yaitu mikrotubulus, mikrofilamen, dan filamen intermediet. mikrotubulus merupakan sitoskeleton berbentuk tabung yang tersusun atas mikrotubulin. Mikrofilamen merupakan sitoskeleton yang strukturnya fleksibel, terdiri dari filamen aktin yang berfungsi sebagai pembentuk permukaan membran, dan memiliki bentuk jaring atau gel. Kemudian filamen intermediet memiliki bentuk serta seperti tali dan bertugas sebagai pemberi kekuatan mekanik pada membran sel.

8. Sitoplasma

Sitoplasma ialah cairan di dalam sel yang terletak di antara nukleus dan membran plasma (membran sel). Adapun sitoplasma tersusun atas dua komponen yaitu sitosol dan organel-organel. Sitosol merupakan komponen cair (zat cair) yang terdapat pada sitoplasma dan mengelilingi organel. Komposisi air yang terdapat pada sitosol yaitu 70-90% yang di dalamnya juga mengandung zat-zat terlarut tertentu, misalnya protein, lipid, karbohidrat, maupun zat sisa lainnya. Fungsi dari sitosol adalah sebagai tempat berlangsungnya reaksi kimiawi di dalam sel. Di bawah ini merupakan fungsi dari sitoplasma:

- a. Tempat terjadinya reaksi kimia.
- b. Tempat penyimpanan berbagai zat kimia sebagai proses metabolisme sel.
- c. Melarutkan protein dan senyawa yang terdapat di dalam sel.
- d. Sebagai zat perantara molekul dari luar sel ke dalam sel menuju organel atau inti sel.

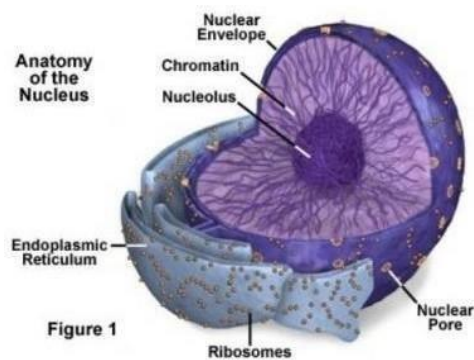
9. Nukleus

Sel eukariotik mengandung salah satu organel yang disebut nucleus atau inti sel. Kromosom, DNA, dan jenis protein lainnya termasuk komponen genetik yang ditemukan di dalam nukleus. Pada umumnya setiap sel memiliki satu nukleus, namun beberapa sel, seperti sel parenkim hati dan sel otot jantung, memiliki lebih dari satu nukleus. Sedangkan pada sel eritrosit dan trombosit adalah contoh sel yang tidak memiliki nukleus. Sel dengan lebih dari satu nucleus biasanya terdiri dari makronukleus dan mikronukleus. Nukleus mengandung materi genetik selain cairan yang dikenal sebagai nukleoplasma dengan komposisi menyerupai sitoplasma. Membran nukleus, nukleoplasma,

kromosom, dan nukleolus (anak inti) membentuk struktur nukleus.

a. Membran Inti (Membran Nukleus)

Membran inti melindungi inti sel (nukleus) sehingga disebut juga membran nukleus. Selain itu, membran inti hanya terdapat pada sel eukariotik. Membran luar, ruang perinuklear, dan membran dalam membentuk membran inti secara keseluruhan. Retikulum endoplasma kasar sering melekat dan terhubung dengan membran luar. Pori-pori yang terletak di membran nukleus berfungsi sebagai saluran bagi molekul yang bergerak antara sitoplasma dan nukleus. Sebagian besar molekul ini adalah mRNA yang digunakan dalam sintesis protein. Transkripsi gen juga dapat dilakukan di dalam inti



Gambar 1. 7 Nukleus

sel, yang prosesnya berbeda dengan transkripsi di sitoplasma. Inti sel mengatur ekspresi gen dan mereplikasi DNA di dalam sel. Selain itu, inti sel juga berperan sebagai sistem yang mengendalikan metabolisme sel, tempat menyimpan informasi genetik, mengatur siklus sel, serta sebagai tempat berlangsungnya replikasi dan transkripsi.

b. Anak Inti (Nukleolus)

Dikenal sebagai "anak inti", nukleolus adalah "noda" substansial

yang ditemukan di dalam inti sel. Nukleolus, yang terkadang disebut sebagai sub organel, tidak dikelilingi oleh membran. Fosfoprotein, ortofosfat, DNA, dan enzim merupakan komponen yang membentuk nukleolus. Produksi rRNA dan pembentukan ribosom menjadi salah satu peran utama nukleolus. Aktivitas nukleolus mempengaruhi strukturnya. Nukleolus berkurang atau hilang jika sintesis rRNA dihentikan. Akibatnya, nukleolus bukanlah organel yang tetap.

c. Kromatin

Butiran basofil dapat dikenali dalam inti sel karena terdapat kromatin di dalamnya. Karena adanya molekul DNA yang menyusun kromatin, pewarnaan HE membuatnya tampak biru oleh hematoxylin. Terdapat perbedaan dalam ukuran dan distribusi butiran kromatin untuk setiap jenis sel. Hal tersebut berkaitan dengan fakta bahwa tidak semua jenis sel melalui proses sintesis protein yang sama.

d. Nukleoplasma

Cairan bening dan kental yang disebut nukleoplasma ditemukan di dalam inti sel (nukleus). Kromatin, butiran, nukleoprotein, dan zat kimia kompleks semuanya ditemukan di nukleoplasma. Saat sel membelah, benang kromatin yang dikenal sebagai kromosom menebal, memendek, dan siap menyerap warna.

e. Kromosom

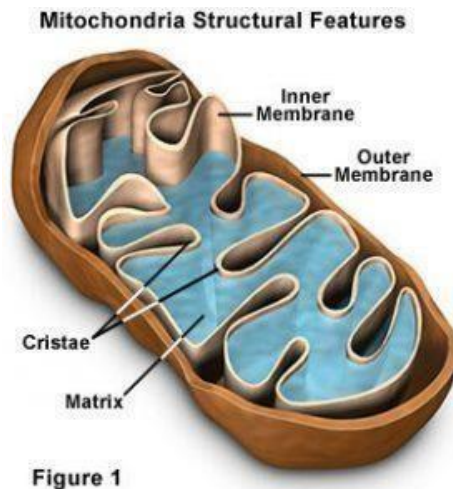
Inti sel mengandung banyak gen dari DNA yang tersusun dan membentuk struktur yang disebut kromosom.

10. Mitokondria

Mitokondria merupakan organel yang berfungsi sebagai tempat terjadinya respirasi pada makhluk hidup tak terkecuali tumbuhan. Istilah respirasi dalam kajian ini berarti proses perombakan (katabolisme) dengan tujuan menghasilkan energi bagi proses kehidupan makhluk hidup. Oleh karena itu, mitokondria dikatakan sebagai organel pembangkit energi bagi sel. Selain itu, dikemukakan bahwa organel mitokondria banyak dijumpai pada sel yang aktif melakukan metabolisme yang membutuhkan ATP dalam jumlah banyak seperti pada sel otot jantung. Sehingga dapat disimpulkan variasi mitokondria baik jumlah dan bentuknya dapat dikelompokkan berdasarkan letak sel pada tubuh makhluk hidup.

Mitokondria tersusun atas empat komponen utama, yaitu membran luar, membran dalam, ruang antarmembran, dan matriks yang letaknya pada bagian dalam membran. Membran luar mitokondria terbentuk atas senyawa lipid dan protein serta protein porin yang menyebabkan membran luar bersifat permeabel terhadap molekul kecil berukuran sekitar 600 Dalton. Membran dalam mitokondria berperan penting dalam proses sintesis ATP yang menghasilkan energi, tempat terjadinya reaksi fosforilasi oksidatif, dan transport protein sebagai pengatur pergerakan metabolit keluar dan masuk dari matriks melalui membran dalam. Berbagai reaksi penting bagi kelangsungan hidup sel, contohnya siklus Krebs, reaksi oksidasi asam amino, dan reaksi oksidasi asam lemak terjadi di ruang antarmembran yang letaknya terdapat di antara membran luar dan membran dalam mitokondria. di dalam mitokondria juga terdapat cairan yang berisi materi genetik seperti DNA mitokondria (mtDNA), ribosom, ATP, DP, fosfat inorganik, serta

macam-macam ion antara lain magnesium, kalsium, dan kalium. semua molekul zat senyawa tersebut berada di matriks mitokondria.

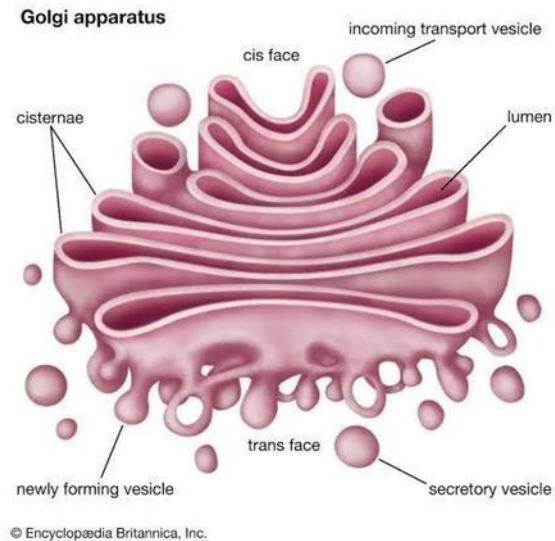


Gambar 1. 8 Mitokondria

11. Aparatus Golgi

Aparatus golgi atau yang lebih dikenal dengan badan golgi merupakan organel berbentuk kantong-kantong khusus yang terdapat pada sel eukariotik. Teori aparatus golgi pertama kali dikemukakan pada akhir abad ke-19 oleh Camillo Golgi seorang ahli sitologiawan Italia. Adapun fungsi dari apparatus golgi antara lain: (a) membungkus bahan-bahan sekresi sebelum dibebaskan dari sel, (b) tempat mematangkan protein yang sebelumnya disintesa oleh ribosom dari RE, (c) tempat terjadinya sintesa polisakarida tertentu dan glikolipid, (d) memilih protein untuk berbagai area di dalam sel, (e) meningkatkan jumlah membrane baru bagi membran plasma, dan (6) mematangkan berbagai bagian membran plasma yang sebelumnya melalui sitosol selama endositosis. Selain beberapa fungsi di atas, badan golgi memiliki peranan dalam berbagai proses seluler yang beragam namun utamanya

adalah dalam proses sekresi.



Gambar 1. 9 Aparatus Golgi

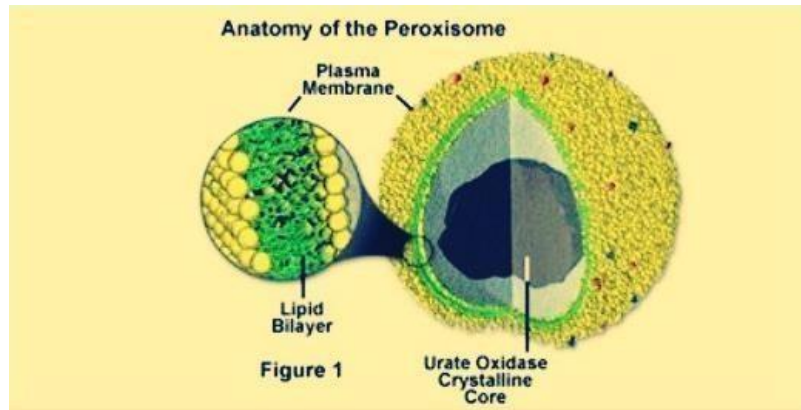
12. Ribosom

Berdasarkan letaknya, ribosom di dalam sel dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu ribosom bebas (ribosom yang letaknya tersebar di sitoplasma) dan ribosom terikat (ribosom yang melekat pada retikulum endoplasma). Ditinjau dari struktur dan komponen penyusunnya, ribosom bebas dan ribosom terikat adalah dua organel yang sama serta memiliki tugas yang sama yaitu sintesa protein.

13. Peroxisom

Peroxisom merupakan organel sel tumbuhan penghasil enzim katalase melalui reaksi kimia yang bertujuan mengubah senyawa peroksida air (H_2O_2) menjadi oksigen dan air ($H_2O_2 \rightarrow O_2 + H_2O$). Produk sampingan dari metabolisme sel yang disebut hidrogen peroksida berpotensi merusak sel. Selain itu, perioxisom terlibat dalam transformasi lipid menjadi karbohidrat. Peroxisom dapat ditemukan di

berbagai jenis sel tumbuhan.



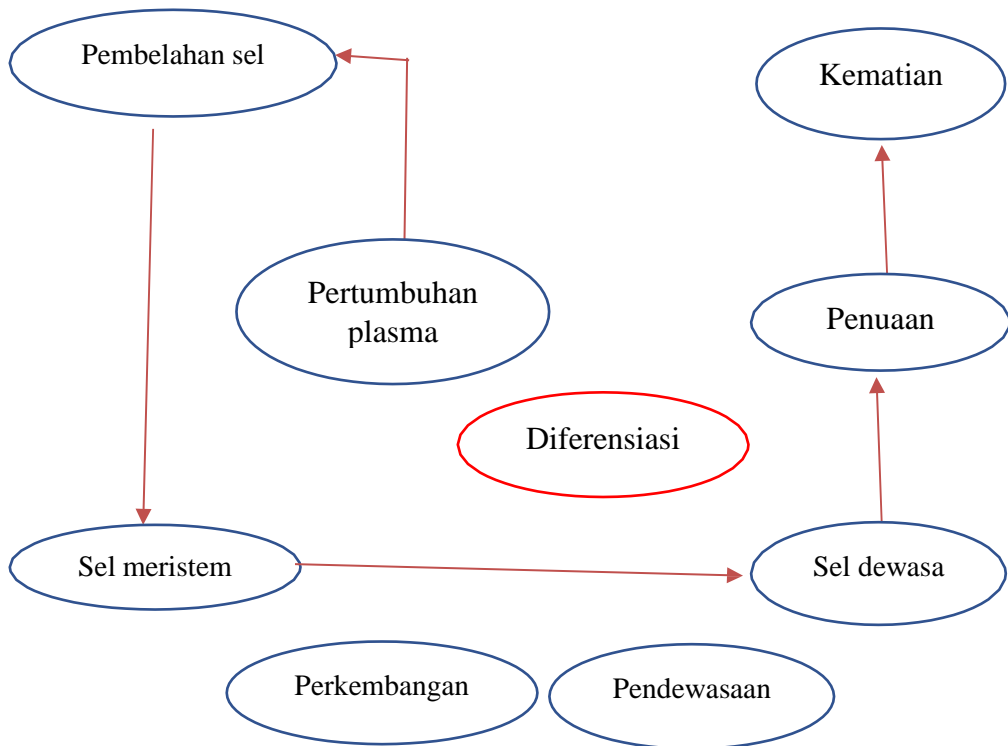
Gambar 1. 10 Peroksisom

14. Glioksisom

Mikrobodi yang disebut glioksisom dapat dijumpai pada sel tumbuhan. Jaringan lemak pada benih yang memulai perkecambahan biasanya mengandung organel ini. Enzim β -peroxisomal oksidase yang dihasilkan oleh glioksisom bekerja untuk mengoksidasi (mengubah) asam lemak menjadi asetil-KoA dan pada akhirnya menyediakan energi (ATP) yang diperlukan untuk perkecambahan.

1.5 Mekanisme Pemiakan Sel Tumbuhan

Tumbuh kembang tumbuhan diawali sejak perkembangan sel meristem dan plasma yang berkembang. Kemudian terjadi diferensiasi menjadi sel dewasa. Seiring berjalannya waktu sel dewasa akan menua dan sel akan hancur atau mati. Selain proses terminal, pada sel tumbuhan yang berdiferensiasi dapat juga kembali melalui tahap pembelahan sel dan perkembangan mulai dari awal hingga sel mati. Teknologi biakan sel tumbuhan secara seksual dan aseksual dikategorikan ke dalam cara konvensional yang bertujuan dapat terjadi pada sel tumbuhan.



Rangkuman

1. Sel tumbuhan termasuk jenis sel eukariotik sama dengan sel hewan. Keduanya dibedakan berdasarkan struktur yang menyusun sel. Pada sel tumbuhan terdapat komponen khas yang tidak dimiliki sel hewan yaitu dinding sel, plastida, vakuola, sentrosom, dan lisosom.
2. Sel tumbuhan berbentuk tetap dan kaku, dinding sel tumbuhan tersusun atas selulosa, pada sel tumbuhan terdapat organel vakuola berukuran besar sebagai tempat menyimpan makanan dalam bentuk butiran (granula) atau pati, serta pada sel tumbuhan terdapat plastida yang tidak dimiliki sel pada tubuh hewan. Serta terdapat peroksisom, glioksisom, dan nukleus berukuran kecil pada sel tumbuhan.

Evaluasi Pembelajaran

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Jelaskan sejarah penemuan sel menurut Robert Hooke (1667)?
2. Sebutkan komponen penyusun struktur sel tumbuhan!
3. Apa saja komponen struktur sel tumbuhan yang tidak terdapat pada sel hewan?
4. Jelaskan fungsi dinding sel, vakuola, plastida, peroksisom, dan glioksisom pada sel tumbuhan!
5. Sebutkan dan jelaskan komponen penyusun organel nukleus!

Kunci Jawaban

1. Robert Hooke (1667) pertama kali menciptakan istilah "sel" setelah mengamati sayatan gabus menggunakan mikroskop yang ditemukan pada zaman itu. Dari hasil pengamatannya, Hooke melihat ruangan-ruangan kecil yang kemudian ia sebut "cella" dalam bahasa Indonesia berarti kamar kecil. Perkembangan ilmu pengetahuan seringkali mengikuti penciptaan alat-alat baru yang memungkinkan indera manusia diperluas dan mencapai batas-batas penemuan baru.
2. Dinding sel, protoplas, retikulum endoplasma, plastida, vakuola, membran sel, sitoskeleton, sitoplasma, nukleus, mitokondria, aparatus golgi, ribosom, peroksisom, dan glioksisom.
3. Dinding sel, vakuola, plastida, peroksisom, dan glioksisom.
4. Dinding sel selain berperan dalam memberikan bentuk pada sel, juga sebagai pelindung karena merupakan organel terluar sel, dan sebagai penguat sel. Sitoplasma pada sel eukariotik mengandung plastida yang di dalamnya terdapat membran ganda dan berpigmen hijau. Vakuola umumnya berperan sebagai tempat menyimpan berbagai senyawa organik,

tempat penyimpanan pigmen, selain itu sebagai tempat pembuangan produk samping hasil metabolisme yang berbahaya bagi tumbuhan, serta berperan dalam turgiditas. Proplastida adalah sumber dari semua jenis plastida, termasuk kloroplas yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses fotosintesis. Peroxisom merupakan organel sel tumbuhan penghasil enzim katalase melalui reaksi kimia yang bertujuan mengubah senyawa peroksida air (H_2O_2) menjadi oksigen dan air ($H_2O_2 \rightarrow O_2 + H_2O$). Enzim β -peroxisomal oksidase yang dihasilkan oleh glioksisom bekerja untuk mengoksidasi (mengubah) asam lemak menjadi asetil-KoA dan pada akhirnya menyediakan energi (ATP) yang diperlukan untuk perkecambahan.

5. Nukleus terdiri atas membran nukleus, nukleoplasma, kromosom, dan nukleolus (anak inti).
 - a. Membran inti melindungi inti sel (nukleus) sehingga disebut juga membran nukleus.
 - b. Dikenal sebagai "anak inti", nukleolus adalah "noda" substansial yang ditemukan di dalam inti sel. Nukleolus, yang terkadang disebut sebagai sub organel, tidak dikelilingi oleh membran.
 - c. Butiran basofil dapat dikenali dalam inti sel karena terdapat kromatin di dalamnya. Karena adanya molekul DNA yang menyusun kromatin, pewarnaan HE membuatnya tampak biru oleh hematoxylin.
 - d. Cairan bening dan kental yang disebut nukleoplasma ditemukan di dalam inti sel (nukleus). Kromatin, butiran, nukleoprotein, dan zat kimia kompleks semuanya ditemukan di nukleoplasma.
 - e. Kromosom, inti sel mengandung banyak gen dari DNA yang tersusun dan membentuk struktur yang disebut kromosom.

Referensi

- Campbell, N. A., Reece, J. B., dan Mitchell, L.G. (1999). *Biology*. Fifth edition, The Benjamin Cummings Publ. Co., California.
- Hardiyati, T. (2010). *Fisiologi tumbuhan: Struktur dan fungsi sel tumbuhan*. Jakarta: Universitas Terbuka. Hlm. 31–35.
- Hasanah, U., dan Azis, P. A., Jayati, R. D., Astuti, W. W., Taskirah, A., Liana, A., Rusmidin, Nopiyanti, N., Lutfi., Veryani, A. N., Samsi, A. N., Vertygo, S., Banna, M. Z. A., dan Sulastri, N. D. P. (2021). *Anatomi dan fisiologi tumbuhan*. Bandung: Media Sanins Indonesia. Hlm. 1–34
- Kurniati, T. (2020). *Biologi sel*. Bandung: Cendekia Press. Hlm. 1–3.
- Ramdhini, R. N., Manalu, A. I., Ruwaida, I. P., Isrianto, P. L., Panggabean, N. H., Wilujeng, S., Erdiandini, I., Purba, S. R. F., Sutrisno, E., Hulu, I. L., Purwanti, S., Utomo, B., dan Surjaningsih, D. R. (2021). *Anatomi tumbuhan*. Medan: Yayasan Kita Menulis. Hlm. 33–38.

BAB II

JARINGAN TUMBUHAN

2.1 Tujuan Pembelajaran

Adapun tujuan pembelajaran yang ingin dicapai dalam bab ini yaitu:

1. Menjelaskan struktur jaringan meristem pada tumbuhan,
2. Menjelaskan jaringan permanen pada tumbuhan meliputi jaringan epidermis, parenkim, kolenkim, sklerenkim, dan pengangkut.

2.2 Pendahuluan

Sebagai organisme eukariotik multiseluler, tumbuhan mengandung banyak sel. Sel-sel dengan struktur dan fungsi yang sama akan berkumpul dan membentuk jaringan yang merupakan bagian dari tumbuhan termasuk akar, batang, dan daun. Berdasarkan kemampuan sel untuk membelah (embrionik), jaringan pada tumbuhan dibedakan menjadi dua yakni jaringan meristem dan jaringan dewasa atau permanen. Pada jaringan dewasa, selnya tidak aktif membelah sedangkan pada jaringan meristem, sel tumbuhan secara konstan aktif membelah. Jaringan meristem dapat ditemukan pada ujung akar atau batang sebagai meristem primer atau pada batang dan akar sebagai meristem sekunder, keduanya berperan dalam pembentukan kambium dan pada titik pertumbuhan tanaman. Jaringan dewasa adalah jaringan yang sel-selnya berdiferensiasi. Contohnya termasuk jaringan gabus dan epidermis berfungsi sebagai pelindung, jaringan parenkim berfungsi menyimpan cadangan makanan dan mengangkut zat, jaringan kolenkim dan sklerenkim sebagai penguat, serta jaringan xilem dan floem sebagai pengangkut mineral, air, dan hasil fotosintesis.

2.3 Jaringan Meristem

Secara etimologi, meristem berasal dari bahasa Yunani *meritos* yang artinya pembagian. Dapat dikatakan bahwa jaringan meristem merupakan

jaringan yang mengawali proses pertumbuhan pada tumbuhan. Memiliki sifat meristematik yang mana sel-sel pada jaringan meristem aktif membelah secara berkala. Adapun ciri-ciri jaringan meristem yaitu bentuk sel menyerupai kubus, sel berukuran kecil, lapisan dinding sel tipis, mengandung pektin yang terdapat banyak plasma di dalamnya, terdapat banyak vakuola berukuran kecil, dan tidak terdapat ruang antarsel. Diferensiasi lebih lanjut terjadi pada sel-sel jaringan meristem. Diferensiasi sel adalah perkembangan perubahan yang dilalui sel dari tahap paling awal hingga dewasa. Sel meristematik diubah menjadi sel dengan struktur dan fungsi yang berbeda sebagai hasil dari proses tersebut. Perkembangan meristematik melibatkan dua proses antara lain ekspansi sel untuk meningkatkan ukuran dan maturasi atau spesialisasi untuk bentuk dan fungsi jaringan selama tahap maturitas. Jaringan meristem dapat dikelompokkan menjadi berbagai jenis berdasarkan asal pembentuknya, letak, serta fungsinya.

2.3.1 Jaringan Meristem Berdasarkan Asal Pembentuknya

Berdasarkan asal pembentukannya, jaringan meristem dibedakan menjadi tiga jenis yaitu:

1. Promeristem/Primordial

Jaringan muda yang terdapat pada ujung akar dan batang yang dihasilkan sejak fase embrio dikenal sebagai jaringan primordial atau promeristem (radikula, kotiledon, dan caulikulus). Protoderm akan berkembang menjadi prokambium kemudian menjadi meristem dasar yang berasal dari sel-sel initial sehingga membentuk promeristem. Protoderm selanjutnya akan berdiferensiasi menjadi jaringan epidermis, prokambium menjadi jaringan vaskular (pembuluh) primer, dan jaringan meristem dasar menjadi jaringan parenkim, yang semuanya akan memainkan peran penting dalam pertumbuhan primer tumbuhan.

2. Meristem Primer

Jaringan meristem primer adalah jaringan meristem yang dihasilkan oleh diferensiasi promeristem pada tanaman dewasa. Pada titik tumbuh apikal, seperti ujung batang (pucuk) atau ujung akar biasanya dapat dijumpai beberapa meristem primer. Meristem primer sangat penting dalam pertumbuhan dasar tanaman karena mendorong pemanjangan vertikal batang dan akar. Adapun jaringan meristem yang terdapat pada ujung akar tumbuhan akan membentuk 3 jenis jaringan berbeda, yaitu epidermis dari protoderm, jaringan dasar dari meristem dasar, dan silinder pusat dari prokambium. Ketiganya diproduksi karena adanya diferensiasi promeristem dari jaringan meristem di ujung akar.

Pada bagian ujung akar dan batang tumbuhan terdapat pertumbuhan primer yang berbeda-beda sesuai dengan tiga (3) daerah pembelahannya yaitu:

a. Daerah pembelahan sel

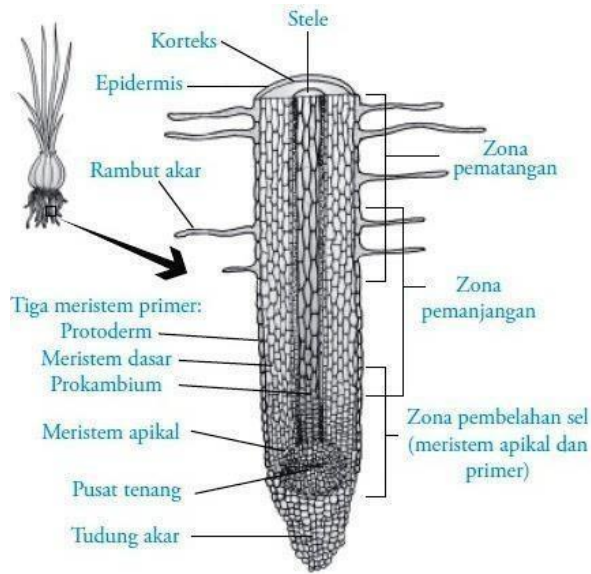
Daerah pembelahan sel terdapat pada bagian ujung akar. Sel yang secara aktif melakukan pembelahan bersifat meristematik.

b. Daerah perpanjangan sel

Pada bagian belakang daerah pembelahan sel terdapat daerah perpanjangan sel yang tiap selnya memiliki kemampuan untuk membesar dan memanjangkan ukurannya dari ukuran sebelumnya.

c. Daerah diferensiasi sel

Pada bagian diferensiasi sel-selnya akan berdiferensiasi menjadi sel dengan fungsi dan struktur yang lebih khusus dan membentuk jaringan baru seperti jaringan epidermis, korteks, empulur, xylem, dan floem. Bagian yang berdiferensiasi merupakan cikal bakal dari terbentuknya jaringan tumbuhan.



Gambar 2. 1 Daerah Pembelahan Primer Akar Tumbuhan

3. Meristem Sekunder

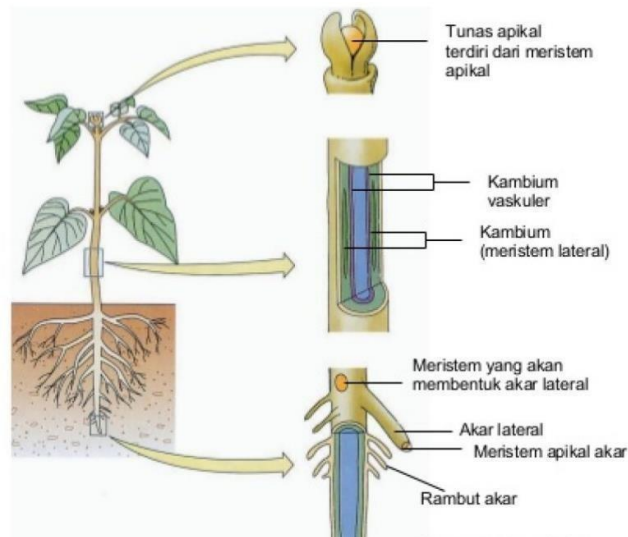
Jaringan meristem sekunder adalah jaringan meristem dewasa yang berdiferensiasi tetapi masih terdapat sel-sel embrionik. Pada struktur batang dan akar tumbuhan gymnospermae dan angiospermae umumnya banyak ditemukan jaringan meristem sekunder. Karena aktivitas kambium vaskular dan kambium gabus (felogen), jaringan meristem sekunder mengakibatkan pertumbuhan batang tumbuhan secara lateral (menebal dan melebar). Selain itu, adanya faktor lingkungan (diameter kayu akan lebih besar selama musim hujan), bundel transpor sekunder, dan jari-jari empulur, meristem sekunder tidak hanya berperan langsung pada perluasan diameter batang tetapi juga pada terbentuknya lingkaran tahunan. Selanjutnya, kehadiran kambium vaskular di antara xylem dan floem. Pembelahan kambium vaskular yang mengarah ke dalam akan memicu terbentuknya xylem sekunder (kayu), sedangkan floem sekunder (kulit) terbentuk akibat pembelahan mengarah ke luar.

2.3.2 Jaringan Meristem Berdasarkan Letaknya

Jaringan bersifat meristematik yang aktif membelah akan terus mengalami pertumbuhan dan perkembangan. Bagian pucuk akar dan daun tumbuhan merupakan tempat bermulanya pertumbuhan jaringan meristem. Sehingga pada jaringan meristem sel-selnya akan menghasilkan sel-sel baru. Berdasarkan letaknya jaringan meristem dibedakan menjadi tiga jenis yaitu:

1. Meristem Apikal

Sel-sel initial dari ujung akar dan ujung batang membentuk struktur meristem apikal. Meristem apikal yang terdapat pada bagian ujung akar dan batang mengalami pertumbuhan primer yang mengakibatkan perpanjangan pada organ akar dan batang tumbuhan. Pertumbuhan primer pada ujung akar dapat menyebabkan akar memanjang hingga menembus tanah. Meristem pada batang dapat terletak di bagian pucuk tumbuhan.

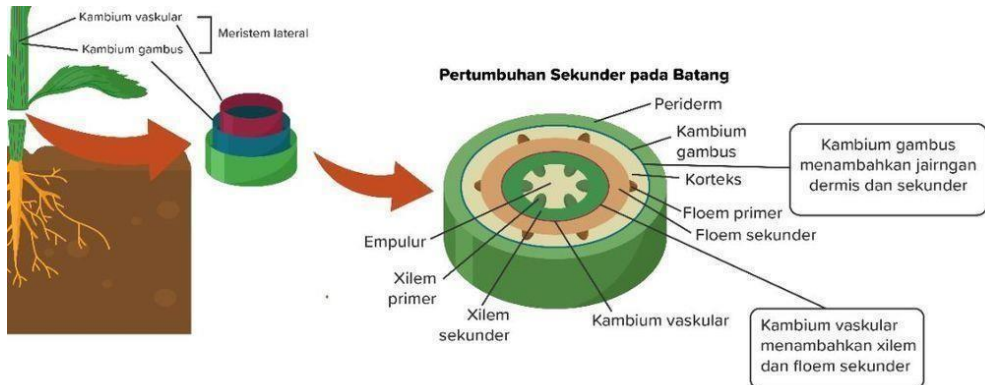


Gambar 2. 2 Meristem pada Ujung Akar dan Batang Tumbuhan

2. Meristem Lateral

Sel-sel initial dari tepi organ tumbuhan membentuk struktur meristem lateral yang juga disebut sebagai meristem samping. Contoh meristem

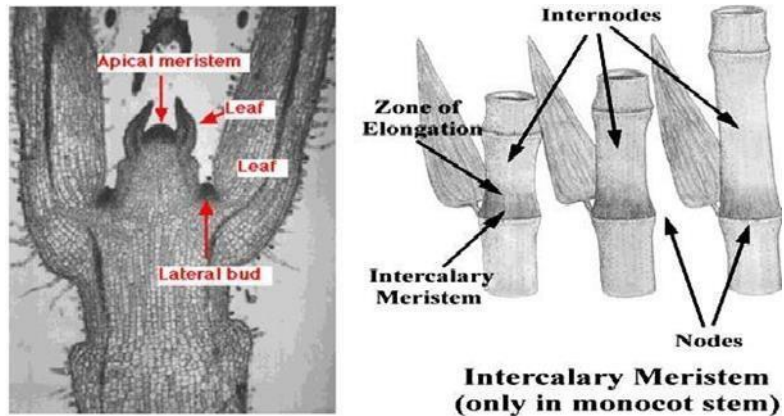
lateral adalah kambium vaskular dan jaringan gabus. Prokambium menghasilkan kambium pada tumbuhan Dikotiledonae dan Gymnospermae berkayu. Lapisan yang secara aktif memisahkan xylem dan floem disebut kambium. Sel xylem secara proksimal bergerak menuju empulur, sedangkan sel floem bergerak secara distal menuju selubung pati. Lignin, selulosa, dan hemiselulosa berlimpah dalam sel xylem dengan dinding sel sekunder. Kambium vaskular dan kambium intervaskular adalah dua jenis kambium yang berbeda. Kambium yang terletak di dalam jaringan pengangkut merupakan kambium vaskular, sedangkan kambium yang terletak di antara jaringan pengangkut adalah kambium intervaskular.



Gambar 2. 3 Pertumbuhan Sekunder pada Batang

3. Meristem Interkalar

Meristem yang mengalami pemanjangan ruas dikenal sebagai meristem interkalar. Daun *Arachis* (kacang tanah) gynophore, *Graminaceae*, *Iris*, dan *Pinaceae* sering menunjukkan ekstensi pemanjangan ruas. Sel-sel initial yang letaknya di antara bagian jaringan dewasa merupakan sel penyusun struktur meristem interkalar. Meristem interkalar banyak ditemukan dalam tanaman monokotil dan sangat penting untuk pertumbuhan longitudinal ruas, batang, dan tangkai bunga, misalnya pada rumput-rumputan.



Gambar 2. 4 Meristem Interkalar pada Batang Tumbuhan Monokotil

2.3.3 Jaringan Meristem Berdasarkan Fungsinya

Berdasarkan fungsinya, jaringan meristem dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu meristem protoderm, prokambium, dan meristem dasar.

1. Meristem Protoderm

Meristem protoderm terletak pada lapisan paling luar meristem primer. Meristem protoderm ini selanjutnya akan berkembang menjadi lapisan epidermis yang merupakan lapisan terluar tumbuhan sebagai pelindung organ-organ di dalamnya.

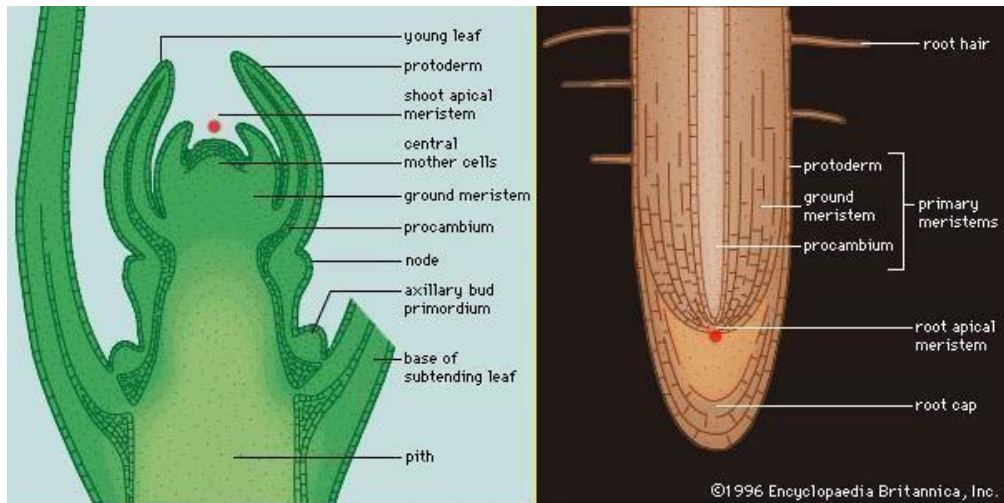
2. Meristem Prokambium

Prokambium merupakan meristem yang akan berkembang menjadi jaringan pembuluh primer. Oleh karena itu, prokambium didefinisikan sebagai lapisan dalam atau pusat dan akan membentuk struktur stele yang terdiri atas jaringan pengangkut xylem dan floem. Prokambium muncul dari sel-sel dasar (parenkim) selama proses tumbuh kembang organ lateral tumbuhan dan prokambium tidak terdapat pada bagian pucuk meristem apikal. Prokambium pada tumbuhan dikotil dan gymnospermae akan berkembang menjadi kambium vaskular dan meristem sekunder.

3. Meristem Dasar

Meristem dasar merupakan jaringan yang menjadi awal pembentukan

jaringan dasar seperti parenkim. Meristem dasar letaknya di antara protoderm dan meristem prokambium.



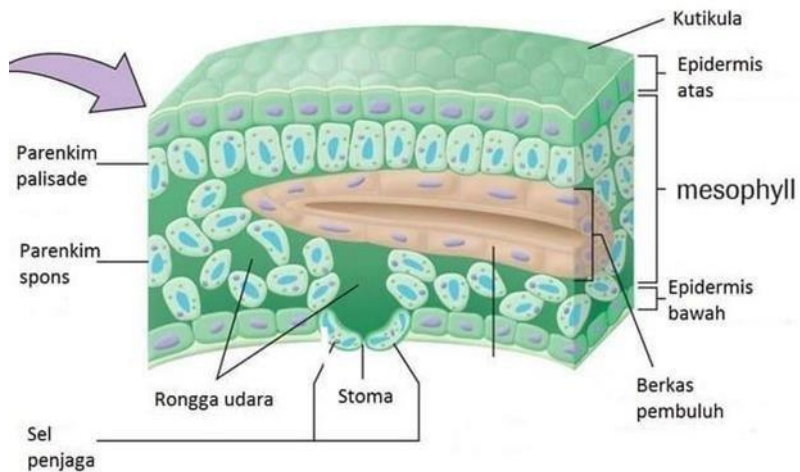
www.britannica.com/eb/art-376/Apical-meristems

Gambar 2. 5 Sistem Jaringan Meristem pada Tumbuhan

2.4 Jaringan Dewasa

Jaringan dewasa merupakan jaringan yang dikenal sebagai hasil dari perluasan dan perkembangan sel meristem. Sel meristem akan mencapai kematangan yang ditandai dengan bertambahnya ukuran sel dan diferensiasi struktur serta fungsi sel. Secara umum, jaringan dewasa yang berdiferensiasi tidak akan membelah lagi dan struktur jaringannya tidak dapat diubah. Berdasarkan penyusunan selnya, jaringan dewasa dibedakan menjadi dua yaitu jaringan sederhana dan kompleks dalam jaringan dewasa. Jaringan kompleks terdiri dari lebih banyak jenis sel daripada jaringan sederhana yang hanya terdiri dari satu jenis sel. Jaringan epidermis, jaringan parenkim, jaringan pendukung, dan jaringan pengangkut adalah jenis-jenis jaringan dewasa. Lapisan terluar organ tumbuhan yang mengalami pertumbuhan sekunder tersusun atas satu lapisan sel, misalnya jaringan kulit (epidermis). Selama fase pertumbuhan sekunder pada batang dan akar, sel-sel epidermis akan rusak dan habis, tetapi periderm akan menjalankan fungsinya. Sel epidermis biasa, sel

penutup, sel pengiring, trikoma, emergensi, dan beragam idioblas adalah beberapa jenis sel epidermis yang berbeda.

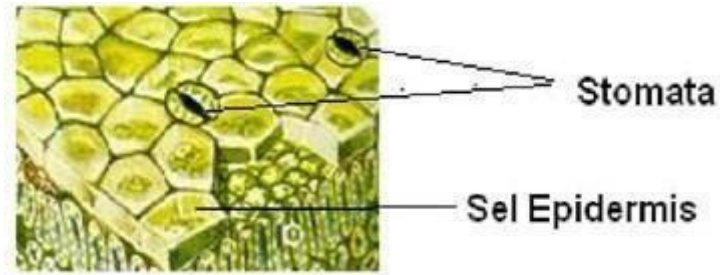


Gambar 2. 6 Jaringan Dewasa pada Irisan Daun Tumbuhan

2.5 Jaringan Epidermis

Setiap organ tumbuhan selalu memiliki jaringan epidermis sebagai lapisan terluarnya. Sehingga diketahui bahwa tugas dari lapisan epidermis adalah melindungi bagian dalam organ yang berada di bawahnya dari ancaman termasuk kehilangan nutrisi, kerusakan mekanis, fluktuasi suhu, dan kehilangan air karena penguapan. Selain terdiri dari sel-sel hidup, jaringan epidermis juga memiliki ciri-ciri sebagai berikut: berbentuk persegi panjang; sel-selnya rapat dan tidak memiliki celah antar sel; tidak memiliki klorofil; dan dapat dimodifikasi menjadi jenis jaringan epidermis lainnya. Stomata, duri (duri), sel kipas, sel pasir, dan trikoma adalah beberapa perubahan epidermal (rambut). Organ diisolasi/dibatasi dari lingkungan sekitarnya oleh lapisan jaringan epidermis. Lapisan epidermis merupakan jaringan sel yang tipis (biasanya setebal 1 lapis) dan karena letaknya jaringan epidermis tempat pertukaran zat. Kutikula (zat lemak) berperan sebagai lapisan perlindungan tambahan untuk lapisan epidermis pada batang, daun, dan bagian tumbuhan

lainnya yang berada di atas tanah. Kutikula (senyawa lemak) merupakan lapisan pelindung tambahan jaringan yang membantu tumbuhan menghemat air dengan memperlambat laju penguapan air dari daun, batang, dan biji. Selain itu juga melindungi tumbuhan dari kerusakan akibat patogen dan gangguan fisik/mechanis.



Gambar 2. 7 Jaringan Epidermis pada Daun Tumbuhan

2.6 Jaringan Dasar dan Jaringan Penyokong

Sebagian besar tumbuhan disusun berdasarkan jaringan dasar. Sel parenkim, kolenkim, dan sklerenkim adalah tiga jenis sel utama yang membentuk sistem jaringan dasar pada tumbuhan. Semua sistem jaringan mengandung sel parenkim, yaitu sel hidup dengan dinding sel primer tipis dan kemampuan membelah berulang kali. Karena sel parenkim tidak terspesialisasi dan dapat menyesuaikan tugasnya dengan letak jaringan, sel parenkim memiliki berbagai fungsi. Jaringan parenkim merupakan jaringan dasar penyusun tubuh tumbuhan. Sel-selnya yang bulat memiliki dinding sel tipis. Sel-sel baru yang dibutuhkan untuk pertumbuhan diproduksi di meristem apikal dan lateral oleh sel-sel dari pucuk batang dan akar. Sel-sel ini berpartisipasi dalam produksi dan penyimpanan makanan selama fotosintesis di batang dan daun (mesofil). Misalnya, akar, batang, biji, dan bagian lain dari tubuh tumbuhan yang dapat menyimpan cadangan makanan dalam sel parenkim. Sel parenkim berfungsi sebagai sel-sel dasar (*stem cell*) untuk

penyembuhan dan regenerasi luka karena kemampuannya untuk melakukan proliferasi.

Sebagian besar jaringan pada daun terdiri dari sel parenkim yang merupakan tempat fotosintesis. Sel parenkim pada daun juga mengandung banyak kloroplas yang diperlukan untuk fotosintesis. Sel parenkim bersifat totipoten, artinya dapat membelah dan berdiferensiasi menjadi semua jenis sel tumbuhan. Empulur (pusat akar) atau korteks (pinggiran akar) merupakan tempat penyimpanan gula atau pati yang terletak di bagian parenkim akar. Jaringan-jaringan pada tumbuhan yang disebut jaringan penyokong memberi tumbuhan kekuatan dan berfungsi untuk melindungi jaringan di sekitarnya secara mekanis. Menurut karakteristik dan bentuknya, jaringan kolenkim dan sklerenkim membentuk dua jenis jaringan penyokong tumbuhan.

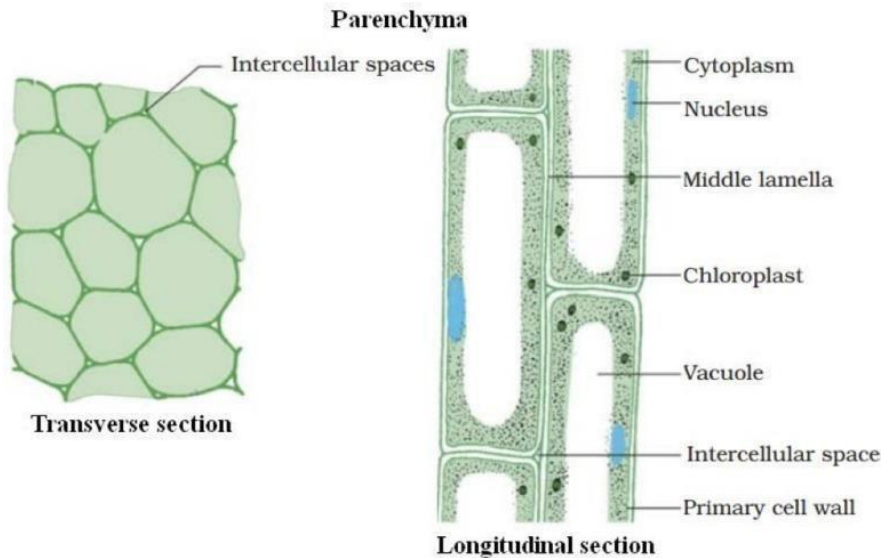
Sel hidup yang disebut kolenkim sebanding dengan sel parenkim, dengan pengecualian bahwa sel kolenkim biasanya memiliki dinding sel yang lebih tebal, memanjang, dan dikelompokkan bersama untuk membuat serabut yang menyerupai tali. Sistem jaringan dasar tumbuhan dapat disokong dan diregangkan secara mekanis oleh kolenkim saat jaringan memanjang. Biasanya, sel kolenkim ditemukan di daerah subepidermal batang. Mirip dengan kolenkim, sklerenkim kuat dan berfungsi sebagai penyokong. Namun, sel sklerenkim adalah sel mati dengan dinding sekunder tebal yang mengandung lignin. Sklerenkim bertindak sebagai dasar untuk tumbuhan. Sklerenkim dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu serat (*fiber*) dan sklereid.

Serat dalam bentuk bundel panjang dapat dijumpai di dalam sklerenkim. Karena terdapat sklereid, kulit kacang dan kulit biji mengalami pengerasan. Bentuk sklereid tidak rata dan lebih pendek dari serat. Sklereid juga didistribusikan di antara jaringan parenkim lunak untuk memberikan

tekstur yang renyah, mirip dengan buah pir. Karena sel sklerenkim tidak dapat diregangkan, sel parenkim memberikan dukungan struktural yang penting bagi batang setelah pertumbuhan terhenti.

2.6.1 Jaringan Parenkim

Jaringan parenkim disebut juga sebagai jaringan dasar karena keberadaannya yang ditemukan hampir pada setiap bagian tubuh tumbuhan, termasuk pada endosperma maupun organ generative tumbuhan meliputi akar, batang, dan daun, serta ada juga di buah. Penjelasan kedua adalah parenkim dapat ditemukan di setiap ruang antara jaringan lain, seperti antara xilem dan floem. Jaringan parenkim berbeda dengan jaringan lain karena memiliki ciri-ciri sebagai berikut: 1) Sel hidup yang besar, tipis, dan biasanya berbentuk heksagonal; 2) Terdapat banyak vakuola; 3) Inti sel terletak dekat dengan dasar sel; 4) Bersifat merismatik karena sel-selnya dapat membelah diri; dan 5) Memiliki banyak ruang antarsel sehingga susunannya tidak rapat. Sel-sel jaringan parenkim memiliki ukuran sel yang sangat besar (vakuola besar), bentuknya bervariasi, dinding sel yang tipis, dan ruang antarsel yang renggang/tidak rapat. Setiap tumbuhan mengandung jaringan parenkim, karenanya jaringan parenkim setiap tumbuhan memiliki fungsi dan peran yang berbeda-beda. Misalnya, jaringan parenkim tumbuhan kaktus akan berfungsi untuk menyimpan air. Jaringan dasar/parenkim tumbuhan eceng gondok menyimpan udara pada celah antarsel. Pada umbi-umbian, jaringan dasar akan berfungsi sebagai tempat menyimpan cadangan makanan.

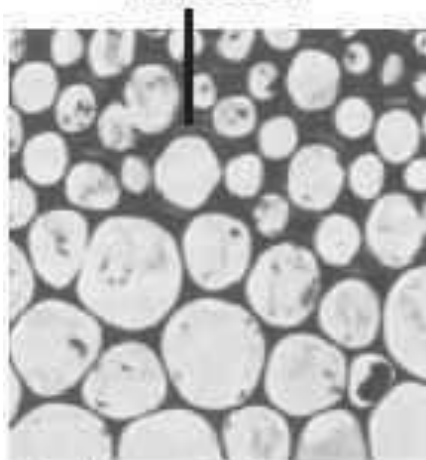


Gambar 2. 8 Struktur Jaringan Parenkim pada Tumbuhan

2.6.2 Jaringan Kolenkim

Karakteristik utama jaringan kolenkim meliputi keberadaan sel hidup dan kandungan selulosa yang tinggi pada dinding selnya. Sifat jaringan kolenkim hampir sama dengan karakteristik jaringan parenkim sehingga dapat disebut juga sebagai jenis jaringan parenkim khusus yang mendukung organ muda berkembang pada tumbuhan. Batang dan tangkai daun muda memiliki kolenkim tepat di bawah atau dekat permukaan. Namun, akar hampir tidak pernah memiliki kolenkim. Dinding sel-sel kolenkim menebal hanya di sudut sel, tidak seragam di sepanjang permukaan. Dinding selulosa tebal kolenkim memberikan fleksibilitas pada organ yang mengandung banyak kolenkim. Karena sel kolenkim dapat meluas untuk mengakomodasi pemanjangan organ sehingga sangat ideal untuk mempertahankan organ yang berkembang secara aktif.

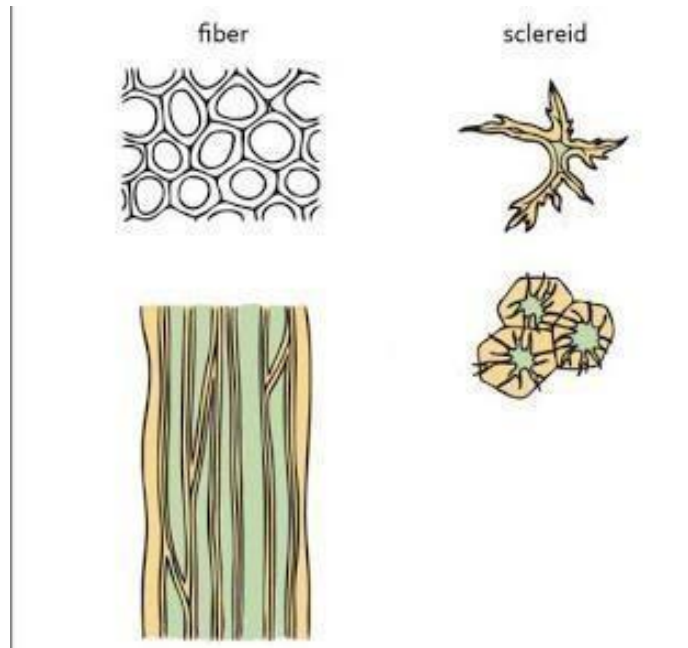
Dinding sel yang menebal



Gambar 2. 9 Jaringan Kolenkim pada Tumbuhan

2.6.3 Jaringan Sklerenkim

Pada organ tumbuhan dewasa, jaringan sklerenkim berfungsi sebagai jaringan penyangga. Oleh karena itu, setelah mengalami tahap pendewasaan, sel-sel pada jaringan sklerenkim akan mati dan dinding selnya menebal karena mengalami lignifikasi (memiliki substansi berkayu). Jaringan sklerenkim dibagi menjadi 2 jenis utama, yaitu: a) Serat. Sel-sel panjang dan sempit dengan ujung runcing membentuk serat. Sel-sel ini biasanya membentuk rute yang panjang dengan ujung-ujungnya yang tajam, saling tumpang tindih, dan menjadi satu kesatuan yang kokoh. Serat sklerenkim dapat ditemukan di sebagian besar komponen tumbuhan. b) Sklereid adalah sel tumbuhan mati yang memiliki bentuk bervariasi dan keras serta dinding selnya tahan terhadap tekanan. Sklereid adalah pengelompokan kecil sel yang dapat ditemukan sendiri atau dalam kelompok kecil di antara sel lainnya, seperti butiran pada daging buah pir dan jambu biji. Contoh bagian tumbuhan yang terdapat serat dan sklereid di dalamnya yaitu pada batok kelapa.



Gambar 2. 10 Jaringan Sklerenkim pada Tumbuhan

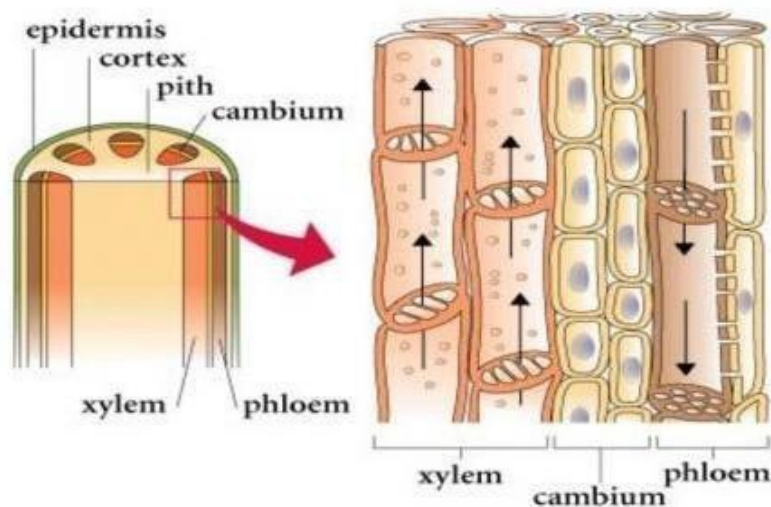
2.7 Jaringan Pengangkut

Jaringan pengangkut disebut juga dengan berkas vaskular. Disebut vaskular karena bentuk dan struktur jaringannya yang menyerupai saluran atau pipa panjang yang mendistribusikan berbagai zat, unsur, maupun senyawa di dalam organ tumbuhan. Secara umum, zat yang didistribusikan jaringan pengangkut adalah unsur hara dan mineral serta senyawa dan zat yang dihasilkan saat proses fotosintesis. Berdasarkan fungsinya, jaringan pengangkut tumbuhan dapat dibedakan menjadi 2 yaitu jaringan xylem dan jaringan floem.

2.7.1 Xylem

Pembuluh kayu yang disebut sebagai xylem digunakan untuk membawa air dan nutrisi yang dibutuhkan tumbuhan dari akar menuju ke daun. Xylem dapat dikatakan sebagai suatu jaringan pengangkut yang rumit. Xylem terdiri dari trakeid, serat, parenkim, dan komponen pembuluh (trakea). Trakeid

adalah sel tumbuhan yang mengalami lignifikasi atau dindingnya telah ditebalkan oleh senyawa lignin dan pada akhirnya akan mati saat dewasa. Xylem yang terbentuk dari trakea, ketika sel-sel silindris yang membentuk trakea mencapai fase dewasa dan mati, sel tersebut akan bergabung untuk membuat tabung pengangkut air multiseluler. Bagian pembuluh ini memiliki perforasi (lubang-lubang) di dinding ujung (dan terkadang di dinding samping) yang memungkinkan air mengalir bebas dari satu sel ke sel berikutnya.



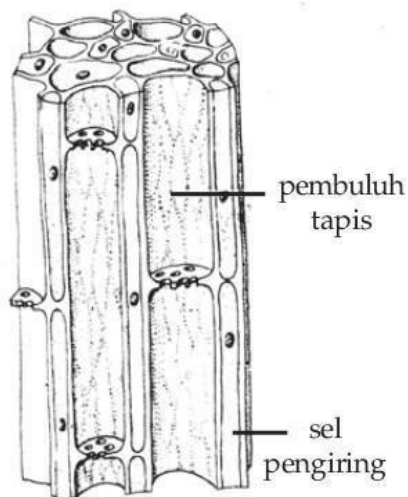
Gambar 2. 11 Struktur Jaringan Xylem

2.7.2 Floem

Jaringan yang disebut floem (pembuluh tapis) bertanggungjawab untuk mendistribusikan dan mengangkut produk makanan yang dibuat selama fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tumbuhan. Jaringan floem terdiri dari beberapa jenis sel yang berbeda, beberapa di antaranya masih hidup sementara yang lain sudah mati. Parenkim floem berfungsi sebagai dinding yang memisahkan satu floem dengan floem lainnya dan berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan merupakan salah satu komponen floem. Jaringan sklerenkim yang disebut serat floem berfungsi untuk membentengi jaringan

pembuluh. Pembuluh tapis dan sel pengiring/penyerta adalah komponen lain dari penyusun struktur jaringan floem.

- a. Tidak adanya inti sel dan dinding sel yang tipis merupakan ciri komponen floem. Sel-sel dalam elemen pembuluh tapis lebih panjang dan bergabung di ujungnya untuk membentuk suatu pembuluh. Untuk membuat deretan sel memanjang yang dikenal sebagai pembuluh tapis, dinding ujung sel dalam komponen pembuluh tapis dilekatkan dengan dinding ujung sel di bawah atau di atasnya.
- b. Sel pengiring/pengantar menunjukkan karakteristik meristematik dan lebih kecil dari sel yang membentuk komponen pembuluh tapis. Sel-sel hidup yang membentuk komponen pembuluh tapis dipenuhi kebutuhan nutrisinya oleh sel pengiring. Hanya pada tumbuhan angiospermae yang mengandung sel pengiring.

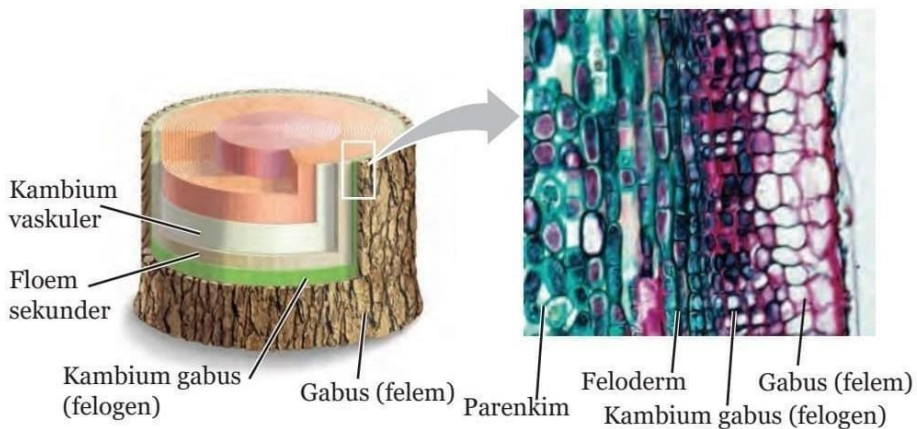


Gambar 2. 12 Struktur Jaringan Floem

2.8 Jaringan Gabus

Ketika lapisan epidermis menjadi rusak karena penuaan atau faktor lain, jaringan gabus sering menggantikannya, melindungi jaringan di

bawahnya dari kehilangan air yang berlebihan dan gangguan mekanis. Kambium gabus yang dikenal sebagai felogen menciptakan jaringan gabus. Feloderm adalah jaringan sel hidup yang berkembang secara internal di jaringan gabus. Sebaliknya, kambium gabus mengembangkan jaringan luar yang terbuat dari felem atau sel mati. Penebalan dinding sel yang terjadi akibat adanya suberin mengakibatkan felem pada jaringan gabus bersifat impermeabel (tidak tembus air).



Gambar 2. 13 Struktur Jaringan Gabus

Rangkuman

1. Secara etimologi, meristem berasal dari bahasa Yunani *meritos* yang artinya pembagian. Dapat dikatakan bahwa jaringan meristem merupakan jaringan yang mengawali proses pertumbuhan pada tumbuhan. Jaringan meristem dapat dikelompokkan menjadi berbagai jenis berdasarkan asal pembentuknya, letak, serta fungsinya.
2. Berdasarkan asal pembentukannya, jaringan meristem dibedakan menjadi tiga jenis yaitu promeristem, meristem primer, dan meristem sekunder. Berdasarkan letaknya jaringan meristem dibedakan menjadi tiga jenis yaitu meristem apikal, meristem lateral, dan meristem interkalar. Berdasarkan

fungsinya, jaringan meristem dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu meristem protoderm, prokambium, dan meristem dasar.

3. Jaringan dewasa atau jaringan permanen merupakan jaringan yang dikenal sebagai hasil dari perluasan dan perkembangan sel meristem. Jaringan dewasa terdiri atas jaringan epidermis sebagai jaringan yang melindungi bagian dalam organ yang berada di bawahnya dari ancaman termasuk kehilangan nutrisi, kerusakan mekanis, fluktuasi suhu, dan kehilangan air karena penguapan. Jaringan parenkim, kolenkim, dan sklerenkim adalah tiga jenis sel utama yang membentuk sistem jaringan dasar dan menjadi penyokong tubuh tumbuhan. Jaringan pengangkut ini berfungsi mengangkut air dan unsur hara, serta mengedarkan zat makanan hasil fotosintesis dari satu bagian ke bagian lain tumbuhan. Jaringan pengangkut pada tumbuhan dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan fungsinya yaitu xylem dan floem.

Evaluasi Pembelajaran

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Jelaskan pengertian jaringan meristem!
2. Apa yang dimaksud diferensiasi sel?
3. Jelaskan tentang jaringan meristem berdasarkan letaknya!
4. Apa perbedaan jaringan parenkim, kolenkim, dan sklerenkim?
5. Jelaskan fungsi jaringan pengangkut xylem dan floem!

Kunci Jawaban

1. Secara etimologi, meristem berasal dari bahasa Yunani *meritos* yang artinya pembagian. Dapat dikatakan bahwa jaringan meristem merupakan jaringan yang mengawali proses pertumbuhan pada tumbuhan.
2. Diferensiasi sel adalah perkembangan perubahan yang dilalui sel dari

tahap paling awal hingga dewasa. Jaringan meristem yang mengalami diferensiasi sel akan berkembang menjadi jaringan dewasa.

3. Berdasarkan letaknya jaringan meristem dibedakan menjadi tiga jenis yaitu meristem apikal, meristem lateral, dan meristem interkalar. meristem apikal yang terdapat pada bagian ujung akar dan batang mengalami pertumbuhan primer yang mengakibatkan perpanjangan pada organ akar dan batang tumbuhan. Sel-sel initial dari tepi organ tumbuhan membentuk struktur meristem lateral yang juga disebut sebagai meristem samping. Contoh meristem lateral adalah kambium vaskular dan jaringan gabus. Meristem yang mengalami pemanjangan ruas dikenal sebagai meristem interkalar. Contohnya pada daun kacang tanah (*Arachis*).
4. Jaringan parenkim adalah sebutan untuk jaringan dasar tumbuhan yang dikenal sebagai jaringan dasar karena dapat ditemukan di hampir setiap bagian tumbuhan, termasuk endosperma, akar, batang, daun, dan buah. Jaringan kolenkim sebagai penyokong tumbuhan dapat meluas untuk mengakomodasi pemanjangan organ sehingga sangat ideal untuk mempertahankan organ yang berkembang secara aktif. Lapisan sel jaringan kolenkim juga banyak mengandung selulosa. Pada organ tumbuhan dewasa, jaringan sklerenkim berfungsi sebagai jaringan penyangga. Oleh karena itu, sel-sel dewasa jaringan sklerenkim telah mati dan memiliki dinding sel tebal yang biasanya mengalami lignifikasi (memiliki substansi berkayu).
5. Pembuluh kayu yang disebut sebagai xylem digunakan untuk membawa air dan nutrisi yang dibutuhkan tumbuhan dari akar menuju ke daun. Jaringan yang disebut floem (pembuluh tapis) bertanggungjawab untuk mendistribusikan dan mengangkut produk makanan yang dibuat selama fotosintesis dari daun ke seluruh bagian tumbuhan.

Referensi

- Aliayah, Nurul, U., Sulistyowati, Liliek., dan Muhibbudin, A. (2015). Hubungan ketebalan lapisan epidermis daun terhadap serangan jamur (*Mycosphaella musicola*) penyebab penyakit bercak daun sigatoga pada sepuluh kultivar pisang. *Jurnal HPT (Hama, Penyakit, tumbuhan)*, 3(1): 35-42.
- Anu, O., Rampe, H. L., & Pelealu, J. J. (2017). Struktur sel epidermis dan stomata daun beberapa tumbuhan suku euphorbiaceae. *Jurnal MIPA*, 6(1), 69-73.
- Kartasapetra. (1991). *Pengantar anatomi tumbuh-tumbuhan (tentang sel dan jaringan)*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Lazuardi, W. (2017). *Struktur dan fungsi jaringan pada tumbuhan*. Solo: Azka Pressindo.

BAB III ANATOMI AKAR

3.1 Tujuan Pembelajaran

Adapun tujuan pembelajaran yang ingin dicapai dalam bab ini yaitu:

1. Menjelaskan struktur anatomi akar,
2. Menjelaskan struktur jaringan meristem apikal, epidermis, endodermis, kaliptra, korteks, dan stele pada akar tumbuhan,
3. Menjelaskan perbedaan struktur akar primer dan akar sekunder,
4. Menjelaskan perbedaan akar pada tumbuhan dikotil dan monokotil,
5. Menjelaskan sifat dan fungsi akar tumbuhan.

3.2 Pendahuluan

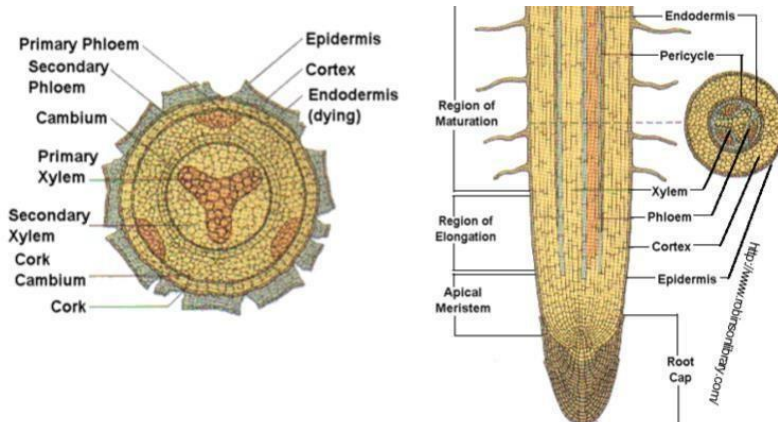
Sebagai suatu organisme, tubuh tumbuhan tersusun atas kumpulan sel yang membentuk jaringan dan kumpulan jaringan membentuk sekumpulan organ yang mana memiliki fungsi dan peran masing-masing dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Selain itu, organ melakukan tugas dan fungsinya untuk menyokong kehidupan tumbuhan itu sendiri. Adapun organ pada tumbuhan diklasifikasikan menjadi dua yaitu organ generatif dan organ vegetatif. Organ vegetatif terdiri dari akar, batang, dan daun tumbuhan sedangkan organ generatif adalah organ perkembangbiakkan tumbuhan yaitu bunga serta buah dan biji. Setelah mengkaji struktur terkecil dalam organisme yaitu sel kemudian jaringan, pada bab ini akan dijelaskan mengenai salah satu organ vegetatif tumbuhan yaitu akar.

Meskipun ada beberapa akar yang tumbuh di luar tanah, akar merupakan bagian paling bawah dari sumbu tumbuhan dan biasanya terbentuk di bawah permukaan bumi. Akar merupakan bagian terbawah dari sumbu tumbuhan dan sering tumbuh di dalam tanah dengan arah menjauhi cahaya dan

menuju pusat bumi. Akar berbeda dari batang karena tidak memiliki buku, tidak beruas, dan tidak memiliki daun atau elemen lainnya. Umumnya akar berwarna putih pucat atau kekuning-kuningan, bentuknya sering meruncing agar mudah masuk ke dalam tanah, dan akarnya tumbuh terus menerus di ujungnya. Susunan percabangan akar membantu tumbuhan menyerap air dan unsur hara dari tanah untuk memenuhi kebutuhan hidup tumbuhan.

Bagian paling sederhana dari tumbuhan yang menyusun terbentuknya struktur akar disebut radikula. Selain menyimpan cadangan makanan, tugas radikula adalah menembus tanah dan bebatuan untuk mencari air dan nutrisi yang dibutuhkan tumbuhan untuk hidup. Akar ada yang berada di atas tanah dan akar yang berada di dalam tanah. Warna akar seringkali kekuningan atau keputihan dan berbeda dengan warna batang dan daun. Warna pada akar juga dapat menjadi karakteristik yang mengindikasikan suatu tumbuhan dikatakan sehat atau tidak. Jika akar tumbuhan lebih putih, berarti tumbuhan itu sehat. Namun demikian, jika akarnya berwarna coklat dan cenderung menghitam, berarti tumbuhan tersebut kurang baik. Fungsi dari struktur akar tumbuhan adalah untuk memelihara dan menopang tumbuhan dengan memindahkan air, unsur hara, dan garam mineral dari tanah ke batang, kemudian dibawa ke daun untuk membantu proses fotosintesis. Beberapa tumbuhan ada yang menggunakan akarnya untuk menyimpan makanan dan melakukan respirasi.

Struktur eksterior dan struktur interior akar tanaman adalah dua bagian struktur yang berbeda. Untuk tanaman dikotil, struktur akar luar terdiri dari tutup akar, batang akar, dan cabang akar, serta rambut akar. Epidermis, korteks, endodermis, dan stele (silinder pusat) membentuk struktur akar bagian dalam.



Gambar 3. 1 Penampang Melintang dan Membujur Akar

3.3 Komponen Penyusun Akar Tumbuhan

Adapun struktur jaringan dan bagian-bagian yang menjadi komponen penyusun akar tumbuhan yaitu:

1. Meristem Apikal

Meristem apikal adalah jaringan di dekat ujung akar yang terus berkembang. Sel-sel awal yang ditemukan di ujung batang atau akar tumbuhan menyusun jaringan meristem apikal. Karena pembelahan sel berulang dan pembesaran sel di ujung akar adalah yang mendorong pertumbuhan, jaringan meristem apikal bertugas selama proses pembelahan sel dan menciptakan area pemanjangan (mitosis dan sitokinesis). Meristem apikal di ujung akar berperan menentukan kualitas tanah di sekitar akar guna mengarahkan gerak akar menuju air dan unsur hara yang dibutuhkan oleh tumbuhan. Meristem apikal yang dilindungi oleh tudung akar terus mengembangkan sel-selnya bahkan setelah tudung akar aus saat menembus tanah. Ketika sel-sel dari meristem apikal memasuki tanah, beberapa di antaranya mati karena abrasi dan hilang, sementara yang lain berkembang menjadi sel baru yang berguna untuk memperluas daerah resapan di dalam tanah.

2. Kaliptra

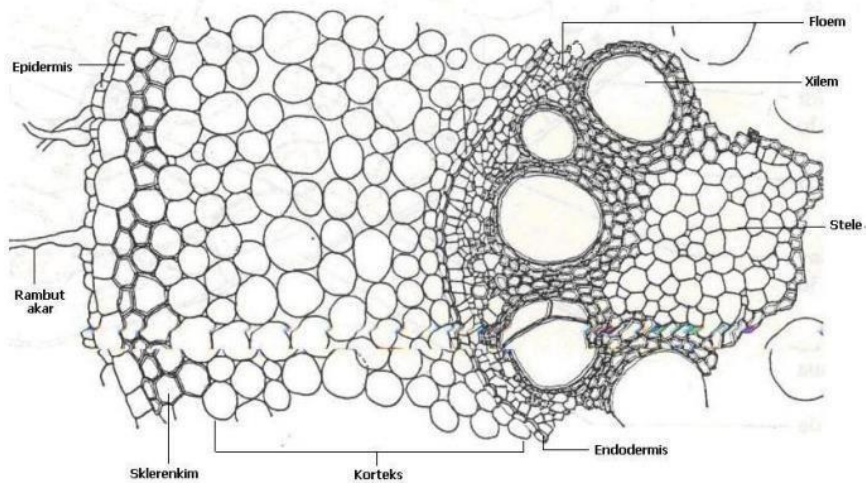
Kaliptra berkembang dari lapisan sel yang menutupi ujung akar. Saat selubung sel terluar mati, sel-sel akan berkumpul dan melindungi ujung akar yang berkembang kemudian menciptakan bidal pelindung. Kaliptra juga dikenal sebagai tudung akar yang komposisinya terdiri dari sel-sel parenkim dan berkembang dari meristem apikal. Masuknya sel-sel baru dari dalam secara terus-menerus mendorong sel-sel penutup akar ke depan saat sel berkembang menjadi jaringan parenkim. Ketika akar menggali lebih dalam, kaliptra yang berada di permukaan yang paling dekat dengan tanah sedikit banyak dihancurkan oleh tekanan internal dan terkelupas saat mereka mengikis partikel tanah. Mucigel atau yang didefinisikan sebagai lapisan lendir kental yang dikeluarkan oleh tudung akar untuk melumasi ujungnya diproduksi oleh tudung akar. Namun, tudung akar terus-menerus diregenerasi oleh sel-sel baru dari dalam selama masa hidup akar, meskipun akar dapat bergerak beberapa meter ke dalam bumi. Akibatnya, ujung akar yang halus benar-benar terdorong ke dalam tanah tanpa menyentuh sayatan. Oleh karena itu, akar dapat melewati tanah yang keras sekalipun tanpa tekuk.

3. Epidermis (Lapisan Luar/Kulit Luar)

Lapisan sel-sel rambut dan sel-sel non-rambut saling berlekatan untuk membentuk epidermis akar. Diferensiasi yang diatur secara spasial mengarah pada pola epidermis ini. Dalam kebanyakan kasus, kutikula tidak ada pada epidermis akar. Sel-sel epidermis berubah menjadi rambut-rambut akar pada ujung akar yang berfungsi untuk memperbesar bidang serapan. Berdasarkan metode pembentukan rambut, perkembangan epidermis akar tanaman vaskular dapat dikategorikan menjadi tiga kelompok utama:

- a. Rambut akar dapat terbentuk dari setiap sel di epidermis;

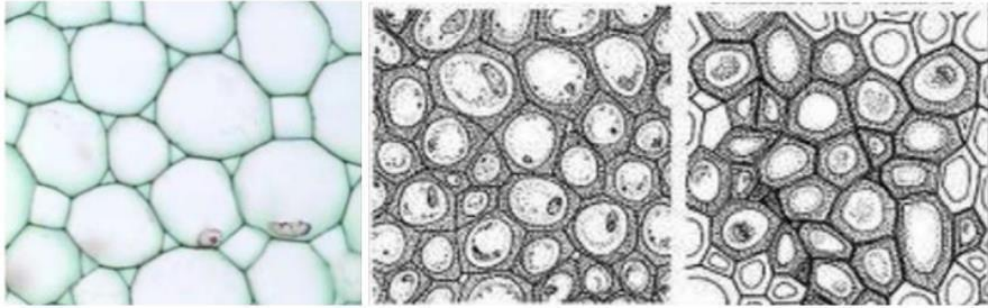
- b. Pada proses pembelahan sel asimetris yang menghasilkan produk lebih kecil akan menghasilkan rambut akar;
- c. Jaringan epidermis pada akar susunannya telah diatur menjadi bagian-bagian yang terpisah antara struktur sel berambut dan non rambut.



Gambar 3. 2 Anatomi Struktur Akar dan Rambut Akar

4. Korteks (Lapisan Pertama/Kulit Pertama)

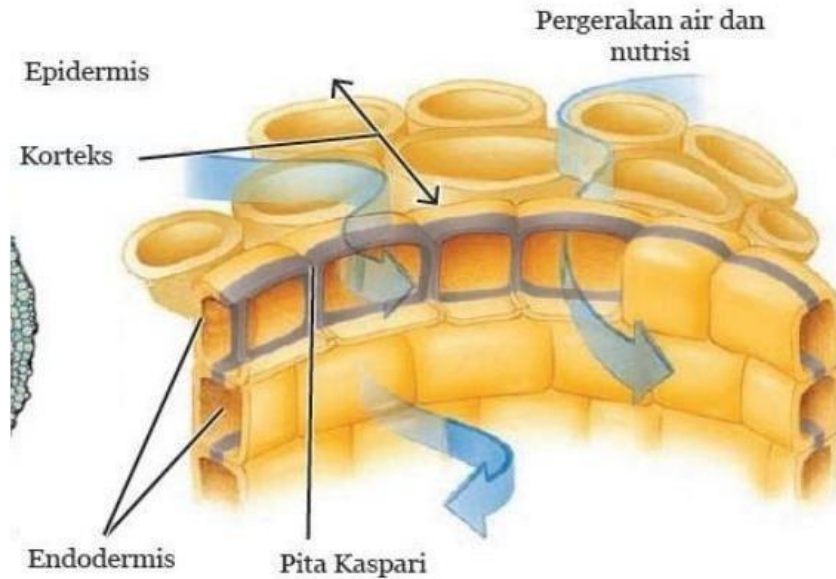
Korteks merupakan struktur parenkim pada akar tumbuhan. Jaringan dasar yang terletak di antara epidermis dan silinder pusat dikenal sebagai korteks. Korteks terdiri dari sel-sel berdinding tipis dan berkelompok membentuk lingkaran dan di antara sel-sel tersebut terdapat rongga-rongga sel yang berguna untuk menyimpan udara serta tempat terjadinya proses pertukaran udara. Korteks mengandung tiga jenis jaringan sel yang berbeda seperti parenkim, kolenkim, dan sklerenkim. Karena korteks kadang-kadang mengandung pati, keberadaan jaringan parenkim menunjukkan bahwa lapisan ini dapat juga berfungsi sebagai tempat menyimpan cadangan makanan.



Gambar 3. 3 Secara Berurutan dari Kiri ke Kanan yaitu Jaringan Parenkim, Sklerenkim, dan Kolenkim

5. Endodermis (Lapisan Antara Korteks dan Stele)

Lapisan endodermis pada akar tumbuhan merupakan tempat jaringan pengangkut berada. Di bagian dalam korteks yang terdiri dari deretan sel yang tersusun rapat tanpa ruang antarsel terdapat lapisan endodermis akar. Dinding sel endodermis menebal seperti yang terjadi pada struktur jaringan gabus. Penebalan tersebut berupa rentetan yang menyerupai pita sehingga disebut sebagai pita kaspary. Gabus yang mengalami penebalan mengakibatkan dinding sel kedap air dan menghalangi jalur apoplas agar tidak digunakan oleh air dan zat terlarut untuk keluar. Air berjalan melalui sel penerus, yaitu jaringan endodermis yang dindingnya tidak menebal untuk masuk ke dalam silinder pusat. Secara khusus, endodermis berperan dalam mencegah nutrisi meninggalkan tumbuhan dengan mengontrol masuknya bahan kimia ke dalam saluran akar. Endodermis berperan mengatur lalu lintas zat ke dalam pembuluh akar, terutama mencegah nutrisi meninggalkan struktur tumbuhan dan kembali ke tanah.



Gambar 3. 4 Struktur Jaringan Endodermis Akar Tumbuhan

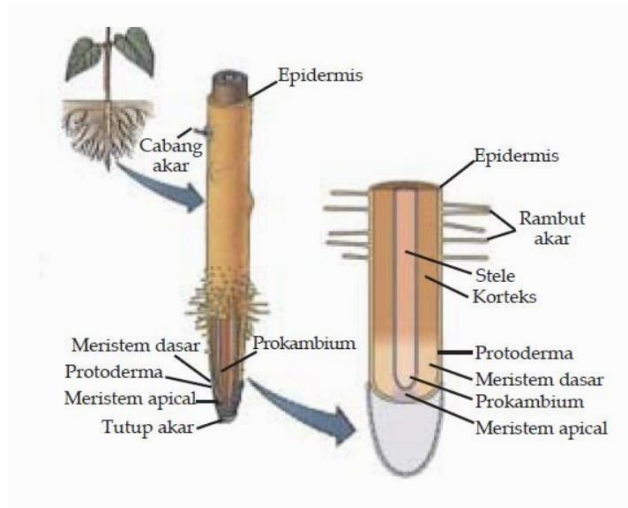
6. Stele (Silinder Pusat atau Lapisan Tengah Akar)

Selanjutnya bagian yang menyusun jaringan epidermis yaitu adanya stele (silinder pusat). Perisikel salah satu kandungan stele yang terletak tepat di sebelah dalam endodermis memiliki fungsi memberikan bentuk pada akar-akar cabang. Di dalam stele terdapat pembuluh kayu (disebut xylem) dan pembuluh tapis (disebut floem) yang termasuk pada jaringan pengangkut di dalam tubuh tumbuhan. Jika melihat pada struktur akar tumbuhan, komponennya dari yang paling dalam ke yang paling luar terdiri dari endodermis, korteks, dan epidermis. Pertumbuhan endogen merupakan salah satu faktor yang mengacu pada perkembangan cabang akar. Di dalam stele biasanya juga mengandung kambium. Kambium vaskular yang ada pada tumbuhan dikotil terletak di antara xylem dan floem. Sedangkan pada tumbuhan monokotil, selain memiliki xylem dan floem juga memiliki empulur tetapi tidak memiliki kambium vaskular.

3.4 Bentuk dan Struktur Akar

Akar memiliki berbagai macam bentuk dan struktur. Variasi bentuk dan struktur akar berkaitan dengan kegunaannya masing-masing, seperti jenis akar nafas, yang berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan, berperan sebagai pengisap, penyangga bagi tumbuhan, dan lain sebagainya. Komponen khas yang menyusun bentuk dan struktur pada akar meliputi:

1. Bagian akar yang bersambungan dengan pangkal batang disebut leher akar atau pangkal akar (*collum*).
2. Bagian akar yang paling muda yang disebut ujung akar (*apex radix*), mengandung banyak jaringan yang masih dapat tumbuh.
3. Bagian akar yang berada di antara leher akar dan ujungnya disebut batang akar (*corpus radix*).
4. Cabang-cabang akar (*radix lateralis*), atau ruas-ruas akar yang muncul dari batang akar tetapi tidak langsung melekat pada pangkal batang dan dapat bertunas/mengalami pertumbuhan kembali.
5. Rambut akar (*pilus radicalis*) atau bagian akar yang hanya merupakan penonjolan panjang dari dinding luar sel epidermis yang menyerupai rambut. Lebih banyak air dan nutrisi lainnya di dalam tanah yang dapat terserap berkat fungsi bulu-bulu akar tersebut, yaitu memperluas daerah resapan air oleh rambut akar.
6. Tudung akar (*calyptra*) merupakan bagian akar yang berada di ujung. Terdiri dari jaringan yang berfungsi sebagai penghalang/pelindung bagi ujung akar yang masih muda dan rentan.



Gambar 3. 5 Bagian-Bagian Akar Tumbuhan

3.5 Sistem Perakaran

Akar merupakan bagian yang sudah ada pada saat tumbuhan masih muda, yaitu berbentuk lembaga di dalam biji. Jenis akar ini dikenal sebagai akar lembaga (radikula). Akar lembaga dapat berkembang secara berbeda ketika benih tumbuh menjadi tumbuhan dewasa dalam tahap-tahap berikutnya. Akar pada tumbuhan Angiospermae dapat dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan asal terbentuknya yaitu:

1. Akar Primer

Akar yang mengalami pertumbuhan diameter membesar dan perpanjangan adalah akar primer. Akar primer selanjutnya akan berkembang menjadi akar pokok yang menopang hidup tumbuhan. Arah pertumbuhan akar primer adalah memanjang ke dalam tanah. Akar tunggang atau akar lembaga adalah sebutan lain dari akar primer. Akar primer berkembang dari bagian radikula embrio yang pada fase selanjutnya dapat tumbuh menjadi akar sekunder. Akar primer banyak dijumpai pada tumbuhan Angiospermae.

- ✓ Akar muda yang muncul dari biji akan menembus tanah dan akhirnya menjadi sistem perakaran tumbuhan. Titik tumbuh akar dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu:
- ✓ Pembelahan sel meristem terjadi tepat di belakang tutup akar di ujung akar.
- ✓ Pemanjangan terdiri dari sel-sel dengan kapasitas untuk memanjang dan berkembang, memungkinkan akar menembus tanah.
- ✓ Sel-sel yang akan membentuk struktur dan fungsi yang berbeda membentuk diferensiasi.

2. Akar Sekunder

Akar sekunder merupakan jenis akar yang terbentuk dari perkembangan akar primer. Saat akar primer menjadi pokok bagi tumbuhan, cabang-cabang akar primer berkembang menjadi akar sekunder. Perkembangan akar sekunder dipengaruhi juga oleh sel-sel yang mengelilinginya. Akar sekunder dapat mengalami pembesaran diameter karena adanya kambium. Pada bagian ujung-ujung akar, struktur akar sekunder akan berkembang menjadi bagian tudung akar. Tudung akar tersebut akan menjadi pelindung bagi ujung akar saat bergerak menyerap air dan unsur hara di dalam tanah.

- ✓ Tahapan pertumbuhan sekunder pada akar adalah sebagai berikut:
- ✓ Di antara xilem dan floem, sel-sel kambium vaskular membelah ke dalam untuk menghasilkan jaringan xilem sekunder. Jaringan floem sekunder dibuat oleh sel kambium vaskular yang membelah ke arah luar.
- ✓ Kambium vaskular mengalami pembelahan sel, yang meningkatkan diameter batang dan menyebabkan epidermis terkelupas atau mati. Fungsi epidermis yang terluka akan digantikan oleh pembelahan kambium gabus.

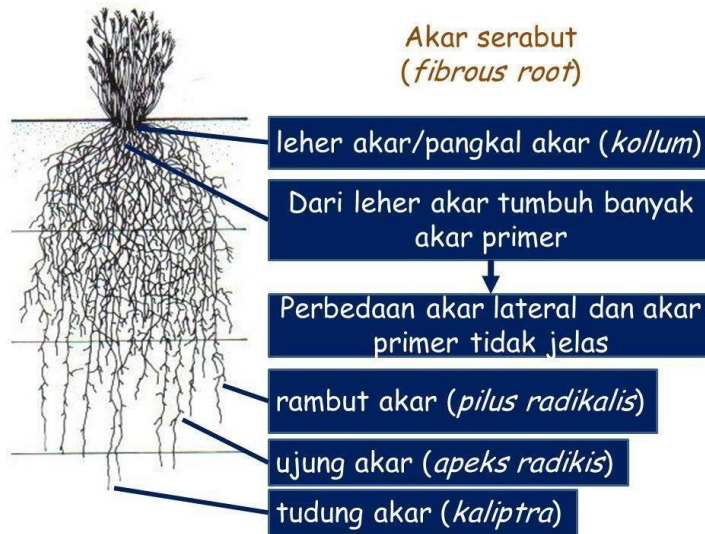
Selain itu, proses pertumbuhan yang berbeda tersebut memungkinkan pengklasifikasian tumbuhan dengan dua jenis sistem akar yang dibedakan berdasarkan bentuknya seperti berikut ini.

1. Akar Serabut

Akar serabut adalah sekelompok akar yang panjangnya kurang lebih sama dan biasanya terdapat pada pangkal tumbuhan besar, terutama yang berbiji tunggal atau monokotil. Akar, juga dikenal sebagai *radix adventitia* dalam bahasa Latin, muncul di pangkal batang, biasanya berkelompok, dan berfungsi untuk menggantikan akar tunggang yang tidak terbentuk. Akar serabut, seperti akar lainnya, berfungsi terutama untuk menopang tumbuhan agar dapat berdiri dengan kokoh dan kuat. Akar ini juga memiliki fungsi untuk menyerap air dan mineral dari tanah. Kemudian akan didistribusikan ke semua bagian tubuh tumbuhan yang membutuhkan unsur air dan mineral. Sistem akar ini biasanya terlihat pada monokotil, meskipun terkadang tumbuhan dikotil juga memilikinya (dengan catatan tumbuhan dikotil ini diperbanyak melalui pencangkokan tumbuhan atau stek). Fungsi utama akar serabut adalah membuat tumbuhan lebih kuat. Adapun karakteristik akar serabut yaitu:

- a. Tumbuhan dengan akar serabut biasanya mengalami kondisi akar embrionik yang regenerasi akarnya lebih cepat dibandingkan dengan jenis akar lainnya.
- b. Akar serabut berukuran paling kecil yang dikenal dengan serabut benang, umumnya berbentuk seperti benang.
- c. Akar serabut tertanam tidak terlalu dalam di tanah.
- d. Perkembangan akar serabut berada di pangkal batang.
- e. Tumbuhan dengan akar serabut cenderung mudah tumbang ketika angin bertiup karena sistem perakaran yang lemah.

- f. Akar serabut biasanya terdapat pada tumbuhan berbiji tunggal atau berkeping satu (monokotil).
- g. Akar timbul dari batang yang terlihat menyerupai rambut halus. Jenis akar serabut dapat dijumpai pada tumbuhan jagung (*Zea mays*), padi (*Oryza sativa*), pepaya (*Carica papaya*), dan lain-lain.

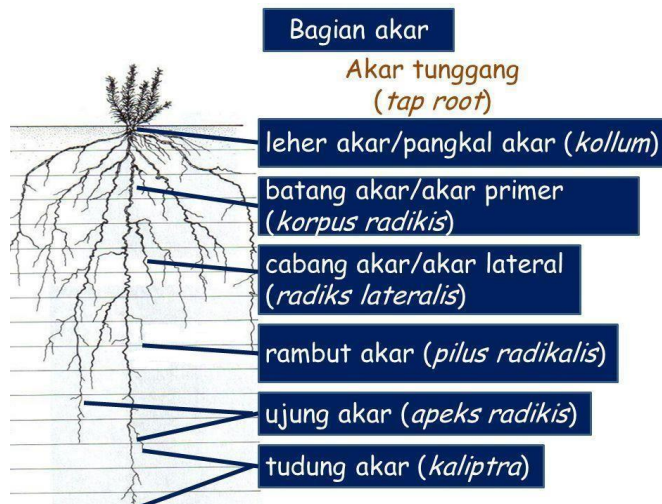


Gambar 3. 6 Anatomi Akar Serabut

2. Akar Tunggang

Akar dengan satu akar besar dikenal sebagai akar tunggang. Ketika akar lembaga yang menjadi pusat atau utamanya terus tumbuh bercabang menjadi akar yang lebih kecil, maka terciptalah sistem akar tunggang. Akar tunggang adalah istilah untuk akar utama (*radix primaria*). Biasanya tumbuhan berbiji terbuka (*Gymnospermae*) dan tumbuhan dikotil memiliki jenis struktur akar tunggang. Pangkal cabang berlanjut ke akar. Saat akar lainnya berkembang menjadi cabang akar utama. Akar tunggang cenderung memiliki ukuran lebar dan panjang dan hanya terdapat pada tumbuhan dikotil. Adapun karakteristik akar tunggang yang tidak dimiliki akar serabut adalah sebagai berikut.

- a. Bagian akar yang menjadi pusat sistem perakaran tunggang yaitu akar utama itu sendiri.
- b. Akarnya besar, kokoh, dan panjang.
- c. Terdapat akar samping yang merupakan akar lateral.
- d. Biasanya memiliki daun sejajar atau menyirip
- e. Tidak berasal dari atau tumbuh dari batang tumbuhan
- f. Secara umum, akar tunggang mencapai jauh di bawah permukaan tanah.
- g. Akar tunggang dapat ditemukan pada tumbuhan gymnospermae selain tumbuhan dikotil.
- h. Tidak memiliki jaringan yang berguna untuk menahan partikel-partikel di permukaan tanah.
- i. Dalam keadaan tertentu, dapat menyimpan cadangan makanan dan dapat mengakses air yang berada dalam di bawah tanah.
- j. Contoh tumbuhan yang memiliki akar tunggang yaitu wortel (*Daucus carota*), beringin (*Ficus benjamina*), pohon jati (*Tectona grandis*), dan lain-lain.



Gambar 3. 7 Anatomi Akar Tunggang

3.6 Sifat-Sifat Akar

Sifat-sifat yang dimiliki akar tumbuhan adalah sebagai berikut:

1. Akar adalah bagian dari tumbuhan yang biasanya terletak di dalam tanah, tumbuh ke arah air (hidrotrop) atau pusat bumi (geotrop), serta meninggalkan udara dan cahaya.
2. Akar tidak memiliki buku-buku atau ruas-ruas yang mencegahnya tersegmentasi dan tidak mendukung daun, sisik, atau bagian lain.
3. Biasanya berwarna pucat atau kekuningan, bukan hijau.
4. Akar terus mengalami pertumbuhan di ujungnya, tetapi secara umum masih tumbuh lebih lambat dari bagian tumbuhan yang terdapat di permukaan tanah.
5. Bentuk ujungnya sering meruncing yang memudahkan akar menembus ke dalam tanah.

3.7 Fungsi Akar

Adapun fungsi organ akar bagi tumbuhan antara lain:

1. Untuk menyokong dan memperkuat pertumbuhan tumbuhan di habitatnya,
2. Untuk menyerap air dan garam mineral kaya nutrisi dari tanah,
3. Memindahkan nutrisi dan air yang diserap dari tanah ke area tubuh tumbuhan yang membutuhkannya,
4. Spesies tumbuhan tertentu, seperti bakau memiliki komponen khusus yang berfungsi sebagai alat pernapasan,

Beberapa jenis tumbuhan memiliki bagian akar yang dapat digunakan untuk reproduksi vegetatif atau sebagai tempat menyimpan cadangan makanan. Misalnya, pada wortel yang akar tunggangnya melebar berfungsi sebagai sistem penyimpanan makanan. Selain itu juga, tunas dari akar tumbuhan sukun berpotensi untuk berkembang menjadi individu baru.

Rangkuman

1. Akar memiliki berbagai macam bentuk dan struktur. Variasi bentuk dan struktur akar berkaitan dengan kegunaannya masing-masing. Komponen khas yang menyusun bentuk dan struktur pada akar meliputi: pangkal akar (*collum*), ujung akar (*apex radix*), batang akar (*corpus radix*), cabang-cabang akar (*radix lateralis*), rambut akar (*pilus radicalis*), dan tudung akar (*calyptra*).
2. Jaringan penyusun akar tumbuhan antara lain epidermis sebagai lapisan terluar dan pelindung jaringan di bawahnya, jaringan parenkim sebagai jaringan dasar yang sebagian besar menyusun komponen akar, jaringan kolenkim dan sklerenkim sebagai jaringan penyokong, serta xylem dan floem sebagai jaringan pengangkut akar tumbuhan.
3. Akar yang mengalami pertumbuhan diameter membesar dan diperpanjang adalah akar primer. Akar primer selanjutnya akan berkembang menjadi akar pokok yang menopang hidup tumbuhan. Akar sekunder merupakan jenis akar yang terbentuk dari perkembangan akar primer. Saat akar primer menjadi pokok bagi tumbuhan, cabang-cabang akar primer berkembang menjadi akar sekunder.
4. Akar serabut adalah sekelompok akar yang panjangnya kurang lebih sama dan biasanya terdapat pada pangkal tumbuhan besar, terutama yang berbiji tunggal atau monokotil. Akar dengan satu akar besar dikenal sebagai akar tunggang. Ketika akar lembaga yang menjadi pusat atau utamanya terus tumbuh bercabang menjadi akar yang lebih kecil, maka terciptalah sistem akar tunggang. Biasanya tumbuhan berbiji terbuka (*Gymnospermae*) dan tumbuhan dikotil memiliki jenis struktur akar tunggang.
5. Sifat-sifat yang dimiliki akar tumbuhan adalah sebagai berikut:
 - a. Akar adalah bagian dari tumbuhan yang biasanya terletak di dalam

tanah, tumbuh ke arah air (hidrotrop) atau pusat bumi (geotrop), serta meninggalkan udara dan cahaya.

- b. Akar tidak memiliki buku-buku atau beruas-beruas yang mencegahnya tersegmentasi dan tidak mendukung daun, sisik, atau bagian lain.
 - c. Biasanya berwarna pucat atau kekuningan, bukan hijau.
 - d. Akar terus mengalami pertumbuhan di ujungnya, tetapi secara umum masih tumbuh lebih lambat dari bagian tumbuhan yang terdapat di permukaan tanah.
 - e. Bentuk ujungnya sering meruncing yang memudahkan akar menembus ke dalam tanah.
6. Adapun fungsi organ akar bagi tumbuhan antara lain:
- a. Untuk menyokong dan memperkuat pertumbuhan tumbuhan di habitatnya,
 - b. Untuk menyerap air dan garam mineral kaya nutrisi dari tanah,
 - c. Memindahkan nutrisi dan air yang diserap dari tanah ke area tubuh tumbuhan yang membutuhkannya,
 - d. Spesies tumbuhan tertentu, seperti bakau memiliki komponen khusus yang berfungsi sebagai alat pernapasan.

Evaluasi Pembelajaran

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Jelaskan tentang meristem apikal yang menyebabkan pemanjangan akar tumbuhan!
2. Jelaskan tentang kaliptra pada akar tumbuhan!
3. Jelaskan perbedaan antara akar primer dan akar sekunder!
4. Jelaskan perbedaan akar serabut dan akar tunggang!
5. Sebutkan fungsi akar tumbuhan!

Kunci Jawaban

1. Meristem apikal adalah jaringan di dekat ujung akar yang terus berkembang. Karena pembelahan sel berulang dan pembesaran sel di ujung akar adalah yang mendorong pertumbuhan, jaringan meristem apikal bertugas selama proses pembelahan sel dan menciptakan area pemanjangan (mitosis dan sitokinesis). Meristem apikal di ujung akar berperan menentukan kualitas tanah di sekitar akar guna mengarahkan gerak akar menuju air dan unsur hara yang dibutuhkan oleh tumbuhan.
 2. Kaliptra berkembang dari lapisan sel yang menutupi ujung akar. Saat selubung sel terluar mati, sel-sel akan berkumpul dan melindungi ujung akar yang berkembang kemudian menciptakan bidal pelindung. Kaliptra juga dikenal sebagai tudung akar yang komposisinya terdiri dari sel-sel parenkim dan berkembang dari meristem apikal.
 3. Akar yang mengalami pertumbuhan diameter membesar dan perpanjangan adalah akar primer. Akar primer selanjutnya akan berkembang menjadi akar pokok yang menopang hidup tumbuhan. Sedangkan akar sekunder merupakan jenis akar yang terbentuk dari perkembangan akar primer. Saat akar primer menjadi pokok bagi tumbuhan, cabang- cabang akar primer berkembang menjadi akar sekunder.
 4. Akar serabut adalah sekelompok akar yang panjangnya kurang lebih sama dan biasanya terdapat pada pangkal tumbuhan besar, terutama yang berbiji tunggal atau monokotil. Akar dengan satu akar besar dikenal sebagai akar tunggang. Ketika akar lembaga yang menjadi pusat atau utamanya terus tumbuh bercabang menjadi akar yang
-
1. lebih kecil, maka terciptalah sistem akar tunggang. Biasanya tumbuhan berbiji terbuka (Gymnospermae) dan tumbuhan dikotil memiliki jenis

struktur akar tunggang.

5. Adapun fungsi organ akar bagi tumbuhan antara lain:
 - a. Untuk menyokong dan memperkuat pertumbuhan tumbuhan di habitatnya,
 - b. Untuk menyerap air dan garam mineral kaya nutrisi dari tanah,
 - c. Memindahkan nutrisi dan air yang diserap dari tanah ke area tubuh tumbuhan yang membutuhkannya,
 - d. Spesies tumbuhan tertentu, seperti bakau memiliki komponen khusus yang berfungsi sebagai alat pernapasan.

Referensi

- Fahn, A. (1990). *Plant anatomy*. Pergamon Press, Oxford, New York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt.
- Pandey, B. P. 1982. *Plant anatomy*. Head of the Department of Botany , Remnagar , New Delhi
- Raven, P. H., Evert, R. F., dan Eichorn, S. E. (1992). *Biology of plants*. Worth Publisher, 33 Irving place New York 10003.
- Sumardi, I., dan Pudjoarinto. (1993). Struktur dan perkembangan tumbuhan. Departemen pendidikan dan kebudayaan. DIKTI Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan Tinggi.

BAB IV

ANATOMI BATANG

4.1 Tujuan Pembelajaran

Adapun tujuan pembelajaran yang ingin dicapai dalam bab ini yaitu:

1. Menjelaskan struktur anatomi batang,
2. Menjelaskan struktur jaringan epidermis, parenkim, kolenkim, sklerenkim, dan pengangkut pada batang tumbuhan,
3. Menjelaskan perbedaan struktur batang primer dan batang sekunder,
4. Menjelaskan perbedaan batang pada tumbuhan dikotil, monokotil, dan gymnospermae.

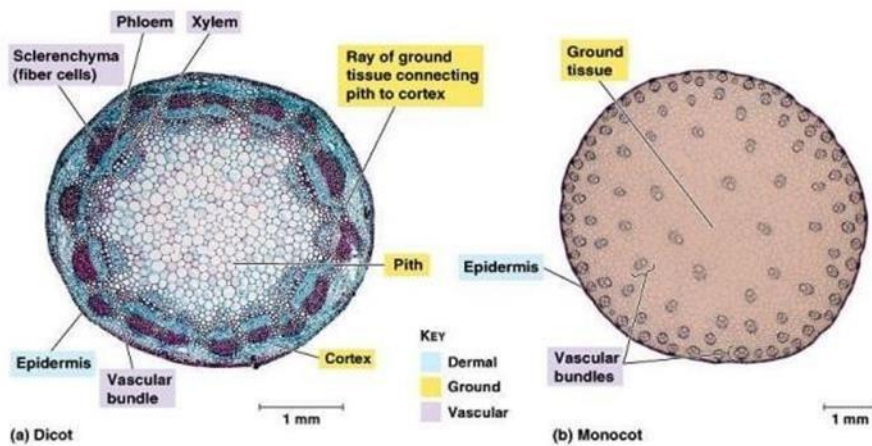
4.2 Pendahuluan

Daun umumnya melekat pada batang yang merupakan sumbu bagi tumbuhan. Daun muda melingkari batang pada puncak titik sumbu tumbuhan, sehingga berkembang menjadi tunas terminal. Nodus (buku) tempat daun dewasa berukuran lebar dan saling berjauhan melekat dengan batang dapat dibedakan lagi menjadi internodus (ruas) yang merupakan bagian batang yang tumbuh di dalam tanah atau air meliputi rimpang, umbi lapis, atau umbi batang. Terdapat juga jenis batang yang tegak, memanjat, dan merambat.

Seperti pada akar, batang juga mengandung epidermis, korteks, stele serta jaringan pengangkut (pembuluh). Jaringan yang terdapat pada batang tumbuhan dapat dibedakan menjadi jaringan dermal, jaringan dasar, dan jaringan pengangkut. Perbedaan struktur primer batang dari spesies yang berbeda didasarkan pada perbedaan jumlah jaringan dasar dan jaringan pembuluh. Berbeda dengan akar, anatomi batang dipengaruhi oleh daun yang dikandungnya dan terbentuk secara eksogen. Sistem jaringan vaskular dibagi menjadi interfasikel parenkim yang merupakan bundel-bundel vaskular yang berdekatan satu sama lain atau dipisahkan oleh parenkim celah daun. Bagian

yang sering disebut sebagai jari-jari medula atau jari-jari empulur merupakan sebuah parenkim interfasikel.

Susunan yang berbeda muncul di batang paku, dikotil tertentu, dikotil basah, dan monokotil. Ikatan vaskular hadir dalam dua lingkaran di paku dan dikotil lembab, sementara itu pada tumbuhan monokotil keberadaannya menyebar. Akibatnya, pada potongan melintang melalui segmen batang, monokotil tidak memiliki batas jaringan dasar yang jelas, sedangkan batas jaringan pembuluh bukan merupakan lingkaran. Di bawah ini adalah ilustrasi bagaimana susunan anatomi batang tumbuhan berbeda antara monokotil dan dikotil.



Gambar 4. 1 Struktur Anatomi Batang pada a) Tumbuhan Dikotil dan b) Tumbuhan Monokotil

4.3 Struktur Anatomi Batang Tumbuhan

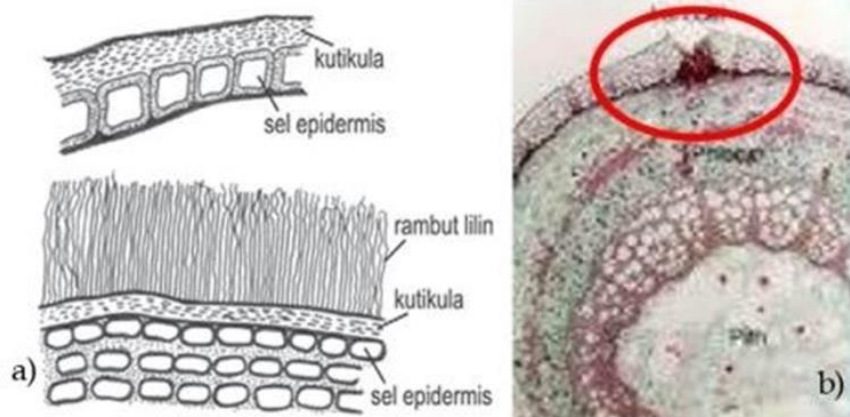
Adapun komponen penyusun organ batang tumbuhan antara lain jaringan epidermis, korteks, endodermis, dan stele. Berikut penjelasannya.

4.3.1 Jaringan Epidermis

Sel-sel yang membentuk jaringan epidermis biasanya berbentuk persegi panjang, tipis, dan padat atau tersusun rapat. Dinding sel luar sel-

sel ini sering ditutupi dengan kutikula. Ketika sel-sel batang muda termasuk epidermis dihancurkan, maka periderm (hipodermis) masuk untuk melakukan tugasnya. Batang muda memiliki trikoma (kelenjar atau non- kelenjar), sedangkan batang berfotosintesis memiliki stomata yang kemudian tumbuh menjadi lentisel. Jaringan epidermis pada akar dan batang tumbuhan yang telah mengalami pertumbuhan sekunder akan digantikan oleh jaringan gabus (periderm). Jaringan gabus memiliki kemampuan perlindungan yang sangat baik bagi jaringan di bawahnya dan mengakibatkan permukaan akar atau batang tumbuhan menjadi kasar (Britannica, 2014).

Sel kutikula menutupi jaringan epidermis di permukaan batang. Saat terkena cahaya, permukaan kutikula biasanya mengandung bahan lilin yang bersifat hidrofobik (tidak suka air) dan membuat batang tumbuhan nampak mengkilat. Lentisel adalah pori-pori kecil yang terbentuk pada batang dan akar tumbuhan sebagai hasil pertumbuhan sekunder. Lentisel berfungsi sebagai lokasi pertukaran gas antara jaringan internal dan dunia luar. Periderm tumbuhan berbunga dikotil mengandung lentisel, yaitu jaringan berpori dengan sel yang memiliki celah antar sel yang lebar. Namun, pada permukaan batang, lentisel dapat dilihat dalam pola melingkar. Selain itu, pada permukaan batang lentisel juga dapat dijumpai tersusun melingkar di permukaan batang secara memanjang maupun oval.



Gambar 4. 2 a) Kutikula dan b) Lentisel pada Batang

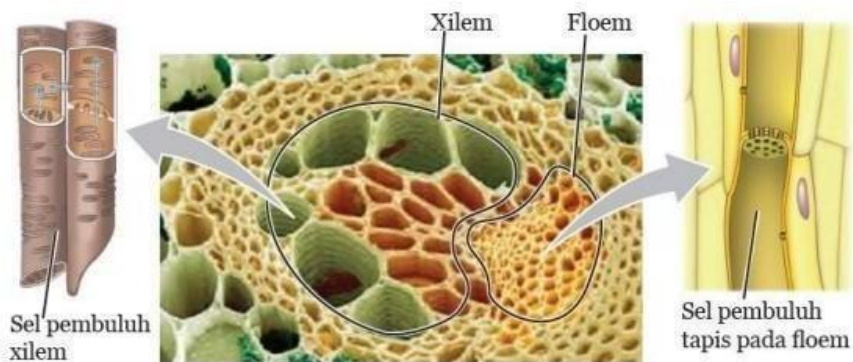
4.3.2 Korteks

Korteks merupakan bagian jaringan parenkim yang berkembang pada organ batang tumbuhan. Batang sebagian besar terdiri dari sel-sel parenkim berdinding tipis yang menyusun jaringan dasar dan memiliki sel-sel yang tersebar tidak merata. Kadang-kadang terdapat kolenkim yang berkelompok atau membentuk lingkaran tertutup di daerah peripir (tepi). Serat yang menyusun jaringan sklerenkim dapat berdiri sendiri atau berkelompok. Kandungan di dalam korteks dapat termasuk kristal, tepung, atau bahan lain, dan terkadang idioblas juga dapat dijumpai dalam bentuk sel minyak, ruang lendir, sel lendir, sel kristal, kelenjar minyak, sel hars, atau saluran gom. Endodermis juga dikenal sebagai fluoetherma atau selubung tepung yang merupakan lapisan korteks yang paling dalam. Disebut korteks karena tersusun atas lapisan sel berisi tepung yang tersusun melingkar. Pada struktur batang dewasa, endodermis ditemukan rusak atau hancur dan digantikan oleh jaringan lain yang berasal dari stele.

4.3.3 Endodermis (Jaringan Pengangkut)

Jaringan endodermis adalah jaringan yang menggambarkan batas dalam korteks yang memiliki fungsi sebagai jaringan pengangkut. Ada

beberapa perbedaan antara endodermis pada tumbuhan dikotil dan tumbuhan monokotil. Tumbuhan memerlukan jaringan pengangkut untuk memindahkan serapan hara dari akar ke daun untuk proses fotosintesis. Hasil fotosintesis kemudian dibawa kembali dan disebarluaskan ke seluruh tubuh tumbuhan untuk digunakan, sedangkan sisanya disimpan. Tumbuhan ini memiliki cadangan atau penyimpanan makanan yang bisa dikonsumsi manusia. Xylem dan floem adalah dua komponen jaringan transportasi (jaringan pembuluh). Air dan bahan lainnya diangkut dari akar ke daun melalui xylem. Floem membawa makanan yang dihasilkan oleh fotosintesis pada tubuh tumbuhan. Di bawah ini adalah gambar ilustrasi xylem dan floem.



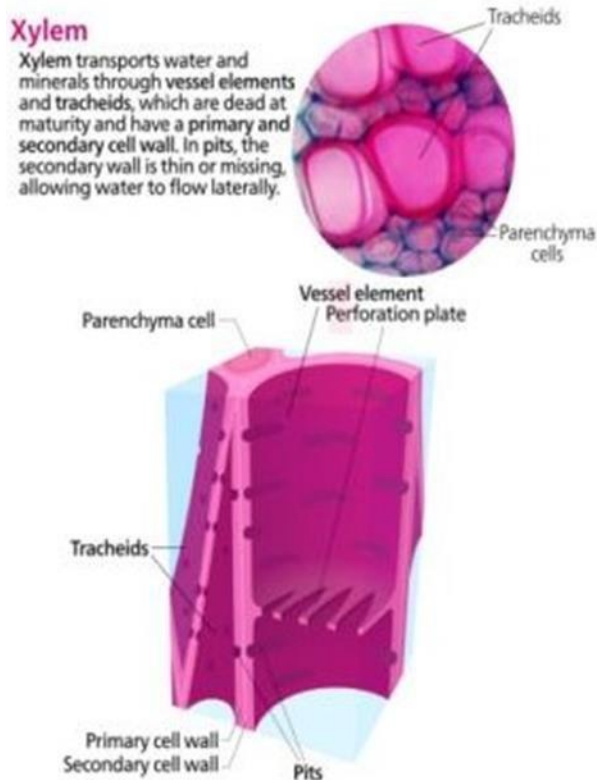
Gambar 4. 3 Jaringan Pengangkut Xylem dan Floem

Air dan mineral harus dipindahkan dari akar ke batang dan akhirnya ke daun melalui xylem. sebagian besar jaringan xylem terdiri dari sel-sel khusus yang disebut pembuluh. Karena transportasi melalui xylem adalah proses fisik, energi tidak diperlukan untuk itu. Struktur xylem pada tumbuhan memiliki fungsi sebagai berikut:

- Xylem membentuk tabung berongga yang strukturnya tersusun kontinu. Akibatnya, air bisa mengalir dengan bebas di dalam jaringan

xylem.

- Diperkuat dengan bantuan zat lignin. Sel yang mati akan berhenti berfungsi. Kemudian tabung berongga akan diperkuat dan didukung oleh lignin.

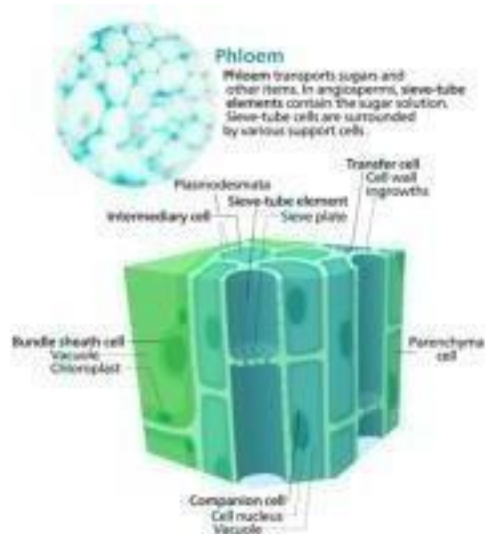


Gambar 4. 4 Struktur Sel pada Jaringan Xylem

Translokasi (sistem pengangkutan) mengacu pada gerakan naik turun batang yang terjadi dalam sistem transportasi jaringan floem. Floem terdiri dari sel-sel hidup. Sel penyusun floem telah diubah untuk melakukan tugas-tugas berikut:

- Tabung filtrasi yang dirancang khusus tanpa inti untuk transportasi. Agar sitoplasma dapat menghubungkan satu sel ke sel berikutnya sehingga ujung setiap pembuluh tapis berlubang.

- Sel pendamping, pergerakan bahan melalui floem membutuhkan energi. Energi ini disediakan oleh satu atau lebih sel pendamping yang melekat pada masing-masing tabung filtrasi. Tabung filtrasi bergantung sepenuhnya pada sel pendampingnya.



Gambar 4. 5 Struktur Sel pada Jaringan Floem

Adapun perbedaan proses pengangkutan yang dilakukan oleh jaringan xylem dan floem di dalam tubuh tumbuhan dapat dilihat dari tabel berikut ini.

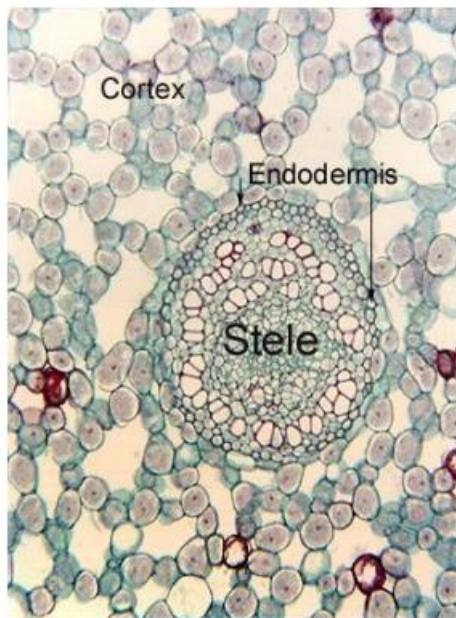
Tabel 4. 1 Perbedaan Proses Pengangkutan Xylem dan Floem

Perbedaan	Xylem	Floem
Jenis transportasi	Proses fisik	Membutuhkan energi
Zat yang diangkut	Air dan mineral	Produk fotosintesis, termasuk gula dan asam amino yang dilarutkan dalam air

Perbedaan	Xylem	Floem
Arah transportasi	Ke atas	Ke atas dan ke bawah

4.3.4 Stele

Stele atau yang dikenal dengan sebutan silinder pusat merupakan jaringan vaskular yang terletak di bagian tengah batang tumbuhan. Stele terdiri atas jaringan vaskular, jaringan dasar meliputi empulur dan sinar meduler, serta *pericycle*. *Pericycle* merupakan bagian yang berada pada lapisan stele paling luar dan berbatasan langsung dengan korteks batang tumbuhan. Arah evolusi sistem vaskular dapat terlihat pada stele pada batang tumbuhan. Oleh karena itu, pada berbagai variasi tumbuhan yang sama dapat dijumpai banyak jenis stele.



Gambar 4. 6 Penampang Stele

Empulur sebagai bundel pengangkut dan perikambium (perisikel) menyusun stele (silinder pusat) pada batang tumbuhan dikotil. Empulur sendiri berarti pusat organ batang yang terbentuk dari sel-sel parenkim. Sedangkan jari-jari empulur merupakan salah satu bagian dari berkas pengangkut yang terletak terpisah akibat deretan sel-sel parenkim yang susunannya radial. Pada tumbuhan monokotil, struktur korteks dan empulurnya hampir tidak dapat diidentifikasi dengan jelas maka dari itu disebut sebagai jaringan dasar saja. Berkas pengangkut terbentuk dalam berbagai bentuk dan ukuran. Selain itu, floem dan xylem dapat ditemukan di banyak tempat.

Secara umum, stele dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu prostele dan sifonostele. Prostele adalah jenis stele yang memiliki sumbu xylem padat tanpa inti dan dikelilingi oleh floem. Sedangkan siphonostele merupakan stele yang memiliki xylem tidak padat dan terdapat silinder parenkim di bagian tengahnya.

1. Prostele

Prostele adalah jenis stele yang terbilang primitif. Jaringan pengangkut pada prostele merupakan massa utuh yang bagian pusat xylemnya dikelilingi floem secara menyeluruh. Prostele dapat dibedakan lagi menjadi beberapa jenis antara lain:

- Haplostele, adalah jenis prostele yang paling sederhana. Terdapat lingkaran yang dikelilingi floem pada pusat penampang melintang xylem haplostele. Contoh tumbuhan yang terdapat haplostele yaitu *Selaginella* dan *Rhynia*.
- Aktinostele, merupakan jenis stele yang memiliki xylem di bagian tengahnya dengan bentuk tepian tidak rata, berombak menyerupai bentuk bintang. Contoh tumbuhan yang terdapat aktinostele adalah

batang pada tumbuhan *Lycopodium* dan *Psilotum*.

- Plektostele, adalah jenis stele yang strukturnya paling kompleks. Keberadaan xylem di tengah plektostele terbelah menjadi beberapa kelompok silinder kecil yang posisinya sejajar satu dengan lainnya. Sementara floem terletak di antara kelompok xylem tersebut. Contoh tumbuhan yang mengandung plektostele adalah *Lycopodium annotinum*.

2. Sifonestele

Sifonestele adalah jenis stele yang terbentuk akibat modifikasi prostele. Keberadaan empulur di bagian tengah yang tersusun atas sel-sel parenkim menyebabkan modifikasi tersebut. Berdasarkan kedudukan xylem dan floemnya, sifonestele dapat dibedakan menjadi lima, yaitu:

- Sifonestele ektofloik, terdapat xylem yang konsentris mengelilingi empulur serta floem yang secara konsentris mengelilingi xylem. Contoh tumbuhan yang mengandung sifonestele ektofloik adalah pada batang *Selaginella*.
- Sifonestele amfifloik, terdapat xylem yang dikelilingi oleh floem secara konsentris di sebelah luar maupun sebelah dalam yang mengelilingi empulur. Contohnya pada batang *Adiantum* dan *Marsilea*.
- Diktiostele, termasuk tipe sifonestele amfifloik yang memiliki berbagai jendela daun. Terdapat tipe konsentris amfikribal dan ikatan pembuluh yang memisahkan diri secara individu sehingga disebut meristele. Meristele adalah jenis stele yang dapat dijumpai pada organ daun.
- Eustele, merupakan sifonestele yang dimodifikasi memiliki ikatan

pembuluh vaskular yang bersifat bikolateral atau kolateral dan biasanya ditemukan di tepi empulur.

- Ataktostele, bentuk prasasti dengan pembuluh vaskular tersebar, biasanya ditemukan di batang monokotil. Jenis bundel transportasi dapat berupa konsentris amfivasal atau agunan tertutup.

4.4 Perbedaan Anatomi Batang Primer dan Sekunder

Jenis jaringan yang menghasilkan pertumbuhan membedakan pertumbuhan primer dari pertumbuhan sekunder. Jaringan meristematik utama, yang meliputi meristem apikal akar dan pucuk, mengatur pertumbuhan awal. Meristem lateral, juga dikenal sebagai jaringan meristematik sekunder, ditemukan di kambium vaskular dan kambium gabus dan mengatur pertumbuhan sekunder. Daerah pertumbuhan atau titik tumbuh, pemanjangan, dan diferensiasi merupakan komponen pertumbuhan batang primer. Sel-sel yang membelah di ujung pucuk membentuk meristem apikal di batang. Sementara itu, ruas, juga dikenal sebagai ruas, adalah tempat sel induk tumbuh, membelah, dan memanjang.

Tahapan pertumbuhan sekunder pada batang adalah sebagai berikut:

- ✓ Di antara xylem dan floem, sel-sel kambium vaskular membelah ke dalam untuk menghasilkan jaringan xilem sekunder. Jaringan floem sekunder dibuat oleh sel kambium vaskular yang membelah ke arah luar.
- ✓ Kambium vaskular mengalami pembelahan sel, yang meningkatkan diameter batang dan menyebabkan epidermis terkelupas atau mati. Fungsi epidermis yang terluka akan digantikan oleh pembelahan kambium gabus.

4.4.1 Anatomi Batang Primer

Protoderm, prokambium, dan meristem dasar menimbulkan batang primer. Jaringan batang primer memiliki struktur dan komposisi sebagai berikut.

Epidermis mengelilingi batang. Ada beberapa jenis idioblas, sel penjaga, dan trikoma di antara sel epidermis. Korteks, yang terletak di dalam epidermis, terdiri dari banyak jenis sel. Sel-sel parenkim dengan dinding sempit membentuk keseluruhan korteks yang paling sederhana. Parenkim melakukan fotosintesis dan berfungsi sebagai tempat penyimpanan pati dan metabolit lainnya di pelargonium, retama, dan salicornia. Kolagen atau serat membentuk daerah di luar korteks yang berada di sebelah epidermis. Selain sklereid, sel sekretori, dan garis lintang, korteks batang ini juga mengandung.

Endodermis menandai batas korteks dan stele. Endodermis akar dan endodermis batang berbeda. Sel-sel hidup dalam bentuk silinder telanjang membentuk sel-sel endodermis. Struktur dinding endodermis khas dan khas. Pita Caspary adalah penebalan lignin, bahan kayu, dan suberin, bahan gabus, pada jari dan dinding melintang. Sel-sel endodermis mengalami perubahan saat berkembang, termasuk perlekatan lapisan gabus ke permukaan bagian dalam dinding sel. Di bagian dalam lapisan gabus, lapisan sekunder selulosa kemudian ditambahkan, seringkali mengandung komponen kayu. Lapisan endodermis batang Dicotyledoneae dikenal sebagai "selubung tepung" karena butiran pati sering ditemukan di sana. Pericycle, lapisan sel di luar floem, ditemukan di dalam lapisan endodermis.

Stele yang menampung sistem pembuluh terletak di sebelah dalam endodermis. Sistem vaskular gymnospermae dan mayoritas dicotyledoneae terdiri dari silinder celah dengan bagian tengah yang dikenal sebagai empulur. Jaringan pembuluh dapat berupa dua varietas: floem, yang biasanya terlihat di permukaan, dan xilem, yang biasanya

ditemukan di dalam. Jaringan pengangkut terdiri dari floem dan xilem. Ada dua kategori jaringan pengangkut yang berbeda.

1. Kolateral

Kolateral tertutup dan terbuka adalah dua kategori jenis kolateral. Ketika ada parenkim penghubung tetapi tidak ada kambium antara xilem dan floem, ini disebut kolateral tertutup. Batang monocotyledoneae sering menunjukkan jenis ini. Di antara xilem dan floem pada agunan terbuka terdapat kambium pleuritik. Jenis ini biasanya ditemukan di batang dicotyledoneae.

2. Bikolateral

Sebagian xilem ada di tengah, sebagian floem ada di luar, dan sebagian floem ada di luar dan di dalam berkas pengangkut tipe bikolateral. Ada kambium antara xilem dan floem bagian luar dan parenkim penghubung antara xilem dan floem bagian dalam. Banyak dicotyledoneae, termasuk solanaceae, cucurbitaceae, asclepiadaceae, apocynaceae, convolvulaceae, dan compositae, memperlihatkan adanya komponen bikolateral pada batang.

3. Konsentris (Terputus)

Bundel konsentris memiliki floem atau xilem yang mengelilinginya. Amfikribal konsentris yang khas pada pteridophyta adalah sebutan untuk xilem yang dikelilingi oleh floem. Konsentris amfivasal mengacu pada floem yang dikelilingi oleh xilem dan biasanya terlihat pada monokotil-doneae, seperti aloe arborescens, dracaena, cordylin, dan sebagainya.

4. Radial (Menjari)

Xylem dan floem diatur secara bergantian ke arah jari-jari untuk membentuk berkas pengangkut tipe jari. Ketika xilem dan floem

dominan dalam keadaan primer, pengaturan ini terjadi di akar.

Sistem vaskular dasar dari sebagian besar monokotil dan beberapa dikotil terdiri dari banyak bundel transportasi yang tersebar yang membuat sulit untuk membedakan antara korteks, silinder vaskular, dan empulur.

Jaringan dasar yang terdiri dari protoxylem, metaxylem, protofloem, dan metafloem adalah sistem vaskular yang sebelumnya dibahas. Endark adalah istilah yang digunakan ketika metaxylem berdiferensiasi ke arah pinggiran, seperti batang angiospermae, dan protoxylem hadir di bagian dalam metaxylem. Disebut exar jika protoxylem terdapat pada bagian luar metaxylem dan metaxylem berdiferensiasi secara sentripetal, seperti pada akar angiospermae. Mesark sering terjadi ketika protoxylem berdiferensiasi menjadi metaxylem sentripetal dan sentrifugal. Jenis mesark dan exark dari xilem utama tampaknya lebih primitif.

Pelepasan satu atau lebih berkas pengangkut yang memasuki daun menyebabkan silinder pembuluh utama dalam angiospermae, khususnya dikotil, berhenti pada setiap ruas. Istilah "jejak daun" mengacu pada daerah ini. Ada tiga jenis segmen yang dikenal sebagai unilacuna, trilacuna, dan multilacuna, bergantung pada jumlah jejak daun pada setiap segmen. Segmen trilacuna adalah bentuk primitif dari angiosperma, menurut Sinnott (1914). Angiosperma dapat mengalami modifikasi reversibel selama proses vaskularisasi (Bailey, 1956).

4.4.2 Anatomi Batang Sekunder

Aksi kambium vaskular yang terus menerus membelah sehingga jumlahnya meningkat menyebabkan pertumbuhan sekunder batang.

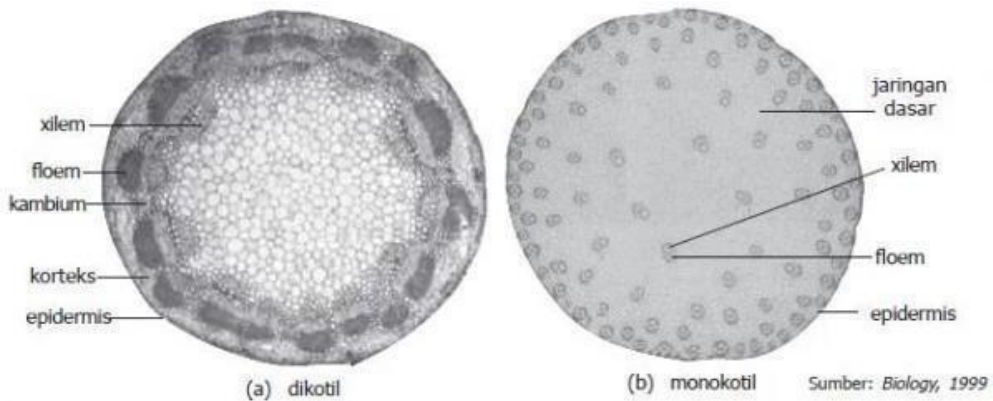
Gymnospermae dan dikotil dikenal karena pertumbuhan sekundernya. Kebanyakan monokotil tidak menebal sekunder, sedangkan dikotil tertentu adalah menema (herba). Periderm berkembang dari felogen selama pertumbuhan sekunder. Kambium vaskular (kambium intravaskular) adalah kambium yang terletak di ruang antara xylem dan floem. Kambium intervaskular adalah jenis kambium yang terletak di antara bundel pengangkut.

Cincin silindris xylem tumbuh akibat penebalan sekunder yang mengikutinya. Antiklin dibagi secara longitudinal oleh kambium bertingkat. Sel-sel spindel paling awal dalam kambium yang tidak bertingkat membelah antiklin, semuanya melintang, dan miring sebelum terlibat dalam pertumbuhan invasif. Kecuali Gnetaceae, kayu dan kulit batang Gymnospermae memiliki banyak wadah pembuluh tapis. Dicotyledoneae tidak memiliki pembuluh tapis. Tidak ada pertumbuhan sekunder di Monocotyledoneae. Terdapat parenkim penghubung yang menghubungkan xylem dengan floem. Titik pertumbuhannya sederhana pada tumbuhan yang belum dewasa, tetapi meluas untuk memungkinkan batang Monocotyledoneae juga tumbuh lebih besar, seperti pada kasus Palmae. Oleh karena itu, penyebaran titik tumbuh daripada pertumbuhan sekunder inilah yang menyebabkan batang tumbuh lebih besar.

4.5 Anatomi Batang Dikotil, Monokotil, dan Gymnospermae

Anatomi batang pada tumbuhan monokotil dan batang dikotil sangat berbeda. Menurut Fahn (1995), jaringan epidermis, jaringan parenkim, serat (fiber), dan jaringan pembuluh merupakan komponen utama histologi batang tumbuhan monokotil. Struktur batang monokotil tidak bercabang, arteri xylem-floem tersebar, tidak memiliki kambium vaskular yang mencegah diferensiasi empulur di area kortikal, dan tidak memiliki jari-jari empulur.

Epidermis batang monokotil memiliki dinding sel yang kuat dan tersusun dari satu lapis sel. Jaringan sklerenkim, kulit batang, hadir sebagai lapisan tipis jaringan di bawah epidermis. Bagian luar batang diperkuat dan dibuat lebih keras oleh kulit kayu. Rachmawati *et al.*, (2009) menyatakan bawah stomata dan trikoma terdapat pada epidermis. Pada potongan melintang, sistem vaskular monokotil biasanya terdiri dari jumbai yang terdistribusi secara acak. Ikatan pada penampang batang dapat diamati karena tidak membentuk lingkaran seperti yang terjadi pada penampang sebagian besar dikotil.



Gambar 4. 7 Penampang Melintang Batang a) Dikotil dan b) Monokotil

Morfologi dan perkembangan jaringan primer dan sekunder batang gymnospermae, sering dikenal sebagai tumbuhan berbiji terbuka, identik dengan batang dikotil. Secara anatomis, trakeid dan simpul tapal kuda membentuk mayoritas xylem dalam batang gymnospermae. Tidak ada trakea, xilem, atau jari-jari serat kayu. Floem batang gymnospermae biasanya hanya berisi pembuluh tapis dan parenkim floem; tidak ada sel pasangan floem. Pembuluh tapis biasanya terletak di korteks gymnospermae. Pada gymnospermae, silinder pembuluh dipisahkan oleh celah daun (polipodium),

dan jenis pembuluh merupakan kolateral terbuka di mana xylem dan floem dikelilingi oleh kambium. Jenis stele adalah diktiosteles.

Pinus sp. merupakan perwakilan dari batang gymnospermae. Contoh tumbuhan yang termasuk jenis konifer adalah Pinus. Gymnospermae memiliki sistem peredaran darah berbentuk silinder celah dengan empulur di tengahnya. Empulur terdiri dari jaringan yang sebagian besar parenkim dan tersusun longgar. Bundel vaskular konsentris amphikribal adalah jenisnya. Konsentris amphikribal mengacu pada cara xylem dan floem diatur untuk menghasilkan pembuluh. Floem primer tidak memiliki endodermis dan tidak berkembang di batasnya. Jaringan sekunder secara bertahap berkembang di depan celah daun sehingga parenkim celah menonjol ke arah xylem sekunder yang telah dibuat sebelumnya. Floem primer sudah tidak ada lagi, tetapi xylem primer masih dapat diamati di dekat empulur. Garis yang memisahkan floem dari korteks dapat ditemukan jika floem primer yang terluka masih terlihat. Jika tidak ada serabut floem utama yang dapat berfungsi sebagai batas, batas tersebut tidak jelas. Saluran hars (resin) akan melebar secara tangensial dengan bertambahnya lingkaran batang. Di bawah epidermis, periderm awal berkembang dan bertahan selama beberapa tahun sebelum diganti.

4.6 Fungsi Batang

Batang muda seringkali berwarna hijau pucat, sedangkan batang yang lebih tua cenderung kecoklatan. Batang memberikan berbagai fungsi bagi tumbuhan, termasuk memberikan dukungan, menyalurkan air dan nutrisi, menyimpan cadangan makanan, dan dapat berperan dalam perkembangbiakan tumbuhan.

1. Penopang

Fungsi utama batang adalah menopang bobot tanaman dan mengarahkan

daun ke arah cahaya, terutama matahari. Batang merupakan bagian tumbuhan yang lebih panjang atau lebih tinggi berkembang. Hasilnya, daun yang tumbuh di batang lebih mudah mengakses cahaya.

2. Pengangkut

Air dan mineral dapat diangkut dari akar ke daun melalui batang. Selain itu, batang sangat penting dalam proses pemindahan nutrisi dari daun ke seluruh bagian tumbuhan yang membutuhkan.

3. Penyimpan

Batang beberapa tumbuhan berperan sebagai wadah penyimpan cadangan makanan. Misalnya pada batang tumbuhan sagu. Cadangan makanan berupa air juga dimungkinkan dalam situasi ini, contohnya pada batang tumbuhan tebu dan kaktus. Tumbuhan akan menggunakan sumber cadangan makanan tersebut saat membutuhkannya.

4. Alat perkembangbiakan

Batang tumbuhan juga dapat digunakan untuk memperbanyak vegetatif. Batang digunakan di hampir semua perkembangan vegetatif, baik secara alami maupun buatan. Manusia dapat membuat *furniture* dari batang tumbuhan yang mengandung kayu, antara lain batang pohon jati. Selain itu, batang dari tumbuhan sagu dan asparagus dapat menjadi sumber pangan yang dikonsumsi manusia. Serta tebu dan bambu yang banyak digunakan sebagai bahan baku produk industri.

4.7 Modifikasi Batang

Batang yang mengalami modifikasi adalah batang yang bentuknya telah diubah. Untuk tujuan tertentu seperti penyimpanan makanan dan fotosintesis, batang dapat disesuaikan dan dibentuk berbeda. Buku pada batang adalah tempat melekatnya daun, dan bagian batang di antara dua daun yang berurutan disebut sebagai ruas. Tunas terminal adalah yang ditemukan di ujung batang. Tunas terminal menentukan morfologi cabang bersama dengan

tunas ketiak. Berbagai perubahan/modifikasi pada batang tumbuhan adalah sebagai berikut.

1. Stolon/Geragih

Batang horizontal panjang yang dikenal sebagai stolon dapat ditemukan di atas, di dalam, atau di bawah tanah atau air. Tunas dan akar terbentuk pada buku-buku batang. Tumbuhan ini lama kelamaan menjadi lebih panjang dan terpisah dari induknya, setelah itu membengkok ke atas untuk membentuk individu baru. Cabang-cabang ini dapat dibedakan menjadi:

- ✓ Cabang yang merayap di atas permukaan tanah. Misalnya pada daun kaki kuda (*Centella asiatica*) dan arbei (*Fragrariavesca*).
- ✓ Cabang yang merayap di dalam tanah. Misalnya teki (*Cyperus rotundus*).
- ✓ Cabang yang merayap di bawah air. Dapat dijumpai misalnya pada eceng gondok (*Eichornia crassipes*).

2. Rhizoma/Rimpang

Rimpang adalah batang yang tumbuhnya di bawah tanah, berkembang secara horizontal, biasanya bercabang, memiliki buku dan ruas, serta bercabang. Daunnya bertautan dengan rimpang berupa sisik tipis seperti selaput, dan warnanya tidak hijau. Tumbuhan tasbih (*Canna edulis* Ker.), kerut (*Maranta arundina* L.), dan iris hanyalah beberapa contoh tumbuhan yang dimanfaatkan rimpangnya sebagai tempat menyimpan cadangan makanan. Rimpang adalah organ batang yang bukan merupakan bagian dari modifikasi akar dan memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- ✓ Berdaun, tetapi daunnya melekat pada buku; rimpang tidak lagi hijau; rimpang telah berubah menjadi sisik tipis seperti selaput.
- ✓ Terdapat tunas/kuncup-kuncup.
- ✓ Rimpang tidak tumbuh ke arah pusat bumi atau air, tetapi kadang-

kadang tumbuh ke atas dan muncul ke tanah.

3. Umbi Batang

Untuk tujuan tertentu seperti penyimpanan makanan dan fotosintesis, batang dapat disesuaikan dan dibentuk berbeda. Umbi batang merupakan ubahan batang yang dapat digunakan untuk menyimpan persediaan makanan. Umbi batang merupakan bagian bengkak pada batang yang mengandung jaringan yang berfungsi sebagai cadangan makanan. Umbi batang memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- ✓ Letaknya di dalam tanah
- ✓ Memiliki tunas
- ✓ Mengalami penebalan batang tetapi tidak ditutupi daun sisik
- ✓ Kuncup tiap ketiak memiliki buku yang masih terlihat

Contoh tumbuhan yang mengalami modifikasi umbi batang yaitu kentang (*Solanum tuberosum*). Sejumlah geragih masuk ke dalam tanah dan memanjang tumbuh di pangkal batang kentang yang berada di atas tanah. Ketika meristem apikal berhenti berfungsi untuk mencegah geragih tumbuh lebih panjang, beberapa di antaranya berkembang menjadi umbi untuk kentang. Menanam beberapa batang dengan tunas ketiaknya akan memungkinkan perkembangbiakan vegetatif.

4. Umbi Lapis

Umbi ini memiliki lapisan luar yang tipis dan kering yang menyerupai selaput. Tunika atau penutup pelindung, melindungi umbi dari kerusakan mekanis dan kekeringan. Sisik berdaging memiliki struktur yang padat karena ditumpuk dalam lapisan yang terus menerus dan tumpang tindih. Jika dilihat dari akarnya, batang dan daun diwakili oleh umbi lapis. Hal tersebut muncul sebagai susunan berlapis dari daun yang tebal, lunak, dan berdaging. Bagian umbi yang menyimpan zat cadangan, alih-alih batang,

hanya merupakan bagian kecil di dekat bagian bawah umbi. Lapisan yang terbentuk itulah yang menjadikan umbi tersebut dikenal sebagai umbi lapis. Umbi lapis dimiliki oleh tumbuhan bawang merah (*Alium cepa*).

5. Kormus

Batang pendek dan kuat yang tertanam vertikal di tanah dan ditutupi sisik (daun) kering membentuk bagian kormus. Kormus yaitu kuncup yang terbentuk pada ketiak daun umbi utama, merupakan umbi anak yang dapat dihasilkan oleh umbi induk tumbuhan. Kormus banyak dijumpai pada geragih yang termasuk ujung sumbu batang. Segmen dan buku dapat dibedakan pada kormus. Sebagian besar umbi terdiri dari parenkim, yang memiliki cadangan makanan. Pangkal daun kering yang mengelilingi dan menutupi umbi pada umbi dewasa tetap berada di nodus. Tunika atau penutup melindungi umbi dari kerusakan dan kekeringan. Tunas ketiak dapat ditemukan di setiap buku kormus. *Gladiol gandavensis* adalah salah satu contoh tumbuhan yang memiliki kormus.

6. Umbi Sisik

Tidak ada penutup kering pada umbi ini. Setiap sisik berbeda, memiliki ketinggian yang tidak sama dan melekat pada papan basal. Pada umumnya umbi sisik ini mudah rusak dan harus dijaga agar tetap lembab karena jika mengering akan terluka. Umbi tampak memiliki priordium akar pada saat panen. Sebelum ditempatkan di lingkungan yang tepat, akarnya tidak akan memanjang. Tumbuhan lily adalah salah satu contoh dari tumbuhan dengan umbi sisik.

7. Umbi Semu

Pada anggrek epifit sering dijumpai pseudobulb atau umbi semu. Fungsi utama dari pseudobulb adalah sebagai tempat penyimpanan air.

Rangkuman

1. Struktur anatomi batang tumbuhan terdiri atas jaringan epidermis, korteks, endodermis, stele, parenkim, sklerenkim, kolenkim, dan jaringan pengangkut.
2. Sel-sel yang membentuk jaringan epidermis biasanya berbentuk persegi panjang, tipis, dan padat atau tersusun rapat. Dinding sel luar sel-sel ini sering ditutupi dengan kutikula. Batang sebagian besar terdiri dari sel-sel parenkim ber dinding tipis yang menyusun jaringan dasar dan memiliki sel-sel yang tersebar tidak merata. Kadang-kadang terdapat kolenkim yang berkelompok atau membentuk lingkaran tertutup di daerah peripir (tepi). Jaringan endodermis adalah jaringan yang menggambarkan batas dalam korteks yang memiliki fungsi sebagai jaringan pengangkut. Stele atau yang dikenal dengan sebutan silinder pusat merupakan jaringan vaskular yang terletak di bagian tengah batang tumbuhan.
3. Perbedaan mendasar antara batang primer dan batang sekunder adalah pertumbuhannya. Secara umum, batang primer mengalami pertumbuhan dan perkembangan memanjang pada pucuk batang sedangkan batang sekunder mengalami perbesaran diameter batang.
4. Batang pada tumbuhan dikotil cenderung memiliki banyak percabangan dan terdapat kambium yang terletak di antara susunan xylem dan floem batang tumbuhan. Sedangkan batang tumbuhan monokotil tidak bercabang dan tidak terdapat kambium. Batang tumbuhan gymnospermae dijumpai trakeid dan noktah, namun tidak memiliki jari-jari xylem, trakea, dan serabut kayu.

Evaluasi Pembelajaran

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Jelaskan tentang lentisel!
2. Jelaskan sel-sel penyusun floem yang telah mengalami perubahan karena fungsinya!
3. Buatlah tabel perbedaan proses pengangkutan pada jaringan xylem dan floem!
4. Bagaimana perbedaan antara batang dikotil dan monokotil?
5. Sebutkan fungsi batang tumbuhan!

Kunci Jawaban

1. Lentisel adalah pori-pori kecil yang terbentuk pada batang dan akar tumbuhan sebagai hasil pertumbuhan sekunder. Lentisel berfungsi sebagai lokasi pertukaran gas antara jaringan internal dan dunia luar.
2. Adapun sel penyusun floem yang telah diubah sesuai fungsinya yaitu:
 - Tabung filtrasi yang dirancang khusus tanpa inti untuk transportasi. Agar sitoplasma dapat menghubungkan satu sel ke sel berikutnya sehingga ujung setiap pembuluh tapis berlubang.
 - Sel pendamping, pergerakan bahan melalui floem membutuhkan energi. Energi ini disediakan oleh satu atau lebih sel pendamping yang melekat pada masing-masing tabung filtrasi. Tabung filtrasi bergantung sepenuhnya pada sel pendampingnya.
3. Di bawah ini adalah tabel perbedaan proses pengangkutan jaringan xylem dan floem.

Perbedaan	Xylem	Floem
Jenis transportasi	Proses fisik	Membutuhkan energi

Perbedaan	Xylem	Floem
Zat yang diangkut	Air dan mineral	Produk fotosintesis, termasuk gula dan asam amino yang dilarutkan dalam air
Arah transportasi	Ke atas	Ke atas dan ke bawah

4. Batang pada tumbuhan dikotil cenderung memiliki banyak percabangan dan terdapat kambium yang terletak di antara susunan xylem dan floem batang tumbuhan. Sedangkan batang tumbuhan monokotil tidak bercabang dan tidak terdapat kambium.
5. Batang sebagai penopang, pengangkut, penyimpan, dan alat perkembangbiakkan.

Referensi

- Fahn, A. (1995). *Anatomi tumbuhan*. Edisi Ketiga. Diterjemahkan oleh Ahmad Soediartha, dkk. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Tjitrosoepomo, G. (2003). *Morfologi tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hidayat, E. (1995). *Anatomi tumbuhan berbiji*. Bandung : ITB Press.
- Mulyani, S. (2006). *Anatomi tumbuhan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Nugroho, L. H., Purnomo, dan Issirep, S. (2006). *Struktur dan perkembangan tumbuhan*. Jakarta: Penebar Swadaya.

BAB V

ANATOMI DAUN

5.1 Tujuan Pembelajaran

Adapun tujuan pembelajaran yang ingin dicapai dalam bab ini yaitu:

1. Menjelaskan struktur anatomi daun,
2. Menjelaskan struktur jaringan epidermis, parenkim, kolenkim, sklerenkim, dan pengangkut pada daun tumbuhan,
3. Menjelaskan perbedaan daun pada tumbuhan dikotil dan monokotil,
4. Menjelaskan modifikasi epidermis menjadi stomata pada daun.

5.2 Pendahuluan

Meskipun batang hijau tumbuhan juga berpartisipasi dalam fotosintesis, daun merupakan organ fotosintesis utama tumbuhan. Meskipun ada banyak jenis daun, daun selalu memiliki bilah pipih dan tangkai daun yang membuatnya melekat ke buku batang. Menurut Daun merupakan komponen tumbuhan yang sangat penting karena mengandung klorofil yang digunakan dalam pembentukan makanan yang dibutuhkan tumbuhan untuk pertumbuhannya. Karena fungsinya sebagai penyerap dan pengubah energi cahaya selama proses fotosintesis, daun merupakan salah satu organ yang mengontrol tingkat keluaran tumbuhan. Pertumbuhan dan produksi tumbuhan akan terganggu dengan terganggunya proses penangkapan sinar matahari. Hal tersebut mengakibatkan daun menjadi organ yang menentukan tingkat produksi makanan pada tumbuhan.

Karena banyaknya aktivitas metabolisme yang terjadi pada daun, seperti produksi bahan yang diperlukan tubuh tumbuhan untuk bertahan hidup melalui fotosintesis, daun, juga dikenal sebagai folium dalam bahasa Latin. Daun merupakan organ penting untuk pertumbuhan tumbuhan. Primordia yang merupakan tonjolan kecil jaringan, adalah bentuk awal yang dialami daun selama masa pertumbuhan dan perkembangannya. Primordia daun baru

mulai terbentuk saat ujung cabang berkembang mengikuti pola khusus untuk setiap spesies tumbuhan (Haryani, 2018).

Organ yang paling beragam secara morfologis dan anatomis adalah daun. Filum (film) adalah istilah kolektif untuk semua varietas daun tumbuhan yang terlihat. Folium dapat dibagi menjadi daun lebar, profil, cataphylls, hipsofil, kotiledon, dan jenis lainnya berdasarkan variasi tersebut. Agar mudah menerima sinar matahari, daun lebar (daun hijau) biasanya berbentuk pipih dan datar sebagai bagian dari peran spesifiknya untuk melakukan fotosintesis. Cataphylls adalah sisik pada pucuk atau batang bawah tanah yang berfungsi sebagai pembatas atau tempat menyimpan cadangan makanan. Pada monokotil hanya terdapat satu profil, sedangkan pada dikotil terdapat dua profil. Profil adalah daun pertama yang muncul di bagian bawah cabang lateral. Dalam kasus tertentu, hipsofil berwarna cerah dan menyerupai kelopak bunga. Hipsofil adalah jenis-jenis braktea yang melekat pada bunga dan berperan sebagai penjaga daun. Daun awal pada tumbuhan disebut kotiledon.

Pertumbuhan daun terbatas dan biasanya simetris dorsiventral. Karena desain daun yang rata memungkinkan area permukaan yang lebih besar terkena sinar matahari, kerataan daun terkait dengan fungsinya dalam fotosintesis. Satu lapisan epidermis menutupi seluruh permukaan daun. Biasanya, dinding luar epidermis tebal dan ditutupi dengan zat lilin yang disebut kutin. Kutikula tebal atau tipis sering ditemukan menutupi permukaan luar epidermis. Kutin inilah yang memunculkan lapisan kutikula. Agar kedua permukaan daun monokotil menerima sinar matahari, seringkali daun tersebut tumbuh tegak. Pada kedua permukaan daun, struktur interiornya pada dasarnya sama yakni terdapat stomata di kedua sisi permukaan atas dan bawah daun. Jaringan mesofil tersusun atas sel-sel parenkim dengan kloroplas dan terdapat ruang antarsel di antaranya. Jaringan mesofil tidak berdiferensiasi menjadi

jaringan palisade dan jaringan bunga karang (Tjitrosoepomo, 2011).

5.3 Struktur Anatomi Daun

Fahn (1995) menyatakan sistem jaringan yang menyusun daun sebagai organ pada tumbuhan, yakni meliputi:

1. Jaringan Epidermis
3. Jaringan Dasar
4. Jaringan Pembuluh

Sistem jaringan epidermis adalah satu lapisan sel yang menutupi seluruh tubuh tumbuhan muda. Sistem jaringan dasar yang bertanggungjawab atas sebagian besar fungsi metabolisme kehidupan tumbuhan terletak di antara jaringan epidermis dan jaringan pembuluh dari setiap organ. Sistem jaringan pembuluh juga terdapat secara terus-menerus di seluruh tumbuhan, tetapi susunannya berbeda di setiap organ.

5.3.1 Jaringan Epidermis

Jaringan epidermis atas dan epidermis bawah pada daun berfungsi untuk melindungi jaringan yang terdapat di sebelah dalam jaringan dari kerusakan. Epidermis yang merupakan lapisan terluar daun biasanya terdiri dari satu lapis sel, melindungi jaringan dari lingkungan luar, mengatur pertukaran gas di daun, dan memiliki penutup kutikula di permukaan luarnya (Qosim, Purwanto, dan Wattimena, 2007). Menurut Metcalfe dan Chalk (1950), epidermis adalah lapisan sel paling atas yang menutupi permukaan daun, bunga, buah, biji, batang, dan akar. Trikoma, sel kipas, dan stomata merupakan contoh derivat dari epidermis daun.

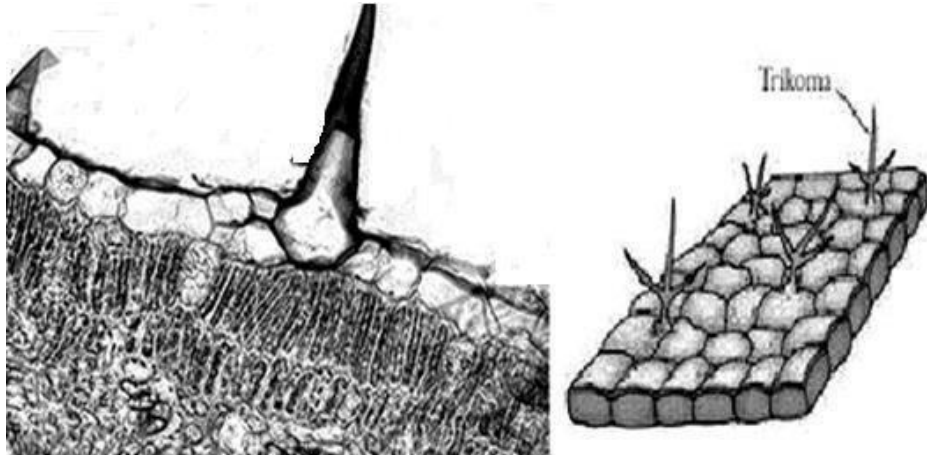
Trikoma adalah salah satu derivat epidermis yang berfungsi sebagai rambut pelindung, tersebar luas di permukaan daun, dan terstruktur dalam berbagai bentuk. Trikoma terbentuk dalam dua varietas berbeda: tanpa kelenjar dan kelenjar. Berbeda dengan trikoma non-kelenjar yang mengeluarkan pelarut lain seperti garam, gula, dan

polisakarida lainnya, trikoma kelenjar berfungsi untuk mengurangi penguapan air pada daun sehingga menjaga kelembaban daun (Sharif, 2009).

Bagian permukaan atas (*adaxial*) dan bawah (*abaxial*) daun ditutupi oleh epidermis yang memiliki berbagai fungsi bergantung pada kondisi lingkungan (Mauseth dan Ross, 1988). Menurut (Kartasapoetra, 1988), epidermis dapat berkembang dan mengalami perubahan/modifikasi seperti stomata dan trikoma berdasarkan fungsi atau peranannya bagi tumbuhan.

1. Trikoma

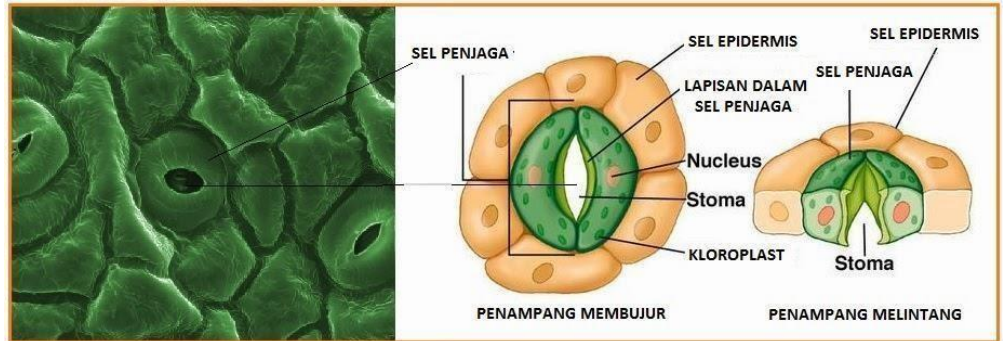
Trikoma yang memiliki bentuk, struktur, dan fungsi berbeda merupakan rambut yang berkembang dari sel epidermis. Trikoma dapat diklasifikasikan sebagai uniseluler atau multiseluler tergantung pada jumlah sel yang menyusunnya. Trikoma multiseluler tersusun atas banyak sel, sedangkan trikoma uniseluler tersusun atas satu sel saja. Hampir setiap organ tumbuhan, termasuk yang vegetatif seperti daun, cabang, pelepah, dan akar serta organ reproduksi seperti sepal, kelopak, benang sari, ginosium, biji, dan buah, biasanya memiliki trikoma di bagian luar. Trikoma dapat dibagi menjadi dua kategori: trikoma non-kelenjar, yang tidak mengeluarkan sekresi dan trikoma kelenjar yang mengeluarkan hasil sekresi.



Gambar 5. 1 Trikoma

2. Stomata

Stomata epidermis adalah bukaan yang dibatasi oleh dua sel epidermis yang berbeda dan dikenal sebagai sel penutup. Semua komponen tumbuhan yang berada di atas tanah termasuk stomata, namun daun adalah tempat yang paling sering ditemukan adanya stomata. Berdasarkan letaknya pada daun, stomata dapat ditemukan pada permukaan bawah (*hypostomatic*), permukaan atas secara eksklusif (*epistomatic*), kedua permukaan daun (*amphistomatic*) (Hidayat, 1995). Stomata juga dapat dibagi menjadi enam kategori berdasarkan bagaimana sel-sel epidermis diatur yaitu ada tipe *anomocytic*, *anisocytic*, *parasitic*, *diacytic*, *actinocytic*, dan *cyclocytic*.



Gambar 5. 2 Bagian-Bagian Stomata

Stomata dapat ditemukan di tempat yang berbeda pada jenis tumbuhan yang berbeda. Beberapa berada di satu sisi, sementara yang lain berada di kedua sisi permukaan daun tumbuhan. Stomata dibagi menjadi 3 macam sesuai dengan letak keberadaannya, yaitu:

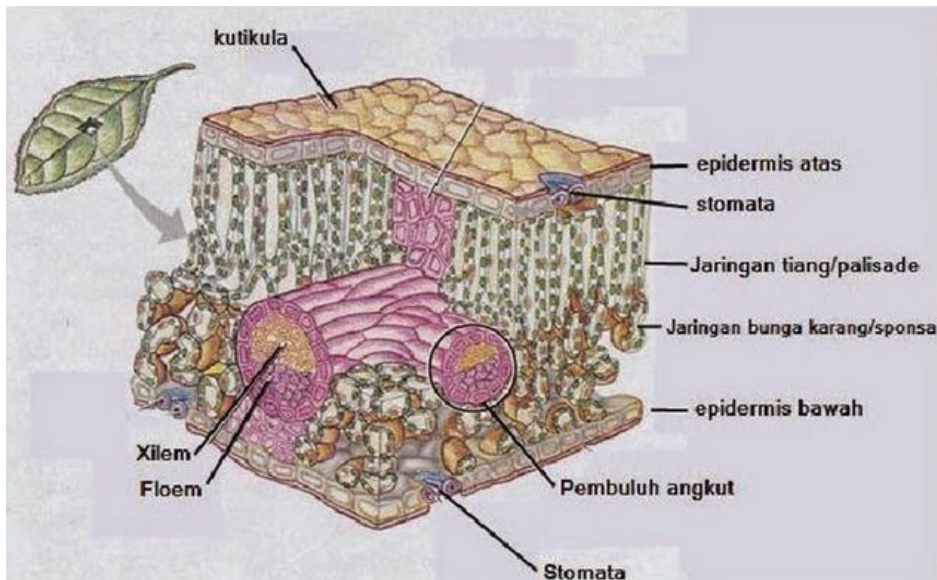
- Amphistomatik: terletak di kedua sisi permukaan daun
- Epistomatik: terletak di sisi atas permukaan daun
- Hipostomatik: ditemukan di bagian bawah permukaan daun

Tanaman dengan kondisi lembab, cahaya intens, dan konsentrasi karbon dioksida atmosfer rendah lebih cenderung memiliki stomata. Berbeda dengan tumbuhan dikotil dalam keadaan tersebut di atas stomata biasanya memiliki ukuran yang lebih kecil. Stomata pada tumbuhan dikotil lebih besar pada permukaan bawah daun daripada permukaan atas. Tidak seperti tumbuhan monokotil yang memiliki jumlah stomata yang sama di kedua sisi daunnya. Sedangkan pada jenis tumbuhan yang habitatnya di air dengan cara mengapung, hanya memiliki stomata di bagian permukaan atas daunnya (Lestari, 2006).

5.3.2 Jaringan Dasar

Jaringan dasar yang dikenal sebagai mesofil dikelilingi oleh epidermis atau terletak di antara epidermis atas dan bawah. Komponen

paling penting dari organ daun adalah mesofil. Hal tersebut karena kelimpahan kloroplas mesofil dan celah antarsel. Jaringan palisade (jaringan tiang) dan jaringan bunga karang (jaringan spons) merupakan dua bentuk jaringan penyusun mesofil secara umum, meskipun dapat juga bersifat homogen (Hidayat, 1995).



Gambar 5. 3 Struktur Jaringan Dasar pada Daun

1. Jaringan Tiang (Palisade)

Banyak kloroplas yang terlibat dalam sintesis makanan terdapat dalam jaringan ini. Banyak kloroplas yang ditemukan di jaringan palisade memainkan peran penting dalam meningkatkan efektivitas fotosintesis (Bolhar-Nordenkampf dan Draxler, 1993). Terletak tepat di bawah berlapis atau satu lapis jaringan adalah jaringan palisade. Dibandingkan dengan jaringan spons, jaringan palisade lebih padat dan susunannya kompak. Jaringan sel mengembangkan struktur sel yang bentuknya sejajar dengan permukaan helaian daun. Kloroplas banyak ditemukan dan melekat pada batas dinding sel dalam sel

palisade (Fahn, 1995).

2. Jaringan Bunga Karang (Spons)

Jaringan bunga karang disebut juga sebagai jaringan spons karena lebih berongga daripada jaringan palisade dan digunakan untuk menyimpan cadangan makanan. Di dasar jaringan palisade, jaringan bunga karang memiliki struktur atau bentuk yang lebih bervariasi. Jaringan ini sangat baik untuk menahan oksigen dan air karena ruang antara sel-selnya lebih besar daripada palisade (Fahn, 1995).

5.3.3 Jaringan Pembuluh

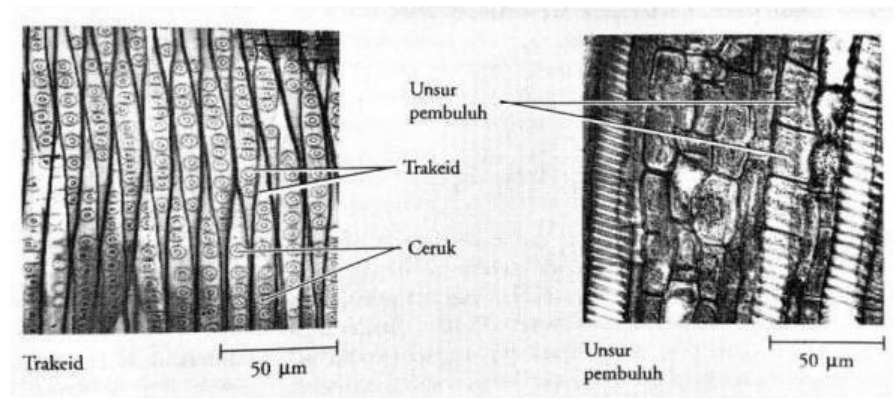
Pada tumbuhan dikotil, kambium memisahkan xylem dari floem yang membentuk ikatan pembuluh. Xylem di akar membawa mineral dan air ke daun. Xylem bertindak sebagai sponsor untuk dukungan tumbuhan di batang. Fungsi floem adalah untuk memindahkan hasil fotosintesis dari daun ke setiap komponen tumbuhan. Sistem jaringan pembuluh memiliki interaksi spasial yang kuat dengan mesofil karena tersebar di seluruh helaian daun. Istilah tulang daun mengacu pada jaringan ikatan pembuluh yang ditemukan di daun. Ada dua macam pola yang dapat dilihat dari pola sistem tulang daun, yaitu sistem tulang daun jala dan sistem tulang daun sejajar (Hidayat, 1995). Jaringan pembuluh daun mengandung xylem dan floem yang berfungsi sebagai mekanisme transportasi zat dan produk fotosintesis.

1. Xylem

Sistem transportasi rumit yang terdiri dari banyak jenis sel disebut xylem. Trakeid dan elemen pembuluh adalah dua jenis sel panjang yang membentuk komponen pengangkut air xylem. Kedua jenis sel membuat dinding sekunder sebelum protoplas mati, namun kedua jenis sel tersebut mati pada titik kematangan fungsional. Dinding

sekunder terstruktur secara tidak merata dalam pola spiral atau cincin di bagian tumbuhan yang masih diperpanjang sehingga memungkinkannya meregang ke belakang seperti pegas saat sel mengembang. Tumbuhan dengan dinding yang lebih tebal memiliki sel pengangkut air yang lebih kuat. Pada bagian tumbuhan yang tidak lagi memanjang, trakeid dan elemen vaskular biasanya memiliki daging sekunder yang diselingi hanya dengan ceruk (pit), yaitu area yang lebih tipis di mana hanya ada dinding primer.

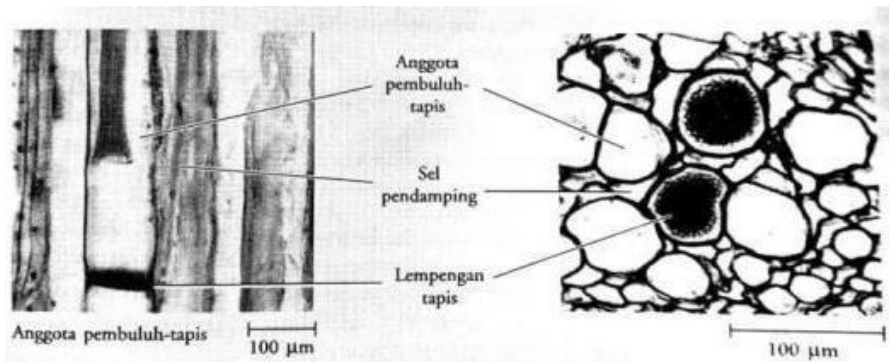
Ujung runcing dari sel tipis panjang dikenal sebagai trakeid. Air terutama bergerak dan mengalir melalui pintu masuk antarsel, menghindari kebutuhan untuk melewati dan menembus dinding sekunder yang tebal. Trakeid berfungsi sebagai pembawa dan penopang air karena dinding sekundernya mengeras akibat kandungan lignin. Elemen vaskular ujung ke ujung di bagian dalam pembuluh xylem merupakan saluran mikrotubulus panjang. Air dapat dengan mudah mengalir melalui pembuluh xylem karena dinding ujung pembuluh memiliki perforasi (Mitchell, 2003).



Gambar 5. 4 Sel Pengangkut Air pada Xylem (Trakeid dan Unsur Pembuluh)

2. Floem

Dalam floem tumbuhan, untaian sel yang disebut anggota pembuluh tapis merupakan saluran yang dilalui senyawa organik lain dan beberapa ion mineral. Anggota pembuluh tapis (*sieve-tube member*) hidup pada kematangan fungsional berbeda dengan sel xylem pembawa air terlepas dari kenyataan bahwa protoplasnya tidak memiliki organel seperti nukleus, ribosom, dan vakuola yang terdefinisi dengan baik. Setidaknya ada satu sel pendamping yang melekat pada anggota pembuluh tapis melalui plasmodesmata sepanjang dinding samping setiap anggota pembuluh tapis. Sel pendamping membantu beberapa tumbuhan dalam memindahkan gula yang dibuat di daun ke anggota pembuluh tapis yang kemudian diangkut ke bagian lain tumbuhan oleh floem (Mitchell, 2003).



Gambar 5. 5 Sel Pengangkut pada Floem (Anggota Pembuluh Tapis)

5.4 Fungsi Anatomi Daun

Adapun berbagai fungsi anatomi daun pada tumbuhan yaitu:

5.4.1 Fungsi Jaringan Epidermis

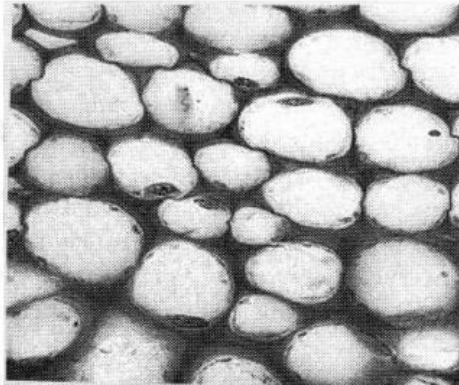
Trikoma, sel kipas, dan stomata merupakan contoh turunan (derivat) jaringan epidermis daun. Trikoma adalah salah satu turunan epidermis yang berfungsi sebagai rambut pelindung, tersebar luas di

permukaan daun, dan tersedia dalam berbagai bentuk. Trikoma dapat berupa dua varietas berbeda: tanpa kelenjar dan dengan kelenjar. Berbeda dengan trikoma non-kelenjar, yang mengeluarkan pelarut lain seperti garam, gula, dan polisakarida lainnya, trikoma kelenjar berfungsi untuk mengurangi penguapan air pada daun. Dalam kebanyakan kasus, epidermis adalah satu lapisan yang melindungi dan memiliki kualitas tahan lama yang lebih terspesialisasi dengan fungsi organ spesifik yang dicakupnya. Adaptasi penting untuk kehidupan tumbuhan di darat adalah keberadaan kutikula berupa lapisan lilin yang disekresikan oleh epidermis daun dan sebagian besar batang (Mitchell, 2003).

Stomata adalah lubang epidermis yang dikelilingi oleh dua sel epidermis berbeda yang dikenal sebagai sel penjaga. Sel penjaga, area celah, sel yang berdekatan, dan ruang udara bagian dalam adalah komponen yang membentuk stomata. Ruang udara dalam terdiri dari ruang antarsel yang cukup besar yang berfungsi sebagai saluran untuk fotosintesis, transpirasi, dan respirasi.

5.4.2 Fungsi Jaringan Kolenkim

Sel-sel kolenkima membantu mendukung bagian-bagian muda tumbuhan, seperti fakta bahwa batang-batang muda secara konsisten memiliki silinder kolenkim yang ditempatkan tepat di bawah batas permukaannya. Sel kolenkim dewasa yang paling fungsional adalah sel yang hidup berdekatan dengan batang dan daun yang didukungnya (Mitchell, 2003).



Gambar 5. 6 Jaringan Kolenkim Daun

5.4.3 Fungsi Jaringan Dasar

Sistem jaringan dasar yang terletak di antara sistem jaringan dermal dan sistem jaringan pembuluh, merupakan komponen terbanyak yang menyusun jaringan tumbuhan muda. Parenkim membentuk sebagian besar jaringan dasar, ada pula kolenkim dan sklerenkim yang dapat dijumpai pada struktur jaringan dasar. Jaringan dasar memiliki berbagai fungsi, termasuk berperan dalam proses fotosintesis, penyimpanan bahan makanan, serta pendukung pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Sebagian besar metabolisme tumbuhan dilakukan oleh jaringan dasar, yang lebih dari sekadar penyuplai bahan tetapi sebagai penanggung jawab (Mitchell, 2003).

5.4.4 Fungsi Jaringan Pembuluh

Jaringan pembuluh daun secara umum letaknya berada di bagian tengah antara epidermis atas dan epidermis bawah. Jaringan pembuluh terdiri dari dua jenis jaringan yang sangat penting yaitu xylem dan floem. Kedua jaringan tersebut bersama-sama membentuk jaringan pembuluh atau yang dikatakan jaringan pengangkut. Xylem dan floem terdiri dari sel-sel memanjang yang disesuaikan dengan pergerakan bahan di seluruh tumbuhan.

Tumbuhan berbunga memiliki berbagai jenis sel dalam xylemnya. Sel yang paling penting untuk aliran adalah komponen pembuluh yang merupakan sel agak memanjang dengan ujung terbuka. Sel-sel ini dapat bertindak sebagai tabung yang tidak dapat mengempis dan air di dalamnya dapat diregangkan karena memiliki dinding sekunder yang terbuat dari kayu yang kuat. Sel penahan khusus biasanya ditemukan di daun selain xylem dan selubung panjang yang menopangnya secara mekanis. Serat sklerenkim yang biasanya dihubungkan oleh berkas pembuluh yang cukup besar, adalah yang paling terlihat. Meskipun serat ini bukan saluran, namun serat tersebut memberikan dukungan mekanis, kekuatan, dan cara untuk menghentikan daun layu karena kehilangan air, serta mendukung ketahanan tumbuhan terhadap angin kencang. Karena adanya lubang seperti saringan di ujung sel, sel pembuluh yang paling signifikan dalam floem adalah elemen pembuluh tapis. Melalui jaringan daun, air dan garam mineral dari tanah berjalan berlawanan arah untuk mencapai sel mesofil.

5.5 Bagian-Bagian Daun

Bagian-bagian utama dan tambahan pada daun adalah sebagai berikut:

1. Tangkai Daun (Petiolus)

Adalah bagian daun yang menopang helaian dan bertujuan untuk memposisikan helaian daun agar mendapat sinar matahari sebanyak mungkin. Bergantung pada jenis tanamannya, ukuran dan bentuk tangkai daun dapat bervariasi, tetapi seringkali berbentuk silinder dengan sisi atas yang agak rata dan alas yang lebih tebal. Ada beberapa yang berbentuk bulat, berongga, datar, dan memiliki tepi yang lebar, bersegi, atau setengah lingkaran jika dilihat dari penampangnya.

2. Helaian Daun (Lamina)

Ini adalah komponen daun yang paling signifikan dan mudah menarik perhatian, oleh karena itu disebut juga sebagai sifat daun meski hanya berlaku pada helaian. Tumbuhan dikatakan memiliki ciri heterofil jika menghasilkan berbagai bentuk daun pada pohon yang sama. Gejala heterofil ini dapat disebabkan oleh penuaan, perubahan, atau bahkan memiliki daun yang berbeda sebagai akibat dari perubahan fungsional. Bentuk, ukuran, ujung, pangkal, susunan urat, tepi, warna, permukaan atas/bawah, tekstur, dan atribut daun lainnya biasanya disebutkan saat memperkenalkan spesies tumbuhan.

3. Pelepah/Upih Daun (Vagina)

Adalah bagian daun yang melekat atau menutupi batang dan berfungsi baik sebagai pelindung tunas lunak (seperti pada daun tebu) dan sumber kekuatan batang tanaman (seperti pada pohon pisang).

4. Daun penumpu (Stipula)

Seringkali berbentuk dua daun kecil dan terletak di dekat pangkal tangkai daun. Ini berfungsi sebagai pelindung yang baik untuk tunas yang sedang berkembang.

5. Lidah-Lidah (Ligula)

Famili rumput (*Graminae*) memiliki selaput kecil yang biasanya ada di tempat pertemuan bilah dan bilah daun. Alat ini efektif untuk mencegah masuknya air hujan ke sela-sela batang dan daun bagian atas yang dapat menyebabkan kebusukan.

5.6 Fungsi Daun

Bagi tumbuhan, daun berfungsi sebagai tempat fotosintesis. Pada tumbuhan dikotil, parenkim palisade merupakan tempat berlangsungnya fotosintesis. sedangkan jaringan spons adalah tempat fotosintesis terjadi pada tanaman monokotil.

1. Sebagai organ pernapasan. Stomata berfungsi sebagai organ pernapasan terletak di daun.
2. Area tempat pertukaran gas oksigen dan karbon dioksida.
3. Lokasi transportasi air yang dibutuhkan tumbuhan.
4. Alat reproduksi vegetatif. Misalnya pucuk daun tumbuhan Cocor Bebek.

5.7 Modifikasi Epidermis Daun

Jaringan epidermis pada daun dapat mengalami modifikasi dan berkembang menjadi stomata. Stoma berfungsi sebagai organ pernapasan (jamak: stomata). Stomata menyerap CO_2 dari atmosfer untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku fotosintesis, yang kemudian melepaskan O_2 . Fungsi stomata mirip dengan hidung kita yang O_2 dan mengeluarkan CO_2 , sedangkan stomata menyerap menyerap CO_2 dari udara dan menghembuskan O_2 . Di dalam epidermis bawah terdapat stoma. Tumbuhan tingkat tinggi juga bernapas melalui lentisel, yang ditemukan di batang, selain stomata. Haryanti (2010) mengutip Fahn (1995) yang mengatakan bahwa terdapat banyak jenis stomata pada daun. Ada berbagai bentuk stomata tergantung bagaimana mereka berinteraksi dengan sel epidermis di sekitarnya. Kategorisasi ini berbeda dengan klasifikasi berbasis pembangunan. Terlepas dari kenyataan bahwa jenis yang berbeda dapat hidup dalam keluarga yang sama atau pada daun dari spesies yang sama. Kajian tentang taksonomi dapat memanfaatkan struktur aparatus stomata.

Rangkuman

1. Struktur anatomi daun terdiri atas jaringan epidermis yang terbagi menjadi tiga tipe (epidermis di permukaan atas daun, epidermis di permukaan bawah daun, dan epidermis di permukaan atas dan bawah daun), jaringan dasar berupa mesofil (jaringan palisade dan bunga karang), serta jaringan pengangkut berupa xylem dan floem.

2. Sistem jaringan epidermis adalah satu lapisan sel yang menutupi seluruh tubuh tumbuhan muda. Sistem jaringan dasar yang bertanggungjawab atas sebagian besar fungsi metabolisme kehidupan tumbuhan terletak di antara jaringan epidermis dan jaringan pembuluh dari setiap organ. Sistem jaringan pembuluh juga terdapat secara terus-menerus di seluruh tumbuhan, tetapi susunannya berbeda di setiap organ.
3. Pada tumbuhan monokotil, bentuk daunnya umumnya memanjang dengan tulang daun yang sejajar. Sementara pada tumbuhan dikotil, bentuk daunnya lebih melebar dengan tulang daun yang menjari atau menyirip.
4. Stoma berfungsi sebagai organ pernapasan (jamak: stomata). Stomata menyerap CO_2 dari atmosfer untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku fotosintesis, yang kemudian melepaskan O_2 . Fungsi stomata yaitu menyerap menyerap CO_2 dari udara dan menghembuskan O_2 .

Evaluasi Pembelajaran

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan tepat!

1. Jelaskan tentang jaringan epidermis pada daun tumbuhan!
2. Apa yang membedakan trikoma kelenjar dan non-kelenjar?
3. Jelaskan tentang jaringan mesofil daun!
4. Sebutkan bagian-bagian daun!
5. Jelaskan fungsi daun!

Kunci Jawaban

1. Jaringan epidermis atas dan epidermis bawah pada daun berfungsi untuk melindungi jaringan yang terdapat di sebelah dalam jaringan dari kerusakan. Epidermis yang merupakan lapisan terluar daun biasanya terdiri dari satu lapis sel, melindungi jaringan dari lingkungan luar, mengatur pertukaran gas di daun, dan memiliki penutup kutikula di permukaan

luarnya.

2. Trikoma adalah salah satu derivat epidermis yang berfungsi sebagai rambut pelindung, tersebar luas di permukaan daun, dan terstruktur dalam berbagai bentuk. Trikoma terbentuk dalam dua varietas berbeda: tanpa kelenjar dan kelenjar. Berbeda dengan trikoma non-kelenjar yang mengeluarkan pelarut lain seperti garam, gula, dan polisakarida lainnya, trikoma kelenjar berfungsi untuk mengurangi penguapan air pada daun sehingga menjaga kelembaban daun.
3. Jaringan dasar yang dikenal sebagai mesofil dikelilingi oleh epidermis atau terletak di antara epidermis atas dan bawah. Komponen paling penting dari organ daun adalah mesofil. Hal tersebut karena kelimpahan kloroplas mesofil dan celah antarsel. Jaringan palisade (jaringan tiang) dan jaringan bunga karang (jaringan spons) merupakan dua bentuk jaringan penyusun mesofil secara umum, meskipun dapat juga bersifat homogen.
4. Adapun bagian-bagian daun yaitu:
 - a. Tangkai daun (petiolus)
 - b. Helaian daun (lamina)
 - c. Pelepah/upih daun (vagina)
 - d. Daun penumpu (stipula)
 - e. Lidah-lidah (ligula)
5. Bagi tumbuhan, daun berfungsi sebagai tempat fotosintesis. Pada tumbuhan dikotil, parenkim palisade merupakan tempat berlangsungnya fotosintesis. sedangkan jaringan spons adalah tempat fotosintesis terjadi pada tanaman monokotil.
 - a. Sebagai organ pernapasan. Stomata, yang berfungsi sebagai organ pernapasan di daun, hadir.
 - b. Area tempat keluarnya keringat.

- c. Lokasi transportasi air yang dibutuhkan tumbuhan.
- d. Alat reproduksi vegetatif. Misalnya pucuk daun tumbuhan Cocor Bebek.

Referensi

- Fahn, A. (1995). *Anatomi tumbuhan*. Edisi Ketiga. Diterjemahkan oleh Ahmad Soediartha, *et al.* Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Haryani, T. S. (2018). Modul 1: Organ nutritivum (daun, batang dan akar).
- Haryanti, S. (2010). Pengaruh naungan yang berbeda terhadap jumlah stomata dan ukuran porus stomata daun *Zephyranthes rosea* Lindl. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 18(1): 41–48.
- Hidayat, E. 1995. *Anatomi tumbuhan berbiji*. Bandung : ITB Press.
- Lestari, E. G. (2006). Hubungan antara kerapatan stomata dengan ketahanan kekeringan pada somaklon padi gajahmungkur, Towuti, dan IR 64. *Jurnal Biodiversitas*. 7(1): 44-48.
- Tjitrosoepomo, G. (2011). *Taksonomi tumbuhan: Schizophyta, Thallophyta, Bryophyta, Pteridophyta*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

GLOSARIUM

ATP	Adenosin trifosfat juga dikenal sebagai ATP adalah molekul yang membawa energi dalam sel.
Bioma	Ekosistem dalam skala luas, berupa wilayah yang mempunyai sifat geografis atau iklim yang sama (misalnya hutan tropis, padang pasir, padang rumput), ditunjukkan dengan garis lintang dan bujur.
Biosfer	Bagian atmosfer yang paling bawah di dekat permukaan bumi, tempat tinggal makhluk hidup.
DNA	Molekul yang berisi aneka informasi tentang setiap organisme penyusunnya dan diturunkan dari anak ke orang tua.
Ekosistem	Keanekaragaman suatu komunitas dan lingkungannya yang berfungsi sebagai suatu satuan ekologi dalam alam.
Embrio	Bakal anak (dalam kandungan) hasil pembuahan sel telur pada stadium permulaan yang kemudian menjadi janin, yang berumur antara satu minggu sampai delapan minggu (pada manusia).
Embrionik	Seperti atau berkaitan dengan janin.
Evolusi	Perubahan (pertumbuhan, perkembangan) secara berangsur-angsur dan perlahan-lahan (sedikit demi sedikit).
Famili	Pengelompokan makhluk hidup yang mempunyai sifat atau ciri-ciri yang sama.

Genetik	Berhubungan dengan keturunan atau gen.
Invasif	Organisme, asli atau bukan, yang mengolonisasi habitat tertentu secara masif dan dapat menimbulkan kerugian ekologi, ekonomi, dan sosial, seperti mentangan dan mujair.
Kambium	Lapisan sel hidup pada tumbuhan berkeping dua, terletak di kulit dan di kayu, yang membuat jaringan kayu baru ke sebelah dalam dan jaringan kulit baru ke sebelah luar.
Komunitas	Kelompok organisme (individu) yang hidup dan saling berinteraksi di dalam daerah tertentu.
Pelarut	Zat yang melarutkan.
Pit	Dalam anatomi tumbuhan, empulur adalah anggota terdalam dari batang tumbuhan berpembuluh. Istilah dalam bahasa Inggris adalah <i>pith</i> . Empulur kebanyakan berupa jaringan lunak lebih kurang kering, kadang-kadang berongga kecil-kecil.
Polisakarida	Karbohidrat yang dibentuk oleh penggabungan molekul monosakarida yang banyak, misalnya pati dan selulosa.
Reversibel	Bolak-balik.
Sekresi	Pengeluaran hasil kelenjar atau sel secara aktif.
Simetris dorsiventral	Pengaturan bagian tubuh organisme menjadi bagian kiri dan kanan di kedua sisi sumbu pusat atau bidang menghasilkan dua bagian yang sama. Kata lain

Spermatozoa simetris bilateral.
Sel gamet jantan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliayah, Nurul, U., Sulistyowati, Liliek., dan Muhibbudin, A. (2015). Hubungan ketebalan lapisan epidermis daun terhadap serangan jamur (*Mycospharella musicola*) penyebab penyakit bercak daun sigatoga pada sepuluh kultivar pisang. *Jurnal HPT (Hama, Penyakit, tumbuhan)*, 3(1):35-42.
- Anu, O., Rampe, H. L., & Pelealu, J. J. (2017). Struktur sel epidermis dan stomata daun beberapa tumbuhan suku euphorbiaceae. *Jurnal MIPA*, 6(1), 69-73.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., dan Mitchell, L.G. (1999). *Biology*. Fifth edition, The Benyamin Cummings Publ. Co., California.
- Fahn, A. (1990). *Plant anatomy*. Pergamon Press, oxford, New York, Toronto, Sydney, Paris, Frangfurt.
- Fahn, A. (1995). *Anatomi tumbuhan*. Edisi Ketiga. Diterjemahkan oleh Ahmad Soediarso, dkk. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Gardner, F. P., Pearce, R. B., dan Mitchell, R. L. (1991). *Physiology of crop plants*. (Diterjemahkan oleh Susilo H). Universitas Indonesia Press. Jakarta
- Hardiyati, T. (2010). *Fisiologi tumbuhan: Struktur dan fungsi sel tumbuhan*. Jakarta: Universitas Terbuka. Hlm. 31–35.
- Haryani, T. S. (2018). Modul 1: Organo nutritivum (daun, batang dan akar).
- Haryanti, S. (2010). Pengaruh naungan yang berbeda terhadap jumlah stomata dan ukuran porus stomata daun *Zephyranthes rosea* Lindl. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 18(1): 41–48

- Haryanti, S., & Meirina, T. (2009). Optimalisasi pembukaan porus stomata daun kedelai (*Glycine max* (L) merril) pada pagi hari dan sore. *Bioma*, *11*(1), 18-23.
- Hasanah, U., dan Azis, P. A., Jayati, R. D., Astuti, W. W., Taskirah, A., Liana, A., Rusmidin, Nopiyanti, N., Lutfi., Veryani, A. N., Samsi, A. N., Vertygo, S., Banna, M. Z. A., dan Sulastri, N. D. P. (2021). *Anatomi dan fisiologi tumbuhan*. Bandung: Media Sanins Indonesia. Hlm. 1–34
- Hidayat, E. (1995). *Anatomi tumbuhan berbiji*. Bandung : ITB Press.
- Hidayati, S. R. (2009). Analisis karakteristik stomata, kadar klorofil dan kandungan logam berat pada daun pohon pelindung jalan kawasan lumpur porong sidoarjo (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Kamus Besar Bahasa Indonesia daring.
- Kartasapetra. (1991). *Pengantar anatomi tumbuh-tumbuhan (tentang sel dan jaringan)*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Kurniati, T. (2020). *Biologi sel*. Bandung: Cendekia Press. Hlm. 1–3.
- Lazuardi, W. (2017). *Struktur dan fungsi jaringan pada tumbuhan*. Solo: Azka Pressindo.
- Lestari, E. G. (2006). Hubungan antara Kerapatan Stomata dengan Ketahanan Kekeringan pada Somaklon Padi Gajahmungkur, Towuti, dan IR 64. *Jurnal Biodiversitas*. *7*(1): 44- 48

- Mulyani, S. (2006). *Anatomi tumbuhan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Nugroho, L. H., Purnomo, dan Issirep, S. (2006). *Struktur dan perkembangan tumbuhan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Pandey, B. P. 1982. *Plant anatomy* . Head of the Department of Botany , Remnagar , New Delhi
- Ramdhini, R. N., Manalu, A. I., Ruwaida, I. P., Isrianto, P. L., Panggabean, N. H., Wilujeng, S., Erdiandini, I., Purba, S. R. F., Sutrisno, E., Hulu, I. L., Purwanti, S., Utomo, B., dan Surjaningsih, D. R. (2021). *Anatomi tumbuhan*. Medan: Yayasan Kita Menulis. Hlm. 33–38.
- Raven, P. H., Evert, R. F., dan Eichorn, S. E. (1992). *Biology of plants* . Worth Publisher, 33 Irving place New York 10003.
- Sumardi, I., dan Pudjoarinto. (1993). Struktur dan perkembangan tumbuhan. Departemen pendidikan dan kebudayaan. DIKTI Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan Tinggi.
- Tjitrosoepomo, G. (2003). Morfologi tumbuhan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. Tjitrosoepomo, G. (2011). *Taksonomi tumbuhan: Schizophyta, Thallpophyta, Bryophyta, Pteridophyta*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.



SALWA ZAINUM MUTTAQIN

Mahasiswa

083841000018

zainummuttaqins@gmail.com

TENTANG SAYA

Saya mahasiswa S1-Pendidikan Biologi FKIP Universitas Kristen Indonesia, saat ini berusia 20 tahun. Saya memiliki ketertarikan terhadap riset berbasis ilmu pengetahuan dan teknologi. Saya juga memiliki keinginan yang tinggi dalam belajar dan meningkatkan kemampuan saya baik *soft skills* maupun *hard skills*.

PENGALAMAN

- 2021
Juara 3 Lomba Karya Tulis Ilmiah tingkat universitas
- 2022
Peserta Olimpiade MIPA tingkat nasional
- 2022 - 2023
Ketua himpunan mahasiswa program studi Pendidikan Biologi

PENDIDIKAN

- 2019 - 2021
SMAN 1 Tanjung
Jurusan IPA
- 2021 - sekarang
Universitas Kristen Indonesia
S1 Pendidikan Biologi

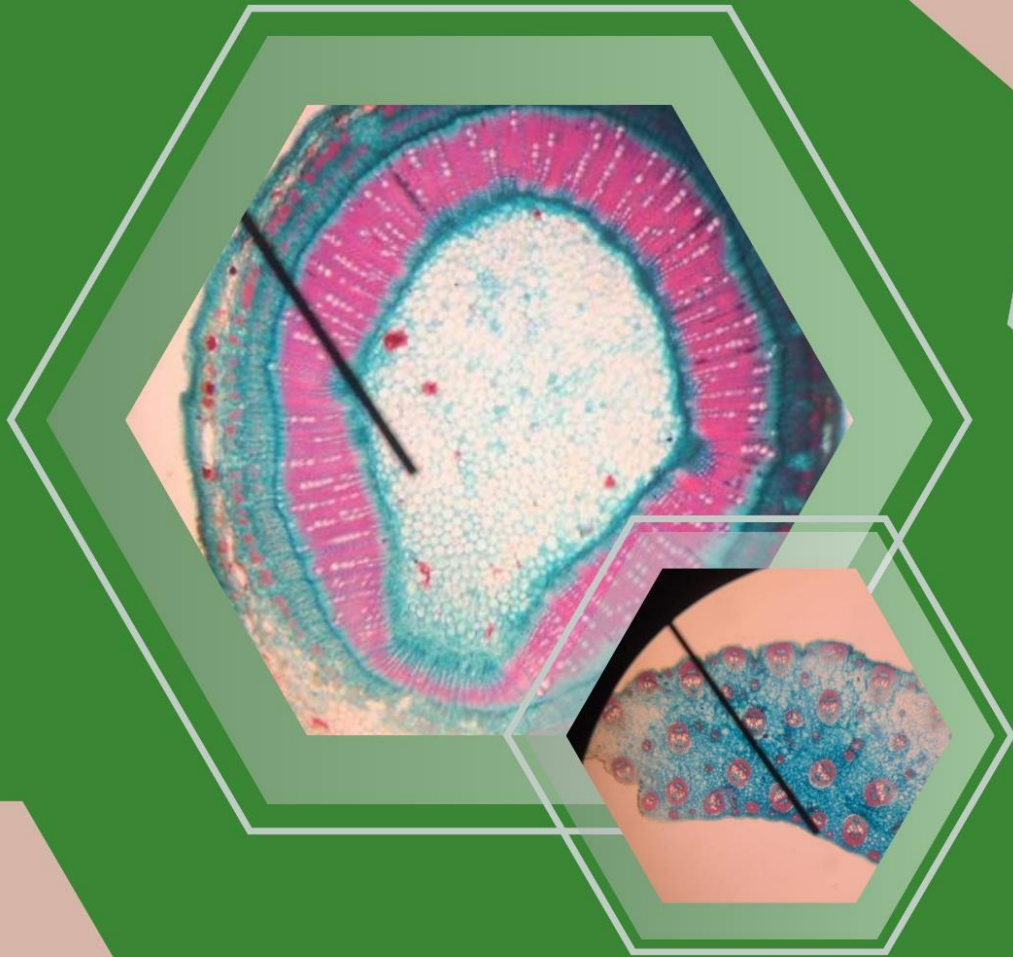
KEAHLIAN

- Menulis
- Bekerjasama dalam tim
- Berdiskusi
- Berpikir logis
- Bernalar kritis

KESUKAAN

- Menulis, Membaca, Mendengarkan musik, Menonton film.

ANATOMI TUMBUHAN



Program Studi Pendidikan Biologi
Fakultas Keguruan dan Ilmu Pengetahuan
Universitas Kristen Indonesia