

STRUKTUR DAN PERKEMBANGAN TUMBUHAN

**Almira Ulimaz, Lisa Dwifani Indarwati, Indah Sriwahyuni,
Dewi Ratih Tirto Sari, Hida Arliani Nur Anisa, Ashari Bagus
Setiawan, Ni Putu Yuni Astriani Dewi, Ryan Budi Setiawan**

STRUKTUR DAN PERKEMBANGAN TUMBUHAN

**Almira Ulimaz
Lisa Dwifani Indarwati
Indah Sriwahyuni
Dewi Ratih Tirto Sari
Hida Arliani Nur Anisa
Ashari Bagus Setiawan
Ni Putu Yuni Astriani Dewi
Ryan Budi Setiawan**



GET PRESS INDONESIA

STRUKTUR DAN PERKEMBANGAN TUMBUHAN

Penulis :

Almira Ulimaz
Lisa Dwifani Indarwati
Indah Sriwahyuni
Dewi Ratih Tirto Sari
Hida Arliani Nur Anisa
Ashari Bagus Setiawan
Ni Putu Yuni Astriani Dewi
Ryan Budi Setiawan

ISBN : 978-623-198-596-5

Editor : Dr. Neila Sulung, N.S., S.Pd., M.Kes.

Penyunting: Dr. Oktavianis, M.Biomed.

Desain Sampul dan Tata Letak : Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

Penerbit : GETPRESS INDONESIA
Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jl. Palarik RT 01 RW 06 Kelurahan Air Pacah
Kecamatan Koto Tangah Padang Sumatera Barat

website: www.getpress.co.id
email: adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, 14 Agustus 2023

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka Penulisan Buku dengan judul Struktur dan Perkembangan Tumbuhan dapat diselesaikan dengan baik atas kerjasama tim penulis. Buku ini menjabarkan tentang topik-topik diantaranya: ciri-ciri sel tumbuhan hidup dan mati, struktur dan perkembangan jaringan pengangkut (xilem dan floem), struktur dan perkembangan kambium, struktur dan perkembangan akar, struktur dan perkembangan daun, struktur dan perkembangan bunga, struktur dan perkembangan biji, embrio dan kecambah.

Buku ini masih banyak kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan buku ini selanjutnya. Kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Buku ini. Semoga Buku ini dapat menjadi sumber referensi dan literatur yang mudah dipahami.

Padang, 14 Agustus 2023
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
BAB 1 CIRI-CIRI SEL TUMBUHAN HIDUP DAN MATI	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Apa Itu Sel Tumbuhan?	3
1.2.1 Struktur Sel Tumbuhan	5
1.2.2 Tipe Sel Tumbuhan	9
1.3 Penutup	14
DAFTAR PUSTAKA	16
BAB 2 STRUKTUR DAN PERKEMBANGAN JARINGAN PENGANGKUT (XILEM DAN FLOEM)	19
2.1 Xilem	21
2.2 Floem	23
DAFTAR PUSTAKA	29
BAB 3 STRUKTUR DAN PERKEMBANGAN KAMBium	31
3.1 Pendahuluan	31
3.2 Ciri – Ciri Kambium	33
3.3 Kambium Pembuluh (Vaskuler)	35
3.4 Kambium Gabus (Felogen)	37
3.5 Kambium Gabus (Felogen)	37
DAFTAR PUSTAKA	40
BAB 4 STRUKTUR AKAR, BATANG, DAUN, BUNGA, BUAH, DAN BIJI	41
4.1 Pendahuluan	41
4.2 Akar	41
4.3 Batang	43
4.4 Daun	43
4.5 Bunga	46
4.6 Buah	49
4.7 Biji	50
DAFTAR PUSTAKA	51
BAB 5 STRUKTUR DAN PERKEMBANGAN AKAR	53
5.1 Pendahuluan	53
5.2 Struktur Akar Tumbuhan	54
5.2.1 Epidermis	55
5.2.2 Korteks	57
5.2.3 Endodermis	57
5.2.4 Stele	58
5.3 Perkembangan Akar Tumbuhan	59

BAB 6 STRUKTUR DAN PERKEMBANGAN DAUN	65
6.1 Pendahuluan	65
6.2 Perkembangan Daun ditinjau dari Segi Anatomi	66
5.2.1 Epidermis dan Derivatnya.....	68
6.2.2 Mesofil	71
5.2.3 Berkas pembuluh.....	74
6.3 Modifikasi Struktur Anatomi Daun dalam Merespon Lingkungan.....	75
6.3.1 Modifikasi anatomi daun pada tumbuhan hidrofit.....	76
6.3.2 Modifikasi anatomi daun pada tumbuhan xerofit.....	77
6.3.3 Respon anatomi daun terhadap naungan.....	78
6.3.4 Respon anatomi daun terhadap cekaman polutan dan logam berat.....	79
DAFTAR PUSTAKA.....	82
BAB 7 STRUKTUR DAN PERKEMBANGAN BUNGA	89
7.1 Pendahuluan	89
7.2 Struktur Bunga.....	90
7.3 Perkembangan Bunga.....	95
DAFTAR PUSTAKA.....	100
BAB 8 STRUKTUR DAN PERKEMBANGAN BIJI, EMBRIO DAN KECAMBAH	101
8.1 Pendahuluan	101
8.2 Stuktur dan Perkembangan Biji dan Embrio.....	102
8.2.1 Fungsi Struktur Benih	103
8.2.2 Pengelompokan Tipe Benih	105
8.2.3 Cadangan Makanan.....	107
8.2.4 Benih Ortodok dan Rekalsitran	108
8.3 Stuktur dan Perkembangan Biji dan Embrio Kecambah.....	109
7.3.1 Proses Perkecambahan.....	110
8.3.2 Tipe Perkecambahan	110
DAFTAR PUSTAKA.....	113
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Perbedaan Sel Tumbuhan dan Sel Hewan	4
Gambar 1.2. Struktur Vakuola pada Sel Tumbuhan	6
Gambar 1.3. Struktur Plasmodesmata pada Sel Tumbuhan	6
Gambar 1.4. Plasmodesmata pada Sel Penyusun Organisme Tumbuhan	70
Gambar 1.5. Plastida pada Sel Tumbuhan	8
Gambar 1.6. Struktur Plastida	9
Gambar 1.7. Sel-Sel Penyusun Jaringan Parenkim pada Tumbuhan	20
Gambar 1.8. Sel-Sel Penyusun Jaringan Kolenkim pada Tumbuhan	11
Gambar 1.9. Sel-Sel Penyusun Jaringan Kolenkim pada Tumbuhan	2
Gambar 1.10. Perbedaan antara Sel Parenkim, Sel Kolenkim, dan Sel Sklerenkim pada Sel Penyusun Tubuh Tumbuhan	13
Gambar 1.11. Sel-Sel Penyusun Jaringan Pengangkut pada Tubuh Tumbuhan	14
Gambar 2.1. Jaringan pengangkut pada batang melintang <i>Capsicum frutescens</i>	20
Gambar 2.2. Letak xilem dan floem yang berbeda pada batang monokotil (A) dan dikotil (B)	21
Gambar 2.3. A. Irisan membujur akar bunga kupu-kupu; B. Irisan membujur batang bunga kupu-kupu.	23
Gambar 2.4. Penampang jaringan vaskuler jagung dan sel penyusunnya	25
Gambar 2.5. Arah translokasi pada jaringan floem	26
Gambar 2.6. Jaringan xilem dan floem	26
Gambar 2.7. Penampang perbedaan struktur pembentuk jaringan vaskuler akar tumbuhan monokotil (A) dan dikotil (B)	27
Gambar 2.8. Penampang perbedaan struktur pembentuk jaringan vaskuler pada batang tumbuhan dikotil (A) dan monokotil (B)	28
Gambar 3.1. Penampang Melintang Batang dengan Kambium Vaskular Dan Kambium Gabus	32
Gambar 3.2. Aktivitas Kambium	33
Gambar 3.3. Kambium (1)	34
Gambar 3.4. Kambium (2)	35
Gambar 3.5. Gambaran tiga dimensi kambium vaskuler	36
Gambar 3.6. Aktivitas pembelahan pada kambium vaskular	36
Gambar 3.7. Struktur kambium pembuluh (vaskuler)	37
Gambar 3.8. Struktur Kambium Gabus	39
Gambar 3.9. Jaringan Gabus	39
Gambar 4.1. Jenis Akar, a. Akar tunggang, b. Akar serabut, c. Akar adventif	42
Gambar 4.2. Bagian-bagian Daun	44

Gambar 4.3 Filotaksis Daun, A. Opposite, B. Alternate, C. Spiral, D. Whorled.....	45
Gambar 4.5 Bagian-bagian Bunga	47
Gambar 4.6 Bentuk bunga berdasarkan posisi ovary bunga	48
Gambar 4.7 Jenis buah berdasarkan asal bunga	50
Gambar 5.1. Penampang melintang struktur internal organ akar.....	55
Gambar 5.2. Rambut akar <i>Raphanus sativa</i> (a) Perkembangan rambut akar	56
Gambar 5.3. Jaringan pengisi korteks akar	57
Gambar 5.4. Endodermis dan pita Kaspari (a,b) Pita kaspari menahan air melewati dinding sel (c) Air bergerak melalui sel endodermal	58
Gambar 5.5. Bagian dalam stele (silinder pusat) menunjukkan adanya xilem, floem, dan perisikel.....	59
Gambar 5.6. Daerah pada ujung akar.....	60
Gambar 5.7. Tudung akar jagung yang sel-sel tudung akarnya terkelupas.....	62
Gambar 6.1 Tahap perkembangan daun yang diamati dengan mikroskop elektron payaran (SEM). A. Inisiasi pembentukan zona tengah (CZ) dan zona perifer (PZ) pada meristem pucuk batang; B. Inisiasi primer dan diferensiasi primordia daun (ditandai dengan P1, P2, dan P3) pada tahap morfogenesis primer; C. Pemekaran helaian daun yang diikuti tahap pendewasaan pada morfogenesis sekunder. Garis skala=1 cm	67
Gambar 6.2 Struktur sayatan melintang anatomi daun secara umum	67
Gambar 6.3 Sayatan melintang daun yang menunjukkan bagian epidermis: A. Epidermis selapis dengan modifikasi berupa sel kipas; B. Epidermis berganda (hipodermis) pada daun <i>F. elastica</i> Keterangan: ts=tangkai sistolit	69
Gambar 6.4 Kelenjar garam (A dan B) sebagai modifikasi epidermis daun pada kondisi salinitas tinggi. Keterangan: gl dan KG=kelenjar garam	70
Gambar 6.5. Susunan jaringan mesofil daun. A=mesofil tidak terdiferensiasi pada daun Gandum; B=mesofil terdiferensiasi menjadi dua lapis pada daun Ketapang laut;C=daun melingkar pada <i>Hakea drupacea</i> yang memperlihatkan parenkim palisade mengelilingi parenkm sponsa. Keterangan: MP=daerah mesofil. Garis skala C=250 μm	72
Gambar 6.6. Modifikasi jaringan mesofil. A. Idioblas kelenjar minyak (tanda anak panah) antara daerah epidermis dan mesofil. Garis skala=50 μm ; B. Saluran resin (rd); C-D. Idioblas druse berisi kristal kalsium oksalat (Dc); E.	

Asterosklereid pada <i>Nymphaea gardneriana</i> . Garis skala= 50 μm	73
Gambar 6.7. Keberadaan perpanjangan seludang berkas pembuluh hingga epidermis atas (ditunjukkan dengan tanda anak panah): A=heterobarik; B=homobarik.....	74
Gambar 6.8. Struktur berkas pembuluh pada tumbuhan: A. Monokot; B. Dikot; C. Daun membulat. Keterangan: lv dan sv=berkas pembuluh; m=jaringan mesofil; x=xilem; p=floem; b=seludang berkas pembuluh; 1=venasi primer; 2=venasi sekunder; 3=venasi tersier. Garis skala=100 μm	75
Gambar 6.9. Modifikasi struktur anatomi daun: A. <i>Nymphaea</i> ; B. <i>Elodea canadensis</i> . Tampak memperlihatkan lapisan kutikula tipis, stomata di permukaan adaksial daun, dan parenkim sponsa yang terisi jaringan aerenkim, serta xilem tereduksi pada <i>E. canadensis</i> . Garis skala=50 μm	77
Gambar 6.10. Modifikasi struktur anatomi daun <i>Mentega</i> (<i>Nerium oleander</i>) yang memperlihatkan epidermis berganda, trikoma pada epidermis bawah, dan stomata kriptopor (tanda anak panah)	78
Gambar 6.11 Kondisi daun <i>Quercus</i> terhadap paparan cahaya matahari: A. ternaungi dan B. tidak ternaungi. Tanda anak panah disertai angka dan satuannya menunjukkan dampak paparan cahaya matahari terhadap ketebalan daun dan penyusun mesofilnya.....	79
Gambar 6.12. Deteksi keberadaan logam berat timbal (Pb) pada daun menggunakan pewarna natrium rhodizonat (NaR). <i>Reutealis trisperma</i> (A=kontrol; B=perlakuan) dan <i>Thalassia hemprichii</i> (C=kontrol; D=perlakuan). Warna merah menunjukkan keberadaan timbal (Pb) pada jaringan. Garis skala=50 μm (A dan B). Keterangan: k=kutikula; UE dan ep=epidermis atas; PP=parenkim palisade; PS=parenkim bunga karang; LE=epidermis bawah. Tanda anak panah menunjukkan adanya perubahan ketebalan kutikula dan epidermis akibat paparan cekaman logam timbal	81
Gambar 7.1 Jenis Bunga Matahari (<i>Helianthus annuus</i> L.)	90
Gambar 7.2 Struktur Bunga	91
Gambar 7.3 Komposisi bunga hermafrodit (a), bunga jantan (b), dan bunga betina (c).....	92
Gambar 7.4 Struktur Bunga <i>Adenantha pavonina</i>	93
Gambar 7.5 Bagan letak bagian bunga	95
Gambar 7.6 Kuncup Bunga <i>Nyamplung</i> (<i>Calophyllum inophyllum</i> L.).....	96
Gambar 7.7 Penampang membujur kuncup bunga muda <i>Nyamplung</i>	96
Gambar 7.8 Penampang membujur kuncup bunga dewasa <i>Nyamplung</i>	97

Gambar 7.9 Tahapan Perkembangan Bunga	98
Gambar 8.1. Struktur benih dikotil dan monokotil	105
Gambar 8.2. Struktur internal benih	107
Gambar 8.3. Tipe perkecambahan epigeal dan hypogeal	112

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbedaan jaringan xilem dan floem	27
Tabel 5.1 Perubahan struktur anatomi daun (μm) pada konsentrasi cekaman timbal (Pb) yang berbeda (ppm)	68
Tabel 8.1. Perbedaan benih ortodok dan rekalsitran	109

BAB 1

CIRI-CIRI SEL TUMBUHAN HIDUP DAN MATI

Oleh Almira Ulimaz

1.1 Pendahuluan

Bumi adalah planet dimana banyak makhluk hidup yang tinggal didalamnya. Makhluk hidup tersebut digolongkan menjadi beberapa golongan. Golongan-golongan makhluk hidup tersebut disebut sebagai kerajaan. Sejauh ini, kerajaan makhluk hidup dibagi menjadi lima yakni kerajaan hewan (*animalia*), kerajaan tumbuhan (*plantae*), kerajaan monera (*bacteria*), kerajaan protista (ganggang atau *algae* dan protozoa), dan kerajaan jamur (*fungi*). Salah satu kerajaan makhluk hidup terbesar yang ada dan hidup di bumi hingga saat ini adalah kerajaan tumbuhan (Ulimaz, 2022).

Tumbuhan dapat diidentifikasi sebagai suatu organisme yang termasuk ke dalam jenis makhluk hidup tingkat tinggi. Makhluk hidup tingkat tinggi disini berarti makhluk hidup yang bersifat multiseluler (tubuhnya mengandung lebih dari satu sel hidup) dengan kesatuan sistem organ tubuh yang dapat dikatakan cukup atau bahkan sangat kompleks. Selain tumbuhan, kerajaan makhluk hidup yang termasuk ke dalam golongan organisme tingkat tinggi adalah organisme hewan, akan tetapi yang dibahas dalam buku ini adalah tumbuhan (Ni'mah, et al., 2018). Khususnya dalam buku ini akan membahas tentang sel tumbuhan.

Organisme tumbuhan tentu saja tersusun atas sel tumbuhan. Apa yang dimaksud dengan sel tumbuhan? Sebelum mengkaji bahasan mengenai sel tumbuhan, maka ada baiknya memahami terlebih dahulu apa itu sel dalam konteks keilmuan Biologi. Sel dalam konteks ilmu hayat merupakan satuan atau unit organisasi struktural serta fungsional kehidupan terkecil pada makhluk hidup. Meskipun di dalam setiap sel masih ada komponen sel (yang biasanya disebut sebagai organel sel) yang ukurannya tentu saja jauh lebih kecil daripada ukuran sel tumbuhan itu sendiri, tapi komponen-komponen sel tersebut tidak akan mampu menjadi suatu kesatuan unit yang bersifat "hidup" jika komponen-komponen sel tersebut tidak disatukan di dalam suatu wadah atau ruang yang disebut sebagai sel (Ulimaz, et al., 2020).

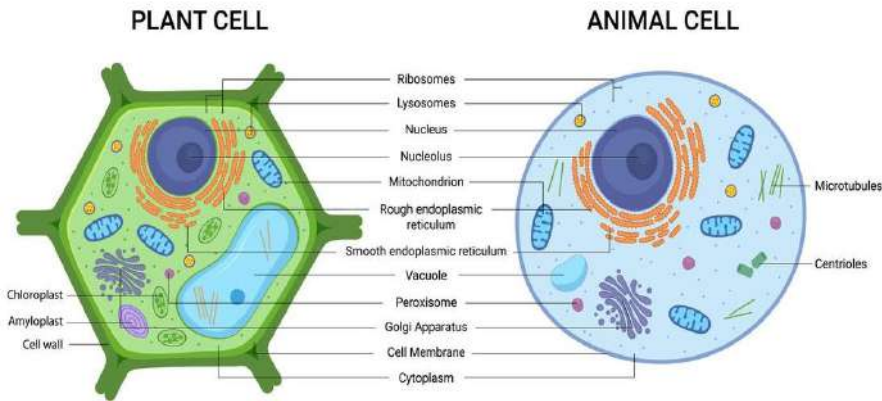
Sel adalah kesatuan unit organisasi paling kecil dan sederhana yang menjadi dasar kehidupan makhluk hidup dalam ranah biologis (Santoso & Santri, 2021). Sel pada makhluk hidup sendiri terdiri atas 2 jenis, yakni sel prokariotik dan sel eukariotik. Seperti benda hidup pada umumnya, maka sel juga bisa mengalami kematian. Oleh sebab itu sel yang hidup maupun sel yang telah mati memiliki karakteristik khasnya masing-masing.

Sebelum menelaah tentang karakteristik atau ciri khas suatu sel yang masih hidup maupun yang sudah mati, ada baiknya terlebih dahulu membahas kajian mengenai ciri-ciri makhluk hidup yang bisa dikatakan masih "hidup" atau bernyawa. Menurut (Ulimaz, et al., 2022) adapun karakteristik yang dimiliki oleh suatu makhluk yang masih hidup, antara lain sebagai berikut: bernafas, menyerap Nutrisi dan atau menghasilkan energi, melakukan mobilitas, memberi reaksi terhadap impuls (biasa disebut dengan istilah iritabilitas dalam ranah keilmuan Biologi), melakukan pertumbuhan dan perkembangan, memperbanyak diri dengan bereproduksi atau berkembang biak, mampu mengeluarkan zat sisa (sampah) dari tubuhnya ke

lingkungan di luar tubuhnya, melakukan proses penyesuaian diri atau adaptasi, memerlukan suhu atau temperatur tertentu dari suatu kondisi lingkungan dimana dia berhabitat, mengalami proses metabolisme serta regulasi. Melalui proses pemahaman akan karakteristik makhluk hidup yang bernyawa (belum mati), maka diharapkan dapat lebih mudah dalam memahami materi tentang ciri khas sel yang masih hidup dan maupun sel yang telah mati. Jika sudah mengerti maka akan lebih mudah untuk mempelajari hal lain yang masih berkaitan dengan ilmu pengetahuan Biologi Dasar misalnya ciri-ciri sel tumbuhan hidup dan mati pada organisme golongan plantae.

1.2 Apa Itu Sel Tumbuhan?

Sel tumbuhan adalah sel yang terdapat pada organisme golongan tumbuhan atau biasa disebut sebagai plantae dalam ranah ilmu Biologi. Mengacu pada pengertian sel itu sendiri, maka sel tumbuhan merupakan satuan organisasi struktural serta fungsional paling kecil yang menyusun suatu organisme atau individu tumbuhan / tanaman. Sel tumbuhan berperan dalam pertumbuhan serta perkembangan organisme tumbuhan itu sendiri. Sel tumbuhan mampu menyerap makanan dari akar untuk diedarkan ke seluruh tubuh tumbuhan sehingga pada proses perkembangan selanjutnya suatu tumbuhan mampu menghasilkan bunga kemudian menghasilkan biji dan buah (untuk tumbuhan berbiji) (Fatriasari, et al., 2019).



Gambar 1.1. Perbedaan Sel Tumbuhan dan Sel Hewan
(Sumber: Anastasia, A., 2022)

Salah satu ciri khas dari sel tumbuhan adalah adanya dinding sel yang terbuat dari selulosa. Apa yang dimaksud dengan selulosa? Selulosa dalam ranah kebidangan ilmu Kimia memiliki arti berupa komponen karbohidrat yang bentuknya seperti rantai lurus dengan glukosa sebagai monomer penyusunnya. Diantara monomer–monomer penyusunnya, dihubungkan oleh suatu ikatan hidrogen. Dinding sel agak tipis pada organisme tumbuhan yang masih di muda dan kemudian dinding sel menjadi semakin tebal saat selulosanya juga semakin tua. Hal inilah yang menyebabkan tubuh organisme tumbuhan muda bisa menjadi sangat lunak dan semakin keras seiring tubuh organisme tumbuhan yang semakin tua (Anggraini, et al., 2020). Jika dilihat dari fungsi dinding sel pada organisme tumbuhan yang berperan dalam membentuk tubuh sel tumbuhan serta memberi kekuatan untuk tumbuhan berdiri tegak karena sifatnya yang kaku, maka sulit membedakan sel tumbuhan yang masih hidup dengan yang sudah mati jika hanya melihat dari konstruksi dinding pada sel tumbuhan tersebut.

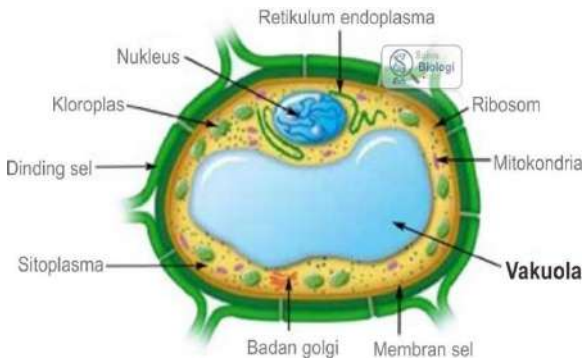
Selain adanya dinding sel, sel tumbuhan juga memiliki organel khas lainnya yang juga berfungsi sebagai penyusun sel tumbuhan. Apa lagi selain dinding sel, organel sel khas lainnya yang juga terdapat pada sel tumbuhan? Organel sel itu sendiri merupakan unit-unit kerja (atau dalam suatu komunitas dapat dianalogikan sebagai divisi-divisi/departemen) yang terdapat di dalam badan sel, yang tugas utamanya berperan dalam menjalankan fungsi sel tumbuhan itu sendiri. Organel sel penyusun sel tumbuhan memiliki beberapa bagian yang tiap fungsinya memiliki kebermanfaatan atau kegunaan yang tentu saja juga beraneka ragam. Bagian tersebut sering juga disebut sebagai struktur khas penyusun suatu badan sel (Anastasia, 2022). Struktur khas inilah yang nantinya dapat menjadi pembeda antara sel tumbuhan yang masih hidup dengan sel tumbuhan yang telah mati.

1.2.1 Struktur Sel Tumbuhan

Pada umumnya setiap jenis sel mempunyai kekhasannya masing-masing. Begitu juga sel-sel yang menyusun organisme tumbuhan. Terdapat beberapa struktur yang hanya ada di tipe sel penyusun organisme tumbuhan, akan tetapi tidak ada atau tidak dimiliki oleh tipe sel organisme lainnya. Menurut (Yog, 2019) fitur atau struktur khas yang dimiliki oleh sel-sel penyusun individu tumbuhan, antara lain:

1. Vakuola

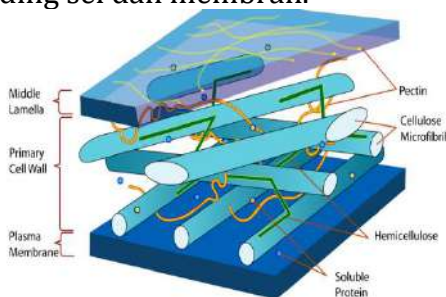
Vakuola merupakan organel sel yang bentuknya seperti ruang kosong. Vakuola juga terlihat seperti ruang penyimpanan yang transparan. Setiap satu sel tumbuhan hanya memiliki satu vakuola saja akan tetapi ukurannya cukup besar (mendominasi hampir seluruh ruang sel). Vakuola pada sel tumbuhan yang hidup berbentuk seperti suatu ruang penyimpanan yang rapi, berisi cairan serta berbagai zat terlarut didalamnya sedangkan vakuola pada sel tumbuhan yang telah mati, airnya keluar dan ini dapat mengakibatkan sel mengalami pengerutan.



Gambar 1.2. Struktur Vakuola pada Sel Tumbuhan
(Sumber: Yog, M., 2019)

2. Dinding Sel

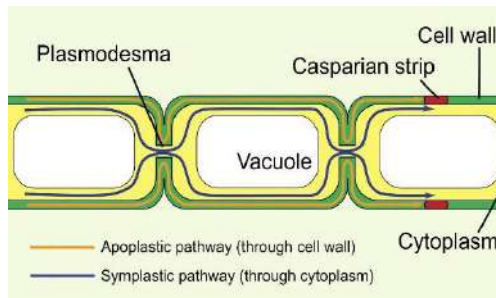
Struktur dinding sel atau yang biasa disebut sebagai *cell wall* adalah organel sel yang keberadaannya hanya dimiliki oleh sel penyusun individu tumbuhan. Kandungan yang terdapat di dalam dinding sel tumbuhan disimpan oleh protoplasma di luar membran sel (struktur khas pada sel berupa lapisan tipis yang menyelimuti sebuah sel) (Faradiba, 2022). Dinding sel tumbuhan yang hidup berbentuk seperti banyak lapisan dan posisinya berdekatan dengan membran tanpa ada jarak diantaranya, sedangkan dinding pada sel tumbuhan yang telah mati, terdapat jarak antara dinding sel dan membran.



Gambar 1.3. Struktur Plasmodesmata pada Sel Tumbuhan
(Sumber: Faradiba, N., 2022)

3. Plasmodesmata

Plasmodesmata pada sel tumbuhan merupakan suatu saluran terbuka yang terdapat pada dinding sel tumbuhan. Struktur ini kadang disebut juga sebagai pori-pori penghubung pada dinding sel karena memiliki benang-benang sitosol yang terkoneksi dari sel-sel sebelahnya (sel tetangga). Hal ini nantinya akan bermanfaat dalam menyatukan sebagian besar bagian tubuh tumbuhan menjadi satu rangkaian kehidupan (Trueman, 2020).

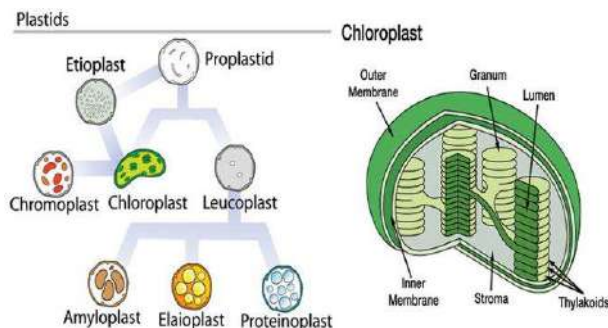


Gambar 1.4. Plasmodesmata pada Sel Penyusun Organisme Tumbuhan. (Sumber: Trueman, S., 2020)

Pada sel tumbuhan yang hidup, plasmodesmata berperan sebagai tempat pertukaran zat dan pertukaran gas (oksigen dan karbondioksida) antarsel. Organel ini juga menghubungkan sel yang satu dengan sel yang lainnya melalui organel yang bernama retikulum endoplasma (RE) dengan celah desmotubul, dan memberikan suatu rute yang mudah untuk pergerakan ion-ion, molekul-molekul kecil sedangkan pada sel tumbuhan yang telah mati, plasmodesmata rusak dan pertukaran gas maupun zat antar sel menjadi tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Pada sel tumbuhan yang telah mati, plasmodesmata yang rusak menyebabkan pergerakan ion dan molekul kecil dalam badan sel juga tidak dapat terjadi sehingga dapat menyebabkan metabolisme sel tumbuhan terganggu.

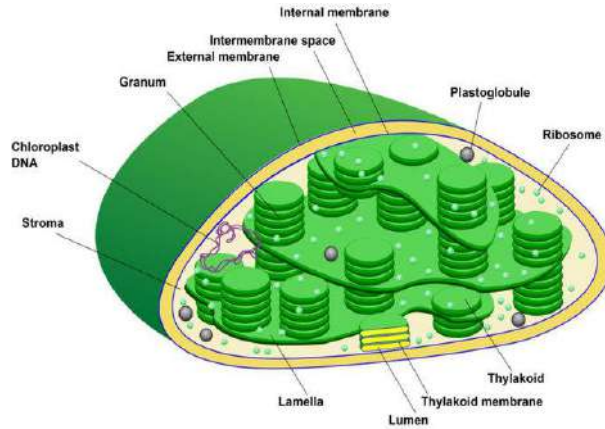
4. Plastida

Struktur plastida dalam sel tumbuhan merupakan organel yang juga hanya dimiliki oleh sel penyusun organisme tumbuhan. Organel ini mengandung pigmen yang memberi warna pada tumbuhan. Plastida berisi pigmen klorofil yang disebut juga sebagai kloroplast. Secara umum, pigmen ini memberikan warna hijau bagi sebagian besar tumbuhan, khususnya tumbuhan tingkat tinggi. Meskipun di beberapa tumbuhan, ada pigmen yang warnanya bukan hijau. Adapun fungsi utama plastida adalah sebagai organel utama penyelenggara proses fotosintesis (suatu proses biokimia yang bertujuan untuk membentuk karbohidrat dari bahan anorganik) (Azizah, 2020).



Gambar 1.5. Plastida pada Sel Tumbuhan
(Sumber: Azizah, K., 2020)

Pada sel tumbuhan yang hidup, plastida seringkali memberi warna hijau yang cerah untuk tampilan luar di badan organisme tumbuhan khususnya daun, sedangkan pada sel tumbuhan yang telah mati, plastida tidak berfungsi sebagaimana normalnya sehingga tampilan luar badan tumbuhan seringkali terlihat layu dan tidak berwarna hijau segar. Meskipun memang ada beberapa tumbuhan yang daunnya tidak berwarna hijau karena memiliki jenis pigmen yang berbeda, akan tetapi secara umum, sel tumbuhan yang telah mati ditandai dengan perubahan warna yang signifikan pada tampilan daun organisme tumbuhan tersebut.



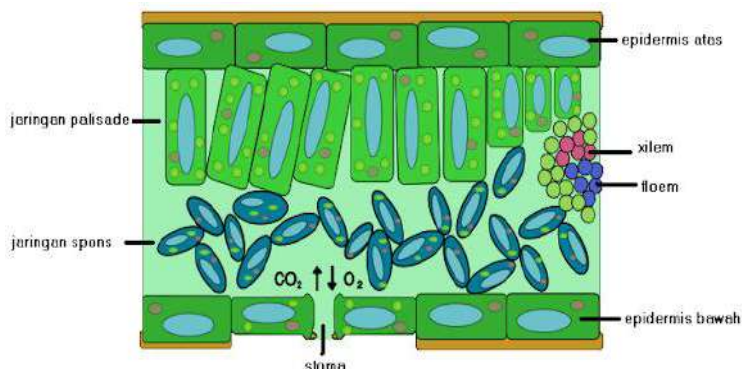
Gambar 1.6. Struktur Plastida
(Sumber: Azizah, K., 2020)

1.2.2 Tipe Sel Tumbuhan

Sel penyusun organisme tumbuhan memiliki beberapa tipe, antara lain sebagai berikut:

1. Sel Parenkim.

Sel-sel parenkim yang kemudian membentuk jaringan parenkim pada tubuh suatu individu tumbuhan memiliki manfaat untuk menjadi penyokong atau tempat berdirinya tubuh tumbuhan secara tegak dan juga kokoh. Jaringan parenkim ini juga didefinisikan sebagai jaringan yang sifatnya dasar bagi seluruh kesatuan struktur tubuh serta kesatuan fungsi organisme tumbuhan. Sel penyusun jaringan parenkim mempunyai dinding primer yang cukup tipis serta sitoplasma yang sifatnya fungsional (memiliki kebermanfaatan tinggi bagi tumbuhan) (Anonymous, 2021).

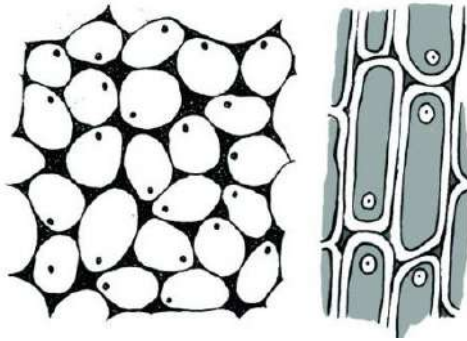


Gambar 1.7. Sel-Sel Penyusun Jaringan Parenkim pada Tumbuhan
<https://www.pusatbiologi.com/2013/01/jaringan-parenkim-tumbuhan.html>

Jaringan parenkim dapat terus hidup saat tumbuhan mulai beranjak memasuki usia dewasa. Sel parenkim ini juga bertanggung jawab terhadap fungsi biokimiawi dalam tubuh suatu individu tumbuhan. Sel-sel penyusun jaringan parenkim sering terlihat pada bagian organ akar dan bagian organ batang tumbuhan khususnya sebagai bahan pengisi bagian korteks organ batang, organ daun, organ bunga, organ buah, dan bahkan organ biji. Oleh sebab itu, jaringan ini sangat penting keberadaannya bagi tumbuhan (Anonymous, 2021).

2. Sel Kolenkim.

Sel-sel penyusun jaringan kolenkim pada tubuh tumbuhan berbentuk seperti berkas atau silinder yang letaknya berada mendekati permukaan korteks baik itu pada organ batang dan juga tangkai organ daun. Letaknya tepat sepanjang tulang daun besar pada helai organ daun. Jaringan kolenkim cukup jarang ditemukan di organ akar tumbuhan (Pendidikan, 2019).



Gambar 1.8. Sel-Sel Penyusun Jaringan Kolenkim pada Tumbuhan
Sumber: <https://seputarilmu.com/2019/10/jaringan-kolenkim.html>

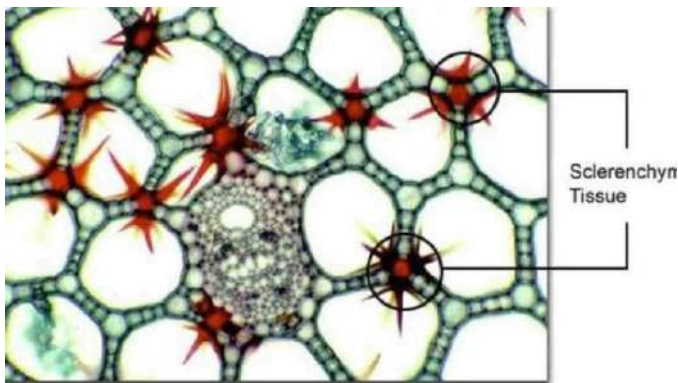
Kolenkim sendiri merupakan jaringan yang sifatnya hidup akan tetapi hubungannya cukup dekat dengan jaringan parenkim. Jaringan ini terkhususkan sebagai jaringan penyokong tubuh tumbuhan terutama untuk organ dasar tumbuhan yang umurnya masih muda. Bentuk serta penampakan dari sel pada jaringan kolenkim adalah seperti bentuk prisma sampai dengan bentuk yang memanjang. Sel penyusun jaringan kolenkim pada tubuh tumbuhan mempunyai dinding sel primer khas yang lebih tebal jika dibandingkan dengan dinding pada sel penyusun jaringan parenkim. Dinding tersebut tidak akan menebal dengan merata dan hal tersebut juga merupakan salah satu ciri khas dari jaringan ini (Pendidikan, 2019).

3. Sel Sklerenkim.

Sel-sel penyusun jaringan sklerenkim pada tubuh tumbuhan menciptakan banyak kumpulan sel (jaringan) yang sifatnya berkesinambungan seperti berkas yang tipis (ramping). Selain itu, jaringan sklerenkim juga sering ditemukan ada di antara sel-sel serta jaringan tumbuhan yang lain. Sel penyusun jaringan sklerenkim mampu melakukan perkembangan di dalam tubuh suatu organisme tumbuhan baik itu pertumbuhan primer maupun

pertumbuhan sekunder. Dinding sel-selnya tidak tipis bahkan dapat dikatakan cukup tebal, sifatnya juga tidak primer dan cukup sering ditemukan adanya lignin didalamnya. Saat suatu tumbuhan memasuki usia dewasa protoplas pada selnya bisa hilang atau bahkan habis. Salah satu tipe jaringan permanen sederhana dalam tubuh tumbuhan adalah jaringan sklerenkim (Lestari, 2021).

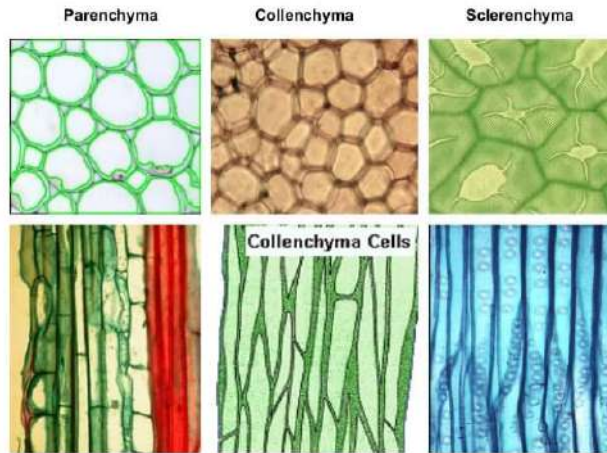
Pada tumbuhan terdapat sel-sel mati yang dapat menyusun jaringan yaitu jaringan sklerenkim. Disebut sel mati karena pada sel tersebut tidak melakukan aktivitas metabolisme. Oleh karena itu, jaringan sklerenkim hanya dijumpai pada organ tumbuhan yang tidak lagi mengadakan pertumbuhan dan perkembangan.



Gambar 1.9. Sel-Sel Penyusun Jaringan Kolenkim pada Tumbuhan
(Sumber: Lestari, S., 2021)

Jaringan serabut adalah kumpulan sel yang bentuknya amat panjang yang memiliki ujung sel berbentuk runcing (lancip). Sel serabut tersebut memiliki fleksibilitas serta kekuatan yang bisa dikatakan cukup besar. Oleh karena itulah kekuatan jaringan ini serta kelenturannya membuat sel-sel tersebut dimanfaatkan dalam pembuatan berbagai macam produk seperti tali, tikar dan berbagai macam aplikasi terhadap industri tekstil. Sel sklereida memiliki bentuk mirip serabut dengan dinding tebal dan juga keras, namun jaringan sklereida ada juga yang berbentuk serta berukuran pendek namun tidak memiliki panjang yang sama

seperti panjang jaringan serabut. Buah apel adalah contoh buah yang dihasilkan tumbuhan yang banyak mengandung jaringan sklerida. Dalam kehidupan suatu tumbuhan berbentuk pohon, sel penyusun jaringan sklereida memiliki bagian yang sangat penting (Kurarin, 2022).



Gambar 1.10. Perbedaan antara Sel Parenkim, Sel Kolenkim, dan Sel Sklerenkim pada Sel Penyusun Tubuh Tumbuhan

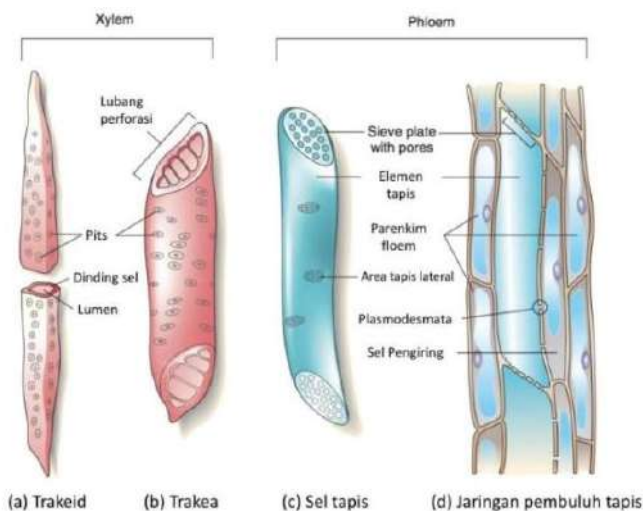
Sumber: Kurarin, A., 2022.

<https://www.angphotorion.com/struktur-dan-fungsi-jaringan-pada-tumbuhan/>

4. Sel Pengangkut (Xilem dan Floem).

Sel-sel penyusun jaringan pengangkut pada tubuh tumbuhan memiliki fungsi sebagai alat untuk mengangkut zat-zat atau unsur hara yang diperlukan oleh tubuh tumbuhan dari lingkungan seperti air, garam mineral, dan juga hasil fotosintesis. Ada dua jenis sel pengangkut di dalam tubuh tumbuhan. Sel pengangkut pertama yakni xilem, yang berfungsi untuk mengangkut air dan garam mineral dari akar menuju daun dimana pada umumnya sel-sel penyusun jaringan xilem ini tersusun atas sel mati

dengan dinding yang tebal berbahan lignin (Qothrunnada, 2021)..



Gambar 1.11. Sel-Sel Penyusun Jaringan Pengangkut pada Tubuh Tumbuhan. (Sumber: Qothrunnada, K., 2021)

1.3 Penutup

Sel adalah unit organisasi paling kecil yang menjadi dasar kehidupan dalam arti biologis suatu kehidupan (Santoso & Santri, 2021). Sel tumbuhan merupakan sel yang terdapat pada organisme golongan tumbuhan. Mengacu pada pengertian sel sendiri, maka sel tumbuhan adalah satuan organisasi dan struktural serta fungsional terkecil yang menyusun organisme atau individu suatu tumbuhan. Sel tumbuhan memiliki peranan mulai dari pertumbuhan dan perkembangan organisme tumbuhan, menyerap makanan dari akar untuk ke seluruh tubuh tumbuhan hingga menghasilkan buah (untuk tumbuhan berbiji) (Yog, 2019).

Adapun fitur atau struktur khas yang dimiliki oleh sel-sel penyusun individu tumbuhan, antara lain adanya vakuola, dinding sel, plasmodesmata, dan plastida. Keempat struktur khas

tersebut yang akan mendeterminasi apakah suatu sel tumbuhan hidup atau telah mati. Sesuai dengan fungsinya masing-masing, maka jika keempat struktur khas tumbuhan tersebut mampu bekerja dan menjalankan tubuh sel maka sel tumbuhan tersebut dikatakan hidup, akan tetapi jika terjadi sebaliknya maka sel tumbuhan tersebut dapat dikatakan telah mati.

DAFTAR PUSTAKA

- Anastasia, A., 2022. *Sel Tumbuhan Terdiri dari Apa Saja? Ini Penjelasannya*. [Online]
Available at: <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-5885113/sel-tumbuhan-terdiri-dari-apa-saja-ini-penjasannya>
- Anggraini, D., Sulistiana, D., Agustina, D. & Ulimaz, A., 2020. Determination of Kinetic Parameters and The Effect of Ion Mg^{2+} Inhibition Into Pectinase Activities. *Jurnal Penelitian dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: e-Saintika*, 4(2), pp. 112-118.
- Anonymous, 2021. *Jaringan Parenkim Adalah (Sifat, Asal, Isi, Fungsi & Jenis Parenkim)*. [Online] Available at:
<https://www.pusatbiologi.com/2013/01/jaringan-parenkim-tumbuhan.html>
- Azizah, K., 2020. *Fungsi Plastida dalam Fotosintesis, Ketahui Struktur dan Jenisnya*. [Online] Available at:
<https://www.merdeka.com/trending/fungsi-plastida-dalam-fotosintesis-ketahui-struktur-dan-jenisnya.html>
- Faradiba, N., 2022. *Struktur dan Fungsi Dinding Sel pada Tumbuhan*. [Online] Available at:
kompas.com/sains/read/2022/06/03/163100723/struktur-dan-fungsi-dinding-sel-pada-tumbuhan
- Fatriasari, W., Masruchin, N. & Hermiati, E., 2019. *Selulosa: Karakteristik dan Pemanfaatannya*. 1st ed. Jakarta(Jakarta): LIPI Press.

- Kurarin, A., 2022. *Struktur dan Fungsi Jaringan pada Tumbuhan Beserta Gambarnya!*. [Online] Available at: <https://www.angphotorion.com/struktur-dan-fungsi-jaringan-pada-tumbuhan/>
- Lestari, S., 2021. *Fungsi Jaringan Sklerenkim pada Tumbuhan dan Ciri-cirinya*. [Online] Available at: <https://www.harapanrakyat.com/2021/01/fungsi-jaringan-sklerenkim/>
- Netter, F. H., 2019. *Atlas of Human Anatomy*. 7 ed. Philadelphia: Elsevier Inc.
- Nilasari, I., 2022. *Perbedaan Sel Prokariotik dan Eukariotik pada Organisme, Ini Penjelasannya!*. [Online] Available at: <https://www.harapanrakyat.com/2022/07/perbedaan-sel-prokariotik/>
- Ni'mah, S., Ulimaz, A. & Lestari, N., 2018. Penerapan Bahan Ajar Berbasis Inkuiri Terbimbing Terhadap Pemahaman Konsep Biologi Siswa SMP Di Banjarmasin Barat. *Jurnal Biotek*, 6(2), pp. 120-130.
- Pendidikan, G., 2019. *Jaringan Kolenkim*. [Online] Available at: <https://seputarilmu.com/2019/10/jaringan-kolenkim.html>
- Qothrunnada, K., 2021. *Perbedaan Xilem dan Floem Pada Jaringan Tumbuhan*. [Online] Available at: <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-5815051/perbedaan-xilem-dan-floem-pada-jaringan-tumbuhan#:~:text=Jaringan%20pengangkut%20merupakan%20sebuah%20jaringan,serta%20hasil%20fotosintesis%20pada%20tumbuhan.>

- Santoso, L. M. & Santri, D. J., 2021. *Sel: Pengertian, Struktur, Prokariotik, Eukariotik*. [Online] Available at: <https://www.gramedia.com/literasi/sel-2/>
- Trueman, S., 2020. *Plasmodesmata: The Bridge Between Plant Cells*. [Online] Available at: <https://www.thoughtco.com/plasmodesmata-the-bridge-to-somewhere-419216>
- Ulimaz, A., 2022. MODEL PEMBELAJARAN INKUIRI TERBIMBING PADA MATA KULIAH MIKROBIOLOGI DASAR DI PERGURUAN TINGGI BERBASIS VOKASI. *Nusantara Hasana Journal*, 2(1), pp. 198-206.
- Ulimaz, A., Agustina, D. K., Anggraini, D. P. & D., S., 2020. Pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa pada Materi Nutrisi Mikroorganisme Berbasis High Order Thinking Skill. *Bioedusiana: Jurnal Pendidikan Biologi*, 5(1), pp. 41-51.
- Ulimaz, A. et al., 2022. *Biologi Dasar Untuk Perguruan Tinggi*. 1st ed. Padang(Sumatera Barat): PT. Global Eksekutif Teknologi.
- Yog, M., 2019. *Organela pada Sel Tumbuhan*. [Online] Available at: <https://www.masyog.com/2019/05/organela-pada-sel-tumbuhan.html>

BAB 2

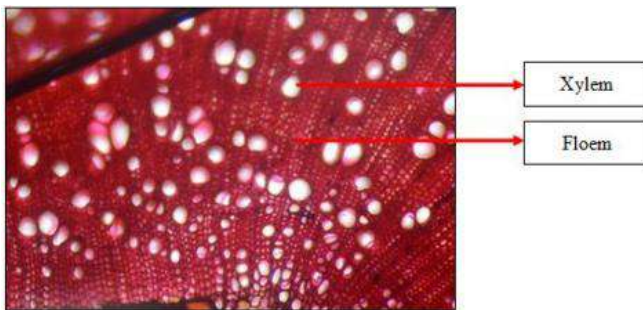
STRUKTUR DAN PERKEMBANGAN JARINGAN PENGANGKUT (XILEM DAN FLOEM)

Oleh Lisa Dwifani Indarwati

Tumbuhan merupakan organisme eukariota multiseluler yang berfotosintesis dan memiliki dinding sel. Proses yang terjadi dalam tumbuhan meliputi pertumbuhan dan perkembangan yang berlangsung secara beriringan. Pertumbuhan menghasilkan jaringan-jaringan, dan organ-organ yang membentuk struktur tubuh tumbuhan. Pertumbuhan merupakan proses yang dimulai dari pertambahan kuantitas sel dan pertambahan *volume* yang terjadi secara *irreversible* (tidak dapat kembali). Selain mengalami proses pertumbuhan, tumbuhan juga mengalami proses perkembangan. Pertumbuhan dapat dinyatakan dalam satuan angka, namun perkembangan tidak dapat dinyatakan dalam satuan angka namun dapat dilihat dari perubahan bentuk tubuh tumbuhan dan tingkat kedewasaan, dimana perkembangan merupakan kondisi menuju kedewasaan secara biologis. Salah satu yang membedakan antara tumbuhan tingkat tinggi dengan tumbuhan tingkat rendah (lumut dan alga) adalah adanya jaringan pengangkut (*vascular*).

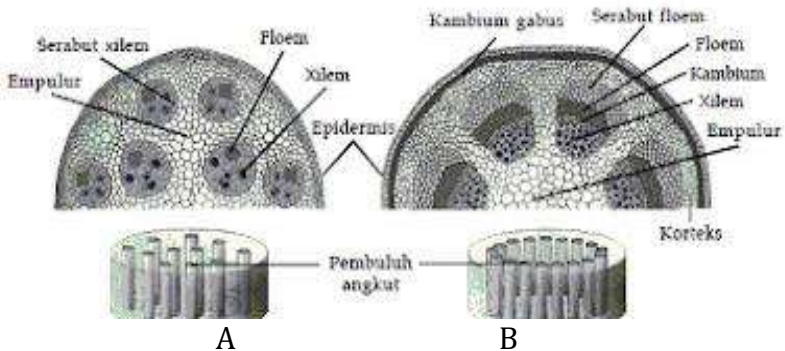
Tumbuhan tingkat tinggi memiliki jaringan *vascular* yang berfungsi sebagai transporter air dan garam mineral ke organ daun dan pendistribusi hasil fotosintesis ke seluruh bagian tubuh tumbuhan. Tumbuhan tingkat rendah seperti lumut tidak dijumpai adanya jaringan pengangkut/transporter, sehingga air yang masuk ke organ tumbuhan terjadi melalui proses imbibisi selanjutnya didistribusikan secara difusi.

Transportasi pada tumbuhan terjadi pada tiga tingkatan, yaitu: Penyerapan serta kehilangan air dan zat terlarut oleh sel-sel individu, transpor zat jarak pendek dari sel ke sel pada tingkat jaringan atau organ serta pengangkutan zat jarak jauh di dalam xilem dan floem pada tingkat seluruh tumbuhan. Pengangkutan jarak jauh terhadap air, zat terlarut, dan senyawa organik lain dengan berat molekul rendah terjadi pada jaringan xilem dan floem. Jaringan xilem dan floem tersusun dari jaringan-jaringan yang memiliki struktur yang kompleks dan berbeda fungsi.



Gambar 2.1. Jaringan pengangkut pada batang melintang *Capsicum frutescens*

Jaringan pada tumbuhan dibedakan menjadi jaringan primer dan jaringan sekunder berdasarkan asal penyusunnya. Jaringan primer merupakan jaringan yang bermula dari meristem primer. Epidermis, korteks, xilem primer, floem primer, kambium dan empulur merupakan contoh jaringan primer. Contoh pertumbuhan primer adalah akar memanjang, daun melebar, dan batang meninggi. Sedangkan jaringan sekunder merupakan jaringan yang bermula dari meristem sekunder. Contoh pertumbuhan sekunder adalah kambium vasis yang mengalami pertumbuhan menuju sisi luar menjadi floem sekunder dan menuju sisi dalam menjadi xilem sekunder, kambium intervasis tumbuh menjadi jari-jari empulur, perikambium/perisekel tumbuh membentuk cabang pada akar dan batang, serta kambium gabus (folagen) yang bertugas menghentikan luka.



Gambar 2.2. Letak xilem dan floem yang berbeda pada batang monokotil (A) dan dikotil (B)

Berdasarkan gambar 2.2, terlihat bahwa jaringan xilem dan floem menyebar tidak beraturan pada batang tumbuhan monokotil, sedangkan xilem dan floem pada tumbuhan dikotil menyebar beraturan. Susunan floem pada tumbuhan dikotil menempati tempat di bagian luar kambium, sedangkan tumbuhan monokotil memiliki satu pasang xilem dan floem yang menyebar karena tumbuhan monokotil tidak memiliki kambium. Perbedaan dalam sistem jaringan pengangkut antara xilem dan floem akan dijelaskan lebih lanjut.

2.1 Xilem

Pengangkutan jarak jauh dari akar ke pucuk daun terjadi terutama dilakukan oleh pembuluh xilem yang tersusun dari sel-sel yang mati. Pengangkutan tersebut berupa air dan garam mineral terlarut. Xilem dibagi menjadi xilem primer dan xilem sekunder berdasarkan asal pembentuknya. Xilem primer terbentuk dari prokambium sedangkan xilem sekunder terbentuk dari kambium. Transportasi pada xilem didorong oleh gradien dalam tekanan hidrostatik (tekanan akar), perbedaan konsentrasi uap air dan oleh gradien dalam potensial air. Air bebas murni didefinisikan memiliki potensial air nol, sehingga nilai potensial air biasanya negatif. Gradien potensial air antar akar dan pucuk cukup curam terutama pada siang hari ketika stomata terbuka. Aliran solut di dalam xilem dari akar ke daun terjadi secara searah. Hal ini karena potensial air bergerak dari

potensial tinggi (tanah) menuju potensial rendah (atmosfer), dengan urutan tanah-tumbuhan-atmosfer. Namun, terdapat juga kondisi tertentu dimana aliran larutan di pucuk mengalami aliran air yang berlawanan arah, misalnya disebabkan oleh transpirasi rendah pada buah yang kembali ke daun. Terdapat 3 unsur penyusun xilem, yaitu:

1. Saluran trakeid

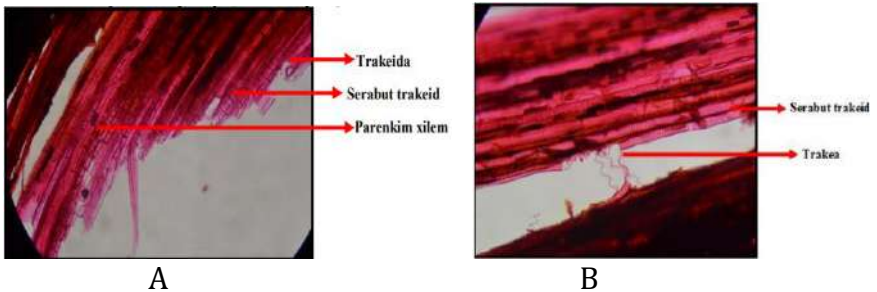
Saluran trakeid berkembang dari sel tunggal dan umumnya memiliki panjang kurang dari 1 cm (jarang yang memiliki ukuran lebih panjang). Saluran trakeid merupakan elemen yang terdapat pada spesies gymnospermae dan pakis-pakisan, sedangkan pembuluh/vessel terdapat pada spesies angiospermae dan kelompok tertentu lainnya yang berkembang dari rantai sel yang terkoordinasi (elemen pembuluh) yang sebagian atau seluruhnya kehilangan dinding di ujung/berlubang (mengalami perforasi). Panjang elemen pembuluh bisa lebih panjang dari 1 cm. Saluran xilem dihubungkan satu sama lain oleh lubang di dinding sel sekunder yang memiliki membran lubang yang memisahkan saluran lumen. Membran yang dimaksud merupakan dinding sel primer yang dimodifikasi dan lamela tengah yang mengintervensi sel saluran yang berdekatan. Saluran trakeid dan elemen pembuluh bertugas mengangkut air dan zat terlarut.

2. Serat/serabut xilem

Serabut xilem memiliki lignin, yaitu sel panjang yang berdinding sekunder dan memiliki ujung yang runcing. Terdapat dua macam serabut, yaitu serabut trakeid dan libriform. Serabut trakeid lebih pendek dan lebih tipis dibandingkan serabut libriform. Terdapat bintik/titik sederhana pada serabut libriform, disisi lain serabut trakeid memiliki bintik/titik yang terlindung.

3. Parenkim xilem

Parenkim xilem ditemukan pada xilem primer dan juga xilem sekunder yang normalnya terbentuk dari sel-sel yang masih hidup. Sel jaringan parenkim xilem bertugas sebagai penyimpan persediaan makanan.



Gambar 2.3. A. Irisan membujur akar bunga kupu-kupu;
B. Irisan membujur batang bunga kupu-kupu.

2.2 Floem

Floem merupakan jaringan yang berfungsi mendistribusikan senyawa organik dari sumber (*source*) ke organ penyimpanan (*sink*). Sumber utama yang dimuat pada floem adalah dari batang dan daun, kemudian akan dialirkan ke organ penyimpanan dan pertumbuhan misalnya pada puncak pucuk, buah dan akar serta memungkinkan sebagai siklus nutrisi dalam tubuh tumbuhan. Floem dibagi menjadi floem primer dan floem sekunder berdasarkan asal pembentuknya. Floem primer berasal dari prokambium sedangkan floem sekunder berasal dari kambium. Terdapat beberapa unsur penyusun floem yang meliputi:

1. Buluh tapis/*sieve tube*

Di dalam floem, buluh tapis diasosiasikan dengan sel pengiring dan sel parenkim. Beberapa elemen buluh tapis individu diregangkan dari ujung ke ujung dalam rangkaian panjang, membentuk buluh tapis yang dihubungkan oleh pori-pori yang disebut sel tapis (*sieve*

plate). Pori sel tapis pada sebagian besar spesies tumbuhan dilapisi dengan *callose*, yaitu polisakarida yang sangat terhidrasi. Terdapat penelitian yang menunjukkan bahwa *callose* dapat membengkak dengan cepat dan mengisi ruang pori sehingga dapat menghalangi transportasi jarak jauh yang terjadi pada buluh tapis. Buluh tapis mengandung lapisan sitoplasma yang tipis yang membentuk filamen transeluler (disebut P-protein) yang lewat melalui pori-pori sel tapis. Ciri-ciri anatomis dari transportasi jarak jauh dalam buluh tapis melintasi pori sel tapis adalah selayaknya transportasi jarak pendek antara sel-sel dalam simplasma yang melintasi plasmodesmata. Buluh tapis merupakan sistem vaskuler yang bertindak sebagai transporter zat terlarut jarak jauh.

2. Sel pengiring/*companion cell*

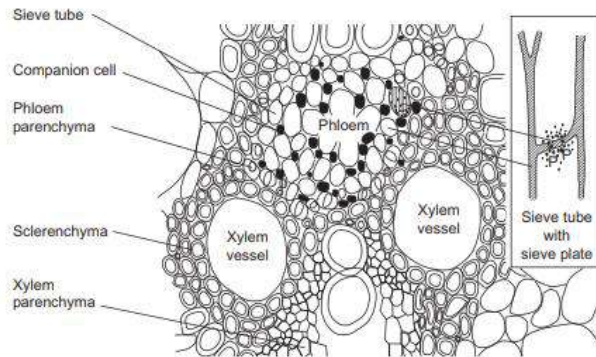
Sel pengiring normalnya berupa deretan yang menyamai sel parenkim dan bersifat hidup. Sel pengiring berhubungan erat dengan buluh tapis melalui plasmodesmata dan diduga bertugas sebagai jalur keluar masuk zat makanan melewati buluh tapis.

3. Serat-serat floem

Serat pada floem primer terletak di jaringan luar yang semula bersama-sama membentuk klistir atau masa yang selanjutnya menjadi homogen. Sedangkan serat pada floem sekunder mengikuti banyak macam pola. Terdapat sel hidup maupun sel mati pada serat dewasa yang berfungsi sebagai penyimpan persediaan makanan.

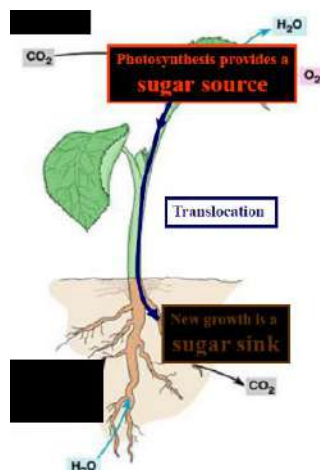
4. Parenkim floem/*phloem parenchyma*

Parenkim floem adalah sel hidup yang terdiri dari jaringan parenkim biasa yang terletak di buluh tapis. Fungsi dari parenkim floem adalah tempat penyimpan zat tepung, lemak dan zat organik lainnya.



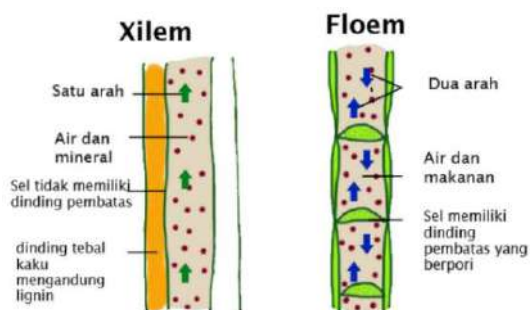
Gambar 2.4. Penampang jaringan vaskuler jagung dan sel penyusunnya

Arah transportasi melalui floem ditentukan oleh lokasi relatif dari daerah suplai, sumber dan daerah dimana pemanfaatan fotosintesis berlangsung ke penyimpanan. Sumber/*source* merupakan setiap organ pengangkut yang mampu memobilisasi senyawa organik atau memproduksi fotosintat melebihi kebutuhannya sendiri, misalnya daun dewasa, maupun organ penyimpanan selama fase perkembangan. Sedangkan penyimpanan/*sink* merupakan organ non fotosintesis dan organ yang tidak menghasilkan cukup fotoasimilasi untuk memenuhi kebutuhannya sendiri, misalnya akar, umbi, buah yang sedang berkembang, serta daun muda yang berfungsi sebagai penyimpanan. Jadi, arah translokasi yang terjadi pada jaringan floem yaitu dari *source* ke *sink* (Gambar 2.5.)



Gambar 2.5. Arah translokasi pada jaringan floem

Gula dan bahan organik lainnya ditranslokasikan diseluruh tumbuhan pada floem melalui elemen saringan. Elemen saringan memiliki adaptasi struktural yang membuatnya cocok untuk transportasi. Bahan ditranslokasikan di floem dari sumber (biasanya daun dewasa) ke penyimpanan (akar, daun muda). Bahan yang ditranslokasikan di floem sebagian besar adalah karbohidrat. Sukrosa adalah gula translokasi yang paling umum. Floem juga mengandung air, asam amino, protein, ion anorganik, dan hormon tumbuhan. Pergerakan di floem cepat, jauh melebihi kecepatan difusi. Kecepatan rata-rata pergerakan di floem adalah 1 meter per jam.

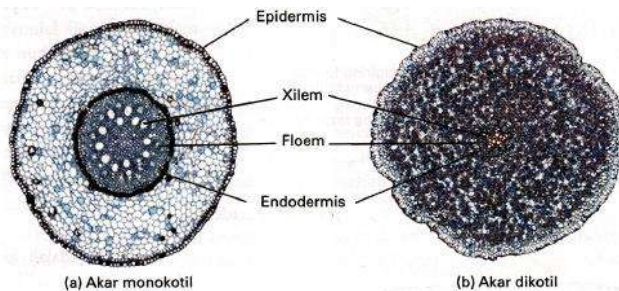


Gambar 2.6. Jaringan xilem dan floem

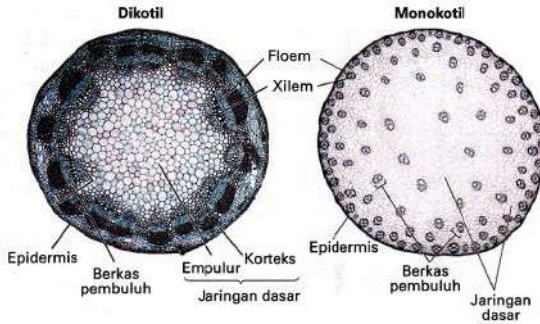
Tabel 2.1. Perbedaan jaringan xilem dan floem

Xilem	Floem
Selnya tidak mengandung sitoplasma (sel mati)	Selnya mengandung sitoplasma (sel hidup)
Dinding sel tebal, kaku dan berlignin	Dinding sel terbuat dari selulosa
Dinding sel <i>impermeable</i>	Dinding sel <i>permeable</i>
Tidak terdapat dinding pembatas pada sel	Terdapat dinding pembatas pada sel yang memiliki pori
Mentransportasikan air dan mineral	Mentransportasikan senyawa organik hasil fotosintesis
Arah aliran satu arah menuju daun	Arah aliran dua arah menuju seluruh organ tumbuhan

Terdapat perbedaan susunan jaringan xilem dan floem pada akar dan batang tumbuhan monokotil dan dikotil. Pada akar tumbuhan monokotil, xilem dan floem letaknya berselang seling sedangkan pada akar tumbuhan dikotil xilem berada di bagian dalam dan floem berada di luar. Pada batang tumbuhan monokotil, xilem dan floem letaknya tidak teratur atau menyebar sedangkan pada batang tumbuhan dikotil xilem dan floem teratur membentuk susunan lingkaran.



Gambar 2.7. Penampang perbedaan struktur pembentuk jaringan vaskuler akar tumbuhan monokotil (A) dan dikotil (B).



Gambar 2.8. Penampang perbedaan struktur pembentuk jaringan vaskuler pada batang tumbuhan dikotil (A) dan monokotil (B)

DAFTAR PUSTAKA

- Eta, T, 2014, Jaringan tanaman, [https:// serambipintar. blogspot. com /2014/09/jaringan-tanaman.html](https://serambipintar.blogspot.com/2014/09/jaringan-tanaman.html).
- Kusumaningrum, R 2017, Peranan Xilem dan Floem dalam Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan, Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Biologi, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Latifa, R 2015, Peningkatan Kualitas Prepare Histologi Berbasis Kegiatan Praktikum di Laboratorium Biologi, Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi, Universitas Muhammadiyah Malang.
- Nugroho, L, Purnomo, H, dan Sumardi, I, 2012, Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, Jakarta, Penebar Swadaya.
- Prasetyo, I, D, 2008, Struktur Tumbuhan, [http://ilmupedia.com /index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=18](http://ilmupedia.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=18).
- Rochmah, S, Widayati, S, dan Arif, M, 2009, Biologi SMA/MA Kelas XI, Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Venturas, M, D, Sperry, J, S, and Hacke, U, G, 2017, Plant Xylem Hydraulic: What we understand, current research, and future challenges, *Journal of Integrative Plant Biology*.
- White, P, J, 2012, Long-distance Transport in the Xylem and Phloem, *Nutritional Physiology*.

BAB 3

STRUKTUR DAN PERKEMBANGAN KAMBIUM

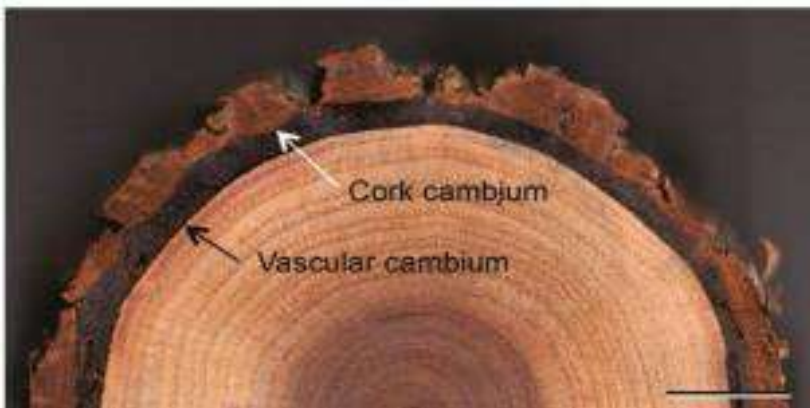
Oleh Indah Sriwahyuni

3.1 Pendahuluan

Tumbuhan memiliki tubuh dengan hierarki organ, jaringan organ dan sel tumbuhan multiseluler, dimana organ yang tersusun atas jaringan yang berbeda yang terdiri dari berbagai sel yang berbeda.. Tumbuhan memiliki organ yaitu akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji. Organ pada tumbuhan adalah kumpulan dari beberapa jaringan yang memiliki bentuk dan fungsi tertentu. Setiap tumbuhan atau tanaman memiliki proses pertumbuhan dimana ini terjadi disebabkan adanya bertambahnya jumlah sel serta sel yang mengalami pembesaran. Kumpulan sel yang memiliki sel dengan asal dan struktur yang sama maka membentuk jaringan yang sesudahnya juga akan berkembang menjadi organ. Jaringan tumbuhan terdiri atas jaringan meristem dengan memiliki ciri-ciri dindingnya tipis, selnya aktif membelah, vakuola kecil dan banyak, serta banyak mengandung protoplasma. Jaringan Meristem sendiri secara umum terbagi menjadi pertama yaitu, jaringan meristem interkalar yang ditemukan diantara ruas batang tanaman monokotil, kemudian yang kedua jaringan meristem lateral yang menyebabkan pertumbuhan secara sekunder seperti bertambahnya diameter suatu batang sehingga batang pada suatu tanaman tersebut akan menjadi semakin lebar ukurannya akibat dari kambium yang aktif membelah dimana hal ini terjadi pada tanaman dikotil. Kambium akan membelah baik ke arah dalam dan arah luar, jika kambium membelah ke arah dalam

maka akan membentuk xylem dan jika membelah ke arah luar akan membentuk floem. Jaringan tumbuhan meristem selanjutnya yaitu jaringan meristem apikal dimana jaringan ini menyebabkan tumbuhan bertambah secara primer yaitu tanaman atau tumbuhan mengalami pertambahan tinggi ataupun panjang, jaringan meristem apikal ini biasanya ditemukan di ujung akar maupun di ujung batang.

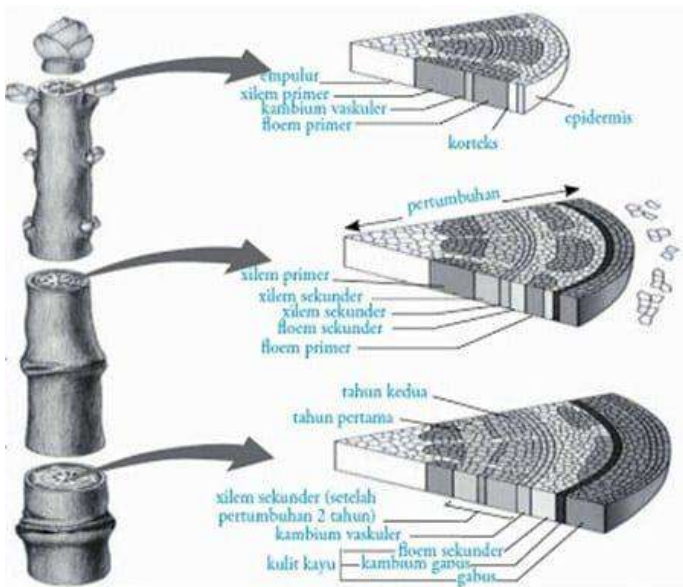
Kambium merupakan lapisan jaringan meristematik pada tumbuhan atau tanaman yang memiliki tugas dan fungsi membantu proses pertumbuhan pada tanaman secara sekunder. Pada umumnya kambium ditemukan di akar dan batang tanaman. Kambium hanya dimiliki oleh tanaman dikotil namun tidak dimiliki oleh tanaman monokotil. Kambium terdiri atas kambium vaskuler dan kambium gabus. Kambium ini sendiri memiliki bentuk seperti lendir yang terdapat pada kulit dan kayu batang, kambium dapat ditemukan pada tanaman dikotil yang merupakan tanaman keras dan memiliki umur yang panjang.



Gambar 3.1. Penampang Melintang Batang dengan Kambium Vaskular Dan Kambium Gabus (Crang et al., 2018)

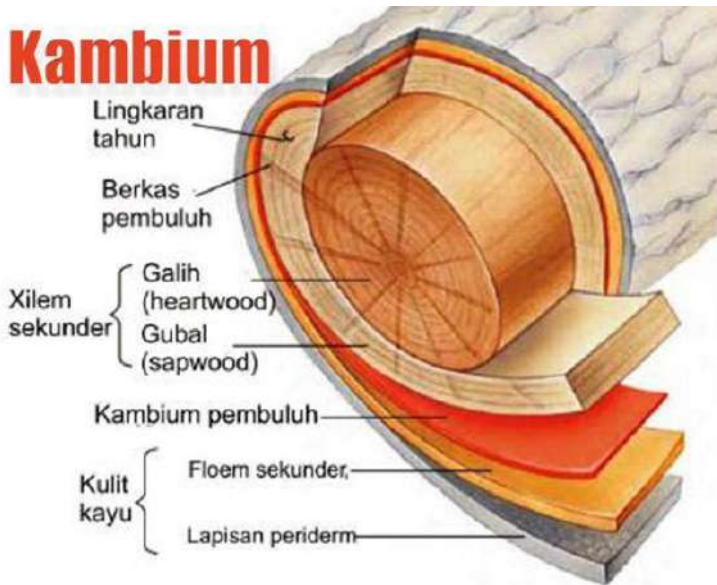
3.2 Ciri – Ciri Kambium

Kambium seperti halnya meristem apikal pada tanaman merupakan daerah embrionik berkelanjutan dan subyek bagi kontrol perkembangan embrionik. Kambium terdapat pada Gymnospermae dengan memiliki aktivitas memproduksi jaringan gabus yaitu cork dan felem. Kambium tersusun atas sel yang aktif ketika membelah dan pada setiap selnya tidak memiliki rongga. Aktivitas kambium dan kambium gabus mengakibatkan pertumbuhan sekunder yaitu bertambah besarnya batang dan akar tanaman (Harahap, 2012). Jaringan gabus pada kambium dapat mengatur atau mengendalikan keluar masuknya air serta juga dapat mengendalikan serangan hama. Aktivitas kambius dapat dilihat pada gambar (3.2) dibawah ini.

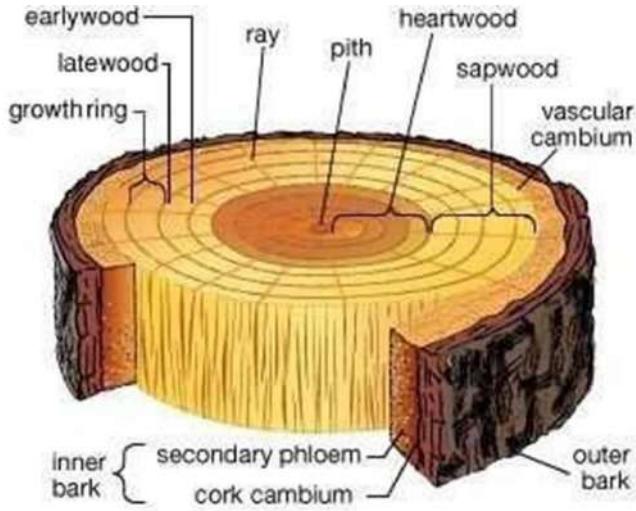


Gambar 3.2. Aktivitas Kambium

Pertama kambium ada pada ikatan pembuluh yaitu cambium vasis (intravasikuler) yang membentuk xylem (Pembuluh kayu) dan floem (Pembuluh Tapis). Kemudian pada parenkim akar atau batang yang letaknya ada diantara ikatan pembuluh akan menjadi kambis intervasis. Lalu cambium intravasis dan intervasis membentuk lingkaran tahun. Kambium dapat berdeferensiasi. Letak kambium berada di tengah organ untuk pembentukan jaringan yang berbeda dari sebelumnya yang mana pertumbuhannya melebar pada arah lateral yang mengakibatkan penambahan besar tumbuhan. Pada gambar (3.3) memperlihatkan bahwa lapisan xylem dan floem terjadi pada batang pohon.



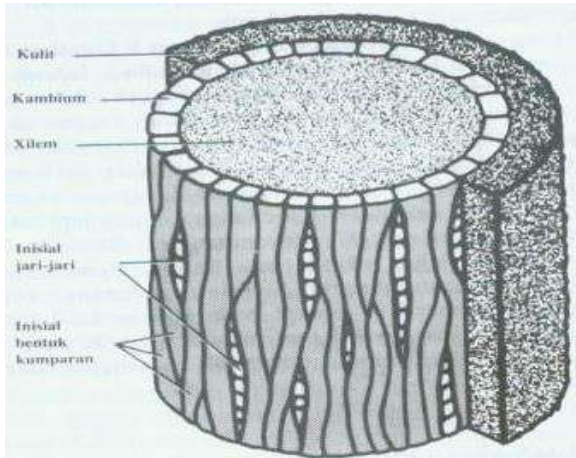
Gambar 3.3. Kambium (1)



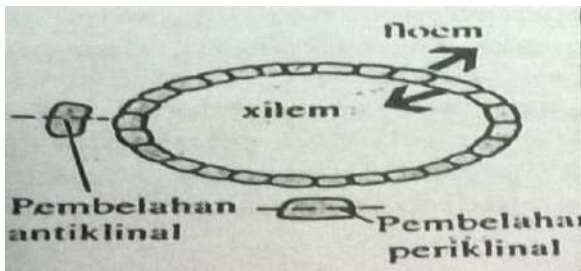
Gambar 3.4. Kambium (2)

3.3 Kambium Pembuluh (Vaskuler)

Kambium vaskuler adalah jaringan maristem dengan selnya yang aktif membelah. Kambium vaskuler ini biasa dikenal sebagai kambium pembuluh. Kambium vaskuler terdiri atas suatu cincin selebar satu hingga beberapa sel maristematik. Terdapat dua macam sel dapat dilihat menjadi penyusun pada lapisan kambium, yaitu inisial kambium jari-jari dan Inisial Bentuk Kumpanan. Dimana sel-sel yang pendek dan membentuk bulat merupakan inisial jari-jari. Pada Pada Pada pembelahan untuk sel ini akan menghasilkan bentuk jari-jari xylem atau yang dinamakan jari-jari floem baru ataupun inisial jari-jari yang baru. Sedangkan untu sel yang panjang dan ramping merupakan inisial bentuk kumpanan. Sel-sel ini akan aktif membelah berulang kali untuk menghasilkan bentuk inisial kambium yang baru atau sel-sel xylem serta floem yang baru.



Gambar 3.5. Gambaran tiga dimensi kambium vaskuler



Gambar 3.6. Aktivitas pembelahan pada kambium vaskular

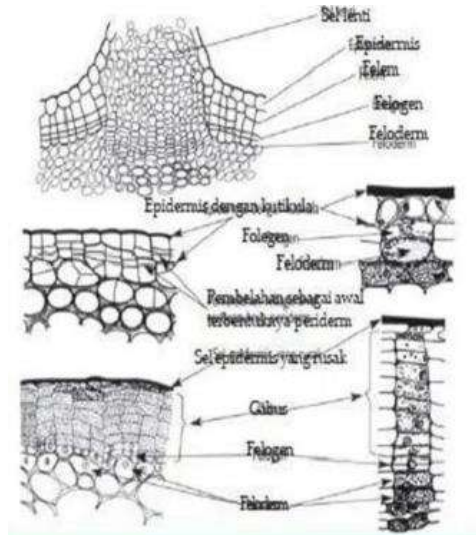
Berdasarkan gambar 3.6 memperlihatkan bagaimana terjadinya pembelahan sejajar pada permukaan batang dengan bidang tangensial sehingga menyebabkan terjadinya pembentukan sel-sel xilem ataupun floem yang disebut pembelahan periclinal, dan pada pembelahan anticlinal merupakan produksi inisial baru dengan pembelahan secara radial.

maristematik. Kambium gabus atau jaringan gabus memiliki sel-sel yang susunannya rapat. Kambium gabus ini merupakan kelompok maristem sekunder yang dapat terbentuk atas sel-sel parenkim korteks bagian luar batang. Kambium gabus memiliki aktivitas dengan membentuk lapisan sel yang menebal karena senyawa suberin yang tidak dapat ditembus oleh air. Terbentuknya lapisan gabus akibat dari felogen yang tersusun rapat dengan lapisan lilin akan siap menggantikan epidermis yang telah terkelupas disebabkan karena aktivitas kambium vaskuler, dimana lapisan ini biasa disebut periderm.

Adapun untu jaringan/kambium gabus itu sendiri memiliki fungsi diantaranya, seperti :

1. Mencegah penguapan untuk menghindar tanaman kehilangan air
2. Sebagai pelindung karena menggantikan epidermis
3. Memberikan perlindungan dari kerusakan mekanis dan serangan/infeksi patogen

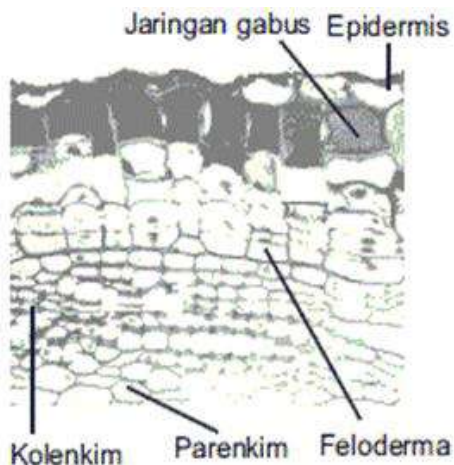
Sel-sel pada jaringan gabus terdapat seberin dan kutin yang terkandung didalamnya. Pada sel-sel tersebut tidak ada ruang diantaranya, sehingga letaknya jaringan gabus rapat yang membuat sulit ditembus oleh gas dan air. Akan tetapi lapisan gabus memiliki pori-pori yang disebut lentisel sehingga air ataupun gas tetap dapat masuk pada jaringan gabus tersebut. Pada gambar dibawah ini gambar 6.8 menjelaskan struktur kambium gabus.



Gambar 3.8. Struktur Kambium Gabus

Jaringan gabus dibedakan menjadi tiga dapat dilihat pada gambar 3.8, yaitu :

1. Eksodermis
2. Endodermis
3. Periderm



Gambar 3.9. Jaringan Gabus

DAFTAR PUSTAKA

- Crang, R. et al. (2018) Plant Cell Structure and Ultrastructure, Plant Anatomy. doi: 10.1007/978-3-319-77315-5_3
- Harahap, F. 2012. Fisiologi Tumbuhan (Suatu Pengantar). Unimed Press. Medan.
- Jiang, K. and Feldman, L. J. (2005) 'Regulation of root apical meristem development', Annual Review of Cell and Developmental Biology. doi: 10.1146/annurev.cellbio.21.122303.114753.
- Krokene, P. (2015) 'Conifer Defense and Resistance to Bark Beetles', in Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species. doi: 10.1016/B978-0-12-417156-5.00005-8.
- Ramdhini, R. N. et al. 2021. Anatomi Tumbuhan. Yayasan Kita Menulis. Medan

BAB 4

STRUKTUR AKAR, BATANG, DAUN, BUNGA, BUAH, DAN BIJI

Oleh Dewi Ratih Tirto Sari

4.1 Pendahuluan

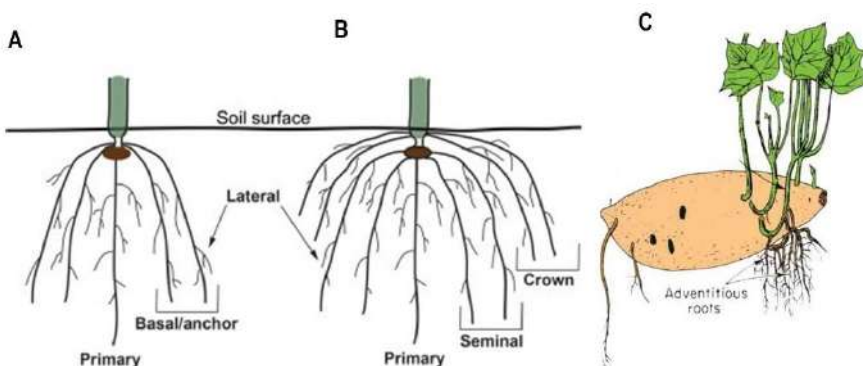
Tanaman tingkat tinggi termasuk Angiospermae memiliki struktur yang lengkap yakni akar, batang, daun, bunga dan buah. Secara umum, tanaman dibagi menjadi dua sistem, yakni sistem tunas (*shoot system*) dan sistem akar (*root system*). Sistem tunas terdiri dari ujung tunas, daun, batang, buah, bunga, dan nodus. Sistem akar terdiri dari akar, tudung akar, rambut akar, akar primer, dan akar lateral. Pada bab ini akan mengulas struktur akar, batang, daun, bunga, buah, dan biji.

4.2 Akar

Akar merupakan bagian tumbuhan dalam sistem akar dan tumbuh di bawah tanah. Akar berkembang dari elongasi radikula. Fungsi akar bagi tumbuhan yaitu sebagai penyerap air dan mineral dari tanah, penguat tanaman, penyimpan cadangan makanan, dan memproduksi hormon pertumbuhan tanaman. Bagian-bagian dari akar terdiri dari tudung akar, akar lateral, rambut akar. Tudung akar merupakan bagian akar paling ujung yang terbungkus lapisan tipis seperti kepala akar. Tudung akar berfungsi melindungi jaringan pada akar ketika akar menembus lapisan tanah. Tudung akar juga mengandung banyak jaringan meristem yang berfungsi untuk proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Akar dewasa mengandung banyak rambut akar yang membantu perluasan penyerapan air dan

mineral (Dong and Chuck 2016; Hochholdinger 2009; Sparks and Benfey 2017).

Berdasarkan jenisnya, akar dibagi menjadi akar tunggang, akar serabut, akar tambahan, akar udara/akar gantung. Akar tunggang (tap root) berkembang dari radikula, akar jenis ini terdapat pada wortel, bayam, dandelion, tulip, cabai, terong, dan lainnya. Akar serabut berasal dari pangkal batang, banyak ditemukan pada tanaman monokotil seperti kelapa, rumput, palm, padi, jagung, dan lainnya. Akar adventitif atau akar tambahan merupakan akar yang berkembang dari selain radikula. Akar adventitif biasanya banyak ditemukan pada tanaman yang tumbuh menjalar, seperti strawberry, ubi jalar, mint, sirih, binahong dan lainnya. Akar gantung atau akar udara merupakan akar yang menggantung pada tanaman, berfungsi untuk menyerap udara, banyak ditemukan pada tanaman anggrek, beringin, dan lainnya. Pada tanaman *Rhizophora* atau tanaman bakau, akar muncul pada buku batang yang berfungsi untuk memperkuat tanaman, menyerap oksigen. Pada akar *Rhizophora* terdapat pneumatophore yang berfungsi untuk mendapatkan oksigen (Hochholdinger 2009; Sparks and Benfey 2017).



Gambar 4.1. Jenis Akar, a. Akar tunggang, b. Akar serabut, c. Akar adventif (Sparks and Benfey 2017)

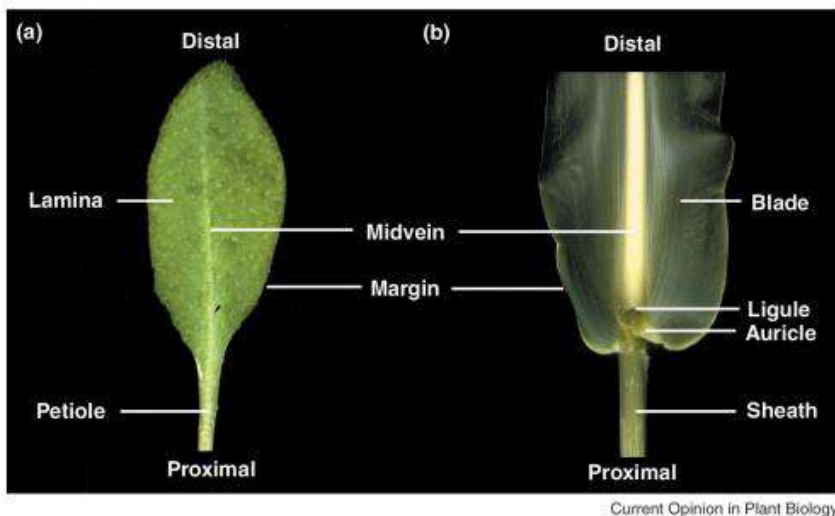
4.3 Batang

Batang merupakan organ yang sederhana pada tanaman, berfungsi sebagai penguat atau penyokong tanaman. Batang terdiri atas beberapa komponen, diantaranya nodus dan internodus. Nodus diartikan sebagai tempat menempelnya daun dan internodus merupakan jarak antara nodus satu dengan nodus lain. pada batang terdapat tunas aksilar yang terletak pada bagian tangkai daun atau cabang. Selain itu tunas juga dapat ditemukan pada bagian pucuk tanaman atau disebut tunas apical. Batang terdiri dari komponen jaringan yang mengalami pertumbuhan, sehingga pada bagian ujung batang terdapat jaringan meristem. Batang juga terdiri atas jaringan penyimpan seperti jaringan parenkim, kolenkim dan sklerenkim. Jaringan parenkim berperan dalam fungsi metabolik seperti fotosintesis, perbaikan luka pada tanaman. Jaringan kolenkim terdiri dari sel yang memanjang dan mengalami penebalan dinding sel. Jaringan kolenkim berfungsi sebagai jaringan pendukung utamanya ditemukan pada batang dan daun. Sklerenkim juga merupakan jaringan yang berfungsi sebagai penyokong, tetapi berbeda dengan jaringan kolenkim. Jaringan sklerenkim banyak ditemukan pada jaringan yang mati (Schweingruber and Börner 2018).

4.4 Daun

Daun merupakan bagian tanaman yang berfungsi untuk fotosintesis. Daun memiliki bagian lembaran atau lamina dan tangkai daun (petiole) (Gambar 4.2). Daun dikotil memiliki bagian yang berbeda dengan daun monokotil. Daun dikotil memiliki stipula, sedangkan daun monokotil memiliki auricle dan ligule. Keduanya memiliki tangkai daun yang bentuknya beragam, yakni silinder, menggembung pada dasar daun, bersayap, cekung, membentuk *phyllode*, dan *pseudobulb*. Daun

yang membentuk phyllode dapat ditemui pada daun vanili. Daun juga terdapat yang tanpa tangkai atau dinamakan sesil. Daun sesil memiliki bentuk connate, auriculate, dan perfoliate (Braybrook and Kuhlemeier 2010). Daun jenis auriculate ini ditemui pada tapak liman. Pertulangan daun diantaranya menjari dan menyirip yang banyak ditemui pada tanaman dikotil, selain itu juga terdapat pertulangan daun yang sejajar dan menyirip sejajar yang ditemukan pada monokotil.

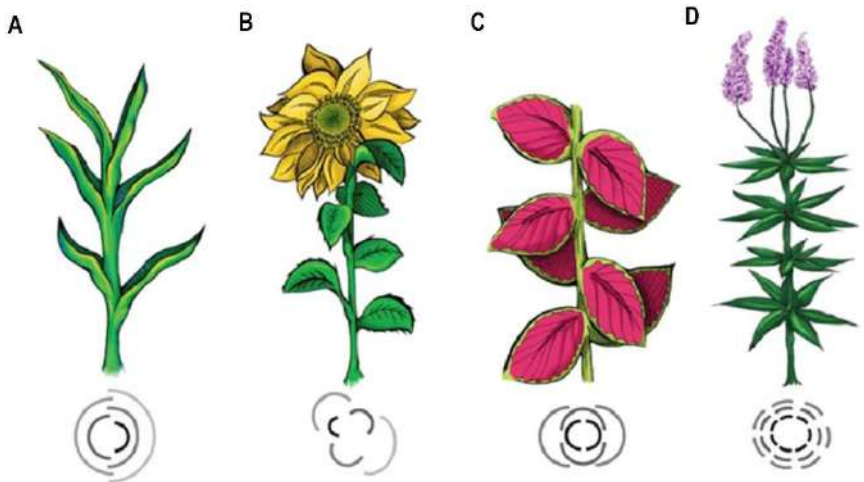


Gambar 4.2. Bagian-bagian Daun (Byrne 2005)

Jenis daun dibagi menjadi dua, yakni daun tunggal dan majemuk. Daun tunggal memiliki bentuk yang beranekaragam, daun tunggal menyirip, daun berlobus menjari, dan daun lobus menyirip. Daun yang menjari berdasarkan jumlahnya, diklasifikasikan menjadi tiga yaitu daun tunggal, bifoliate yang terdiri dari dua lamina, trifoliate yang terdiri dari tiga daun dan multifoliate yang memiliki lamina lebih dari 3. Daun menjari (*pinnate*) dibagi menjadi empat jenis, *odd pinnate/ imparinate*, *even pinnate/ paripinnate*, *bipinnate*, dan *tripinnate*. Daun *odd*

pinnate/ imparinate memiliki susunan berhadapan dengan jumlah ganjil serta memiliki satu daun dibagian ujung. Daun *even pinnate/paripinnate* memiliki jumlah daun genap dan daun berhadapan, seperti daun majemuk. Bipinnate memiliki susunan daun *odd pinnate* dan saling berhadapan, bipinnate disebut juga sebagai daun majemuk ganda. Sedangkan tripinnate memiliki susunan daun dibagian ujung berjumlah tiga dengan jenis paripinnate (Braybrook and Kuhlemeier 2010; Byrne 2005).

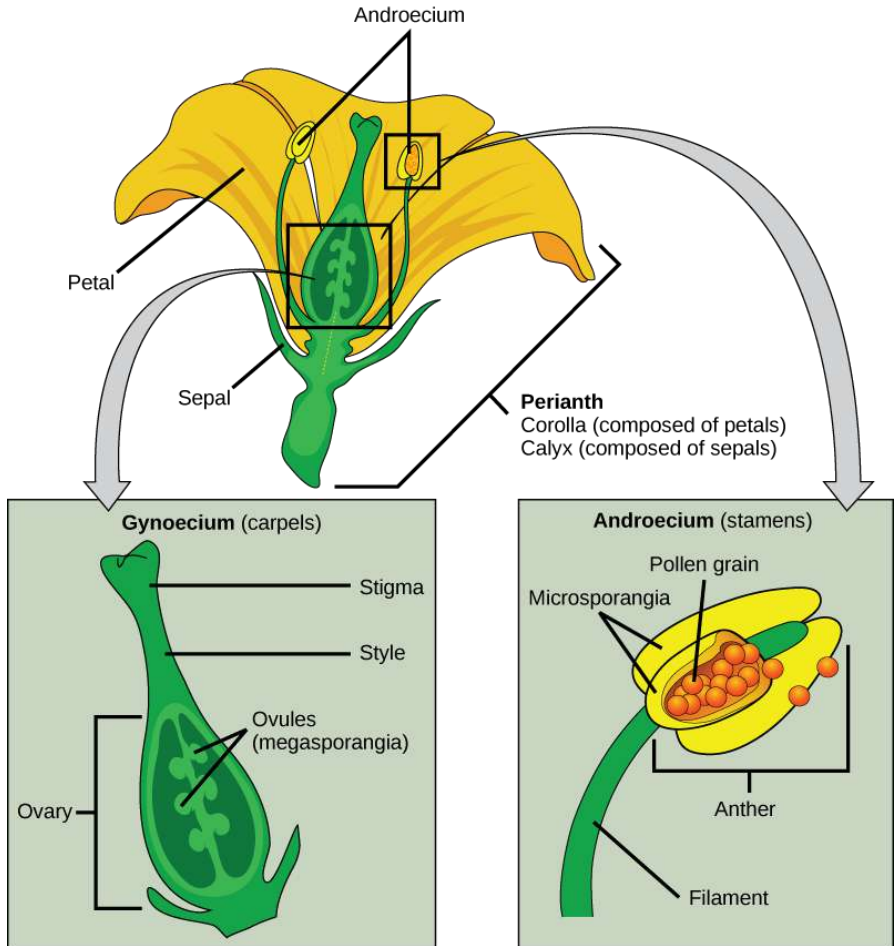
Susunan daun pada batang disebut filotaksis. Filotaksis dibagi menjadi empat yakni berhadapan (*opposite*), berseling, spiral, dan melingkar (*whorled*) (Braybrook and Kuhlemeier 2010). Daun berhadapan memiliki filotaksis 2 daun pada nodus terletak saling berlawanan pada satu garis lurus batang. Daun berseling memiliki susunan daun satu terletak pada nodus atasnya dan seterusnya, daun spiral memiliki susunan berseling tetapi tidak dalam satu garis lurus dan membentuk spiral. Susunan melingkar (*whorled*) daun memiliki letak daun melingkar (Gambar 4.3).



Gambar 4.3 Filotaksis Daun, A. Opposite, B. Alternate, C. Spiral, D. Whorled (Braybrook and Kuhlemeier 2010)

4.5 Bunga

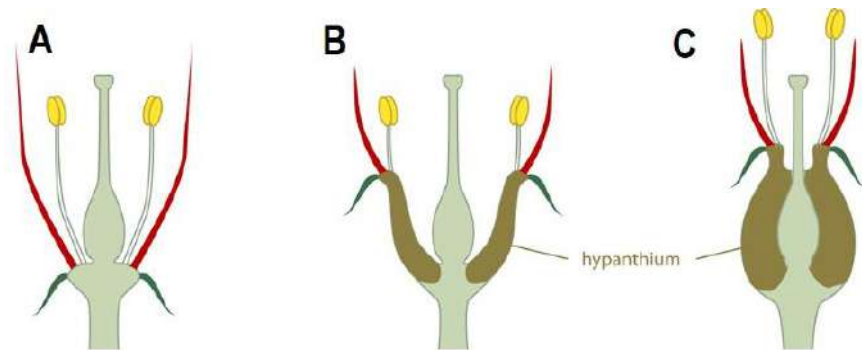
Bunga merupakan bagian yang penting bagi tanaman, berperan sebagai organ sistem reproduksi tanaman. Bunga secara umum dibagi menjadi dua yakni bunga jantan dan bunga betina. Namun, klasifikasi bunga bervariasi berdasarkan bentuk, tipe, warna, susunan pembungaan, dan kelengkapan bagian bunga. Bunga yang lengkap (*complete flower*) memiliki beberapa bagian yaitu *calyx*, *corolla*, *androecium*, dan *gynoecium*. Bunga tidak lengkap (*incomplete flower*) tidak memiliki salah satu atau dua bagian bunga tersebut. *Calyx* merupakan kumpulan dari kelopak bunga (*sepal*) yang menyatu dan menyokong petal serta melindungi bunga sebelum bunga bermekaran. *Corolla* merupakan mahkota atau *petal* yang menyatu atau bergabung. *Corolla* biasanya memiliki warna yang mencolok untuk menarik serangga pollinator, dan memiliki struktur lembaran seperti daun. *Corolla* dan *calyx* yang menyatu disebut sebagai *perianth/tepala*. Bagian bunga lainnya yakni *receptacle* yang menggembung dan terletak di pangkal *sepal/calix*. Tangkai bunga disebut sebagai *pedicel*. Bagian-bagian ini termasuk organ aksesoris bunga (Weberling and Pankhurst 1989).



Gambar 4.5 Bagian-bagian Bunga
(sumber: <https://bio.libretexts.org/>)

Androecium dan *gynoecium* merupakan bagian bunga yang berperan sebagai organ reproduksi. *Androecium* didefinisikan sebagai bunga jantan, sedangkan *gynoecium* merupakan bunga betina. *Androecium* disebut juga *stamen* atau benang sari, terdiri dari *filament*, *anther*, dan *pollen*. Benang sari terdiri dari filament atau tangkai sari, kotak sari atau anther. *Anther* berisi serbuk sari atau pollen. Bunga betina atau putik (*pistil*). *Pistil* terdiri dari beberapa unit dasar organ reproduksi betina atau *carpel*. *Carpel*

terdiri dari kepala putik (stigma), tangkai putik (style), dan ovary. Kepala putik terdapat pada bagian atas, dekat dengan anther dan sebagai tempat masuknya pollen. Tangkai sari sebagai tabung atau leher yang memanjang untuk menyalurkan serbuk sari atau pollen ke bagian dasar atau ovary untuk penyerbukan. Berdasarkan organ reproduksi, tanaman diklasifikasikan menjadi monoecious dan dioecious (Fitzgerald 2020; Weberling and Pankhurst 1989). Monoecious merupakan tanaman yang memiliki bunga jantan dan bunga betina dalam satu tanaman. Sedangkan dioecious merupakan tanaman yang memiliki bunga jantan dan bunga betina pada tanaman yang berbeda. Tanaman yang termasuk monoecious yaitu jagung, mentimun, dan lainnya. Sedangkan tanaman yang termasuk dioecious yaitu kacang kedelai, kiwi, asparagus, dan lainnya.



Gambar 4.6 Bentuk bunga berdasarkan posisi ovary bunga
(Sumber: <https://courses.botany.wisc.edu/>)

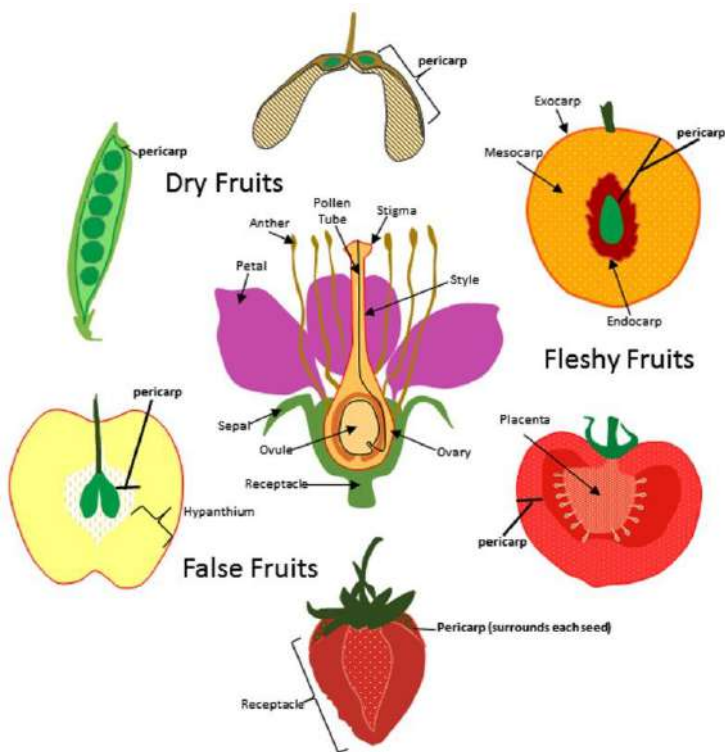
Penggolongan bunga berdasarkan posisi ovary yaitu hypogynous, perigynous, dan epigynous (Gambar 4.6). Bunga disebut hypogynous jika sepal, petal, dan stamen melekat pada bagian receptacle di bawah ovary. Ovary pada bunga tipe hypogynous cenderung bersifat superior, seperti bunga terung, tomat, tulip, dan lainnya. Bunga jenis perigynous memiliki susunan sepal, petal, dan stamen berfusi pada dasar bunga membentuk struktur seperti tudung yang disebut hypanthium. Salah satu bunga tipe ini yakni bunga *Prunus*. Bunga jenis

epigynous jika sepal, petal, dan stamen terangkat ke atas di atas ovary, bunga epigynous bersifat inferior (Weberling and Pankhurst 1989).

4.6 Buah

Buah merupakan pematangan ovary dan biji. Dinding ovary yang mengalami pematangan disebut sebagai pericarp. Pericarp terdiri atas mesocarp dan endocarp. Mesocarp bagian tengah buah yang memiliki tekstur lunak, sedangkan endocarp merupakan lapisan dalam yang mengeras dengan kandungan jaringan sklerenkim seperti pada tempurung kelapa. Bagian luar buah atau kulit buah disebut sebagai exocarp. Lapisan exocarp pada buah beragam, exocarp yang mengeras seperti kelapa, exocarp juga beberapa terdapat rambut seperti kiwi, exocarp juga terdapat modifikasi duri seperti durian (Fitzgerald 2020).

Berdasarkan karakter buah, buah diklasifikasikan menjadi buah sederhana, buah agregat, buah majemuk, dan buah asesoris. Buah sederhana dicirikan dengan buah tunggal yang terbentuk dari satu carpel atau beberapa carpel yang menyatu, sehingga terlihat seperti buah tunggal. Dinding ovary mengelilingi carpel dan akan mengalami pematangan untuk membentuk buah. Buah agregat berkembang dari lebih dari satu carpel, tetapi dari bunga yang sama. Buah agregat seperti buah strawberry dan raspberry. Buah majemuk terbentuk dari perkembangan pembungaan atau sekelompok bunga, seperti buah nanas, cempedak, dan nangka. Buah asesoris juga disebut sebagai buah palsu. Buah asesoris tidak berkembang dari ovary, tetapi dari bagian lain bunga seperti receptacle pada buah strawberry, sukun yang berkembang dari periantus yang menggembung (Fitzgerald 2020; Weberling and Pankhurst 1989).



Gambar 4.7 Jenis buah berdasarkan asal bunga
(Sumber: Dardick and Callahan, 2014)

4.7 Biji

Biji merupakan bakal biji yang matang yang berkembang dari bunga untuk menghasilkan tanaman baru. Komponen utama biji yaitu kulit biji, endosperm, dan embrio. Kulit biji merupakan lapisan paling luar dari biji dan melindungi embrio dan endosperma dari kerusakan dan kekeringan. Endosperma merupakan bagian biji yang kaya nutrisi, mengandung nutrisi seperti amilum, protein, lemak, dan metabolit. Endosperma terdiri dari sel penyimpanan yang kaya akan vakuola dan memberikan nutrisi untuk perkembangan embrio. Embrio merupakan bakal tanaman muda yang akan tumbuh dari biji. Embrio terdiri dari radikula yang selanjutnya berkembang menjadi tunas, dan kotiledon (Werker 1997).

DAFTAR PUSTAKA

- Braybrook, Siobhan, and Cris Kuhlemeier. 2010. "How a Plant Builds Leaves." *The Plant cell* 22: 1006–18.
- Byrne, Mary E. 2005. "Networks in Leaf Development." *Current Opinion in Plant Biology* 8(1): 59–66.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136952660400161X>.
- Dardick, Chris, and Ann Callahan. 2014. "Evolution of the Fruit Endocarp: Molecular Mechanisms Underlying Adaptations in Seed Protection and Dispersal Strategies." *Frontiers in plant science* 5: 284.
- Dong, Zhaobin, and George Chuck. 2016. "BTB/POZ Ankyrin Repeat Genes Identify Leaf Homologies in Monocots and Eudicots." *Trends in Developmental Biology* 9: 71–79.
- Fitzgerald, L. 2020. *Plant Anatomy and Morphology: Structure, Function and Development*. Callisto Reference.
<https://books.google.co.id/books?id=9ti9zQEACAAJ>.
- Hochholdinger, Frank. 2009. "The Maize Root System: Morphology, Anatomy, and Genetics BT - Handbook of Maize: Its Biology." In eds. Jeff L Bennetzen and Sarah C Hake. New York, NY: Springer New York, 145–60.
https://doi.org/10.1007/978-0-387-79418-1_8.
- Schweingruber, Fritz, and Annett Börner. 2018. *The Plant Stem*.
- Sparks, Erin E, and Philip N Benfey. 2017. "Chapter 5 - The Contribution of Root Systems to Plant Nutrient Acquisition." In eds. Mohammad Anwar Hossain et al. Academic Press, 83–92.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128113080000053>.
- Weberling, F, and R J Pankhurst. 1989. *Morphology of Flowers and Inflorescences*. Cambridge University Press.
<https://books.google.co.id/books?id=8N6pQgAACAAJ>.

Werker, E. 1997. *Seed Anatomy*. Borntraeger.
<https://books.google.co.id/books?id=vxMMAAAAIAAJ>.

BAB 5

STRUKTUR DAN PERKEMBANGAN AKAR

Oleh Hida Arliani Nur Anisa

5.1 Pendahuluan

Tumbuhan pada dasarnya terdiri dari tiga organ pokok yakni akar, batang, dan daun. Bagian tumbuhan yang lain merupakan turunan (derivat) dari salah satu atau dua bagian pokok tersebut yang telah mengalami perubahan baik bentuk, sifat, ataupun fungsinya (Tri, Haryani and Si, 2014). Akar (radiks) biasanya tumbuh di bawah tanah sehingga memiliki fungsi penautan tumbuhan ke dalam tanah meskipun ada pula akar yang tumbuh di luar tanah. Fungsi lain akar diantaranya sebagai penyalur nutrisi dari tanah ke seluruh tubuh tumbuhan, tempat berlangsungnya aktivitas metabolisme, dan tempat penyimpanan cadangan makanan. Bagian akar umumnya memiliki berat sepertiga dari seluruh berat tumbuhan (Prameswari and Apsari, 2017). Bakal akar telah ada meski tumbuhan berada dalam bentuk lembaga di dalam biji. Akar tersebut dikenal dengan akar lembaga. Ketika biji mulai berkecambah hingga tumbuhan dewasa, akar lembaga akan memperlihatkan perkembangan yang berbeda sehingga pada tumbuhan dibedakan menjadi dua macam sistem perakaran yakni sistem perakaran tunggang dan sistem perakaran serabut.

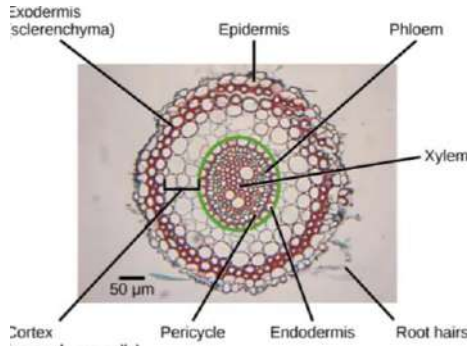
5.2 Struktur Akar Tumbuhan

Akar merupakan organ tumbuhan paling sederhana yang berasal dari radikula struktur halus dan bergerak menembus tanah yang kemudian akan berkembang menjadi akar utama atau akar tunggang. Akar memiliki warna yang berbeda dengan batang dan daun, pada umumnya akar berwarna kekuning-kuningan atau keputih-putihan, tidak memiliki mata tunas, tidak memiliki nodus dan internodus, serta akar memiliki rambut akar yang bersifat uniseluler.

Struktur penyusun akar tumbuhan dibagi menjadi dua yakni struktur bagian luar dan struktur bagian dalam. Struktur bagian luar terdiri dari bagian yang umum ditemukan pada akar diantaranya:

1. Pangkal akar (*collum*) merupakan bagian akar yang bersambungan dengan pangkal batang.
2. Ujung akar (*apex radix*) merupakan bagian akar yang paling muda merupakan jaringan yang masih dapat melakukan pertumbuhan.
3. Batang akar (*corpus radix*) yakni bagian akar yang terdapat diantara leher akar dan ujungnya.
4. Cabang-cabang akar (*radix lateralis*) merupakan bagian akar yang tidak langsung bersambungan dengan pangkal batang tetapi keluar dari batang akar, masing-masing dapat melakukan pertumbuhan lagi.
5. Rambut-rambut akar (*pilus radicalis*) yaitu bagian akar hasil penonjolan dinding luar sel-sel epidermis yang panjang bentuknya seperti rambut yang berfungsi untuk memperluas bidang penyerapan akar.
6. Tudung akar (*calyptra*) terletak pada ujung akar yang berfungsi untuk melindungi bagian ujung akar muda. (Ramdhini *et al.*, 2021)

Struktur akar bagian dalam terdiri dari jaringan jaringan epidermis, korteks, endodermis, dan stele (silinder pusat) (Hasanuddin *et al.*, 2018) (Ramdhini *et al.*, 2021) dapat teramati melalui penampang melintang dari akar (Gambar 8.1).



Gambar 5.1. Penampang melintang struktur internal organ akar
(Samanthi, 2020)

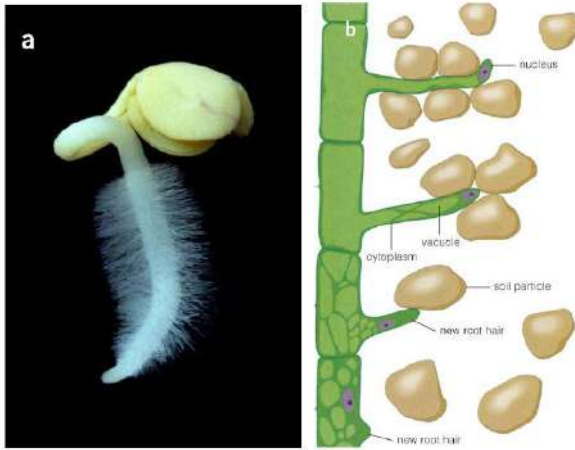
5.2.1 Epidermis

Protoderm berdiferensiasi menjadi sel epidermis, dimana pada akar bentuk sel epidermis ini cukup panjang. Beberapa sel protoderm pun berkembang menjadi rambut akar (Gambar 8.2) melalui perluasan dinding sel epidermal ke dalam tanah di sekitarnya. Rambut akar cukup panjang tetapi tetap tersusun dari satu sel. Epidermis akar umumnya tidak berkutikula. Dinding sel nya tipis, dan tersusun dari selulosa dan zat pektik yang merupakan kelompok polisakarida penyusun dinding sel tumbuhan.

Berdasarkan cara perkembangannya epidermis akar pada tumbuhan vaskular dapat dibagi menjadi tiga kelompok yakni:

1. Tipe 1: setiap sel di epidermis dapat membentuk rambut akar
2. Tipe 2: produk yang lebih kecil dari pembelahan sel asimetris membentuk rambut akar

3. Tipe 3: epidermis diatur menjadi file terpisah dari sel-sel rambut dan non rambut

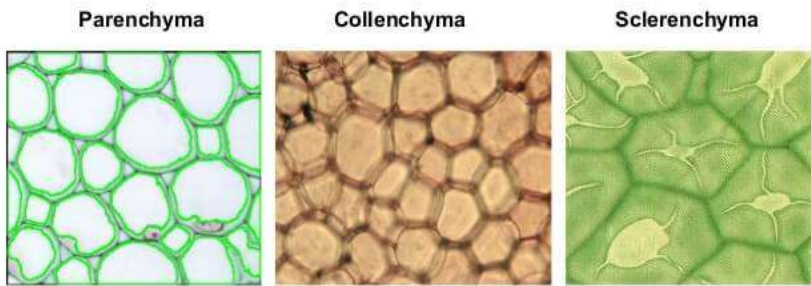


Gambar 5.2. Rambut akar *Raphanus sativa* (a) Perkembangan rambut akar (Klein and Godunov, 2010)

Rambut akar ini menyumbang sebagian besar luas permukaan ujung akar sehingga memiliki peran utama dalam penyerapan air dan nutrisi dari dalam tanah. Meskipun hampir seluruh tanaman darat memiliki rambut akar, terdapat beberapa tanaman juga yang tidak memiliki rambut akar seperti tanaman air. Pada tanaman tersebut maka penyerapan nutrisi dan air dilakukan melalui sel epidermis akar. Epidermis pada akar terdiri dari satu lapisan sel, akan tetapi di akar udara tertentu seperti anggrek epidermis tersusun dari beberapa lapisan yang berkembang untuk menyimpan air dari udara yang lembab (Klein and Godunov, 2010).

5.2.2 Korteks

Korteks akar berasal dari jaringan meristem dasar dan utamanya terdiri dari sel parenkim. Beberapa jaringan sel lain yakni jaringan kolenkim dan sklerenkim (Gambar 8.3). Korteks terdiri atas sel-sel berdinding tipis dan tersusun melingkar diantara sel terdapat rongga sel yang berfungsi dalam penyimpanan serta pertukaran udara. Selain itu, terdapatnya jaringan parenkim di dalam korteks maka pada lapisan ini dapat menyimpan cadangan makanan.

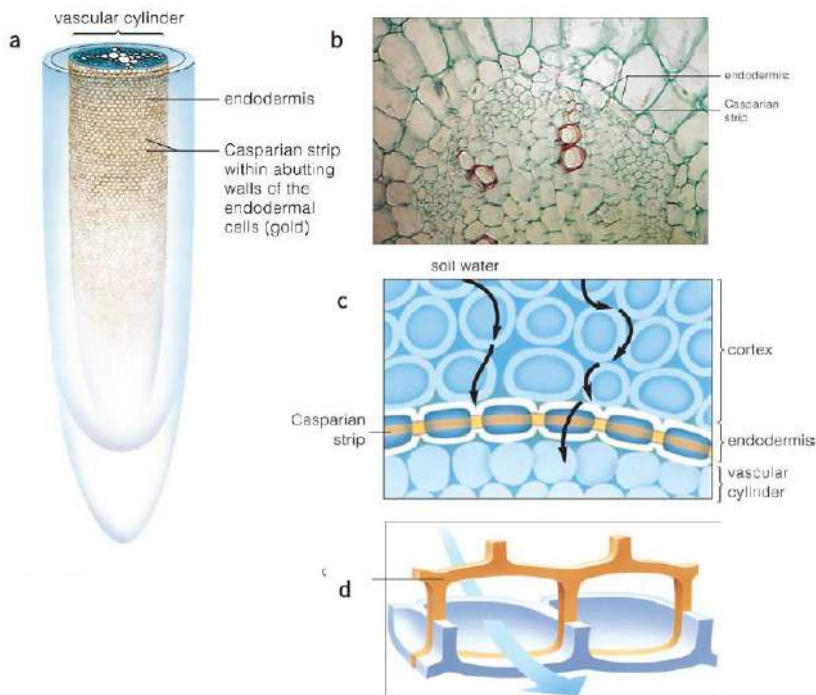


Gambar 5.3. Jaringan pengisi korteks akar (Studies Botany, 2022)

5.2.3 Endodermis

Lapisan paling dalam dari korteks, satu baris sel yang tersusun rapat tanpa ruang antarsel disebut sebagai endodermis (Gambar 8.4). Endodermis memiliki peran penting dalam pengaturan lalu lintas zat ke dalam pembuluh akar terutama mencegah nutrisi meninggalkan tumbuhan kembali ke tanah. Dinding sel endodermis mengalami penebalan berupa rangkaian berbentuk pita yang disebut pita Kaspari. Penebalan pada awalnya berupa titik kemudian menjadi penebalan gabus yang mengakibatkan dinding sel tidak dapat ditembus oleh air. Hal ini mengakibatkan air dan zat terlarut tidak dapat keluar melalui jalur apoplas sehingga untuk masuk ke silinder pusat maka air melalui jaringan endodermis yang dindingnya tidak mengalami

penebalan (sel penerus) (Hasanuddin *et al.*, 2018) (Ramdhini *et al.*, 2021).

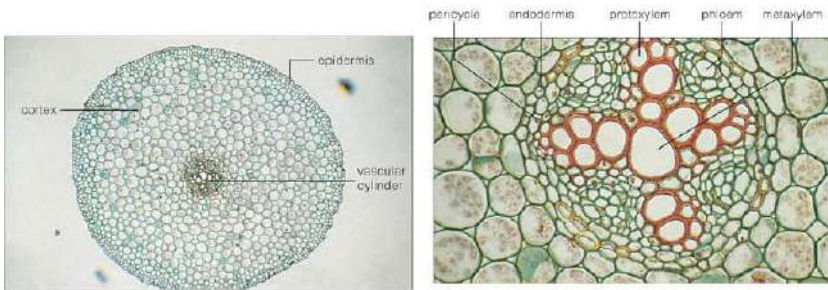


Gambar 5.4. Endodermis dan pita Kaspari (a,b) Pita kaspari menahan air melewati dinding sel (c) Air bergerak melalui sel endodermal (Klein and Godunov, 2010).

5.2.4 Stele

Stele disebut pula dengan silinder pusat merupakan lapisan tengah akar terletak di sebelah dalam endodermis. Stele akar terdiri dari jaringan pembuluh yang berdiferensiasi dari sel prokambium. Pada bagian dalamnya terdapat pembuluh kayu (xilem), pembuluh tapis (floem), dan perisikel (Gambar 8.5) yang berada tepat di sebelah dalam endodermis. Pada sebagian besar akar monokotil, pusat akar terdiri dari sel parenkim dengan xilem primer dan floem membentuk cincin. Perisikel memiliki fungsi

dalam pembentukan akar cabang. Pertumbuhan cabang akar ini disebut pertumbuhan endogen, akar menembus ke luar melalui endodermis, korteks, dan epidermis. Pada tanaman dikotil terdapat kambium ikatan pembuluh diantara xilem dan floem sedangkan pada tumbuhan monokotil selain xilem dan floem terdapat empulur tetapi tidak terdapat kambium ikatan pembuluh (Ramdhini *et al.*, 2021).



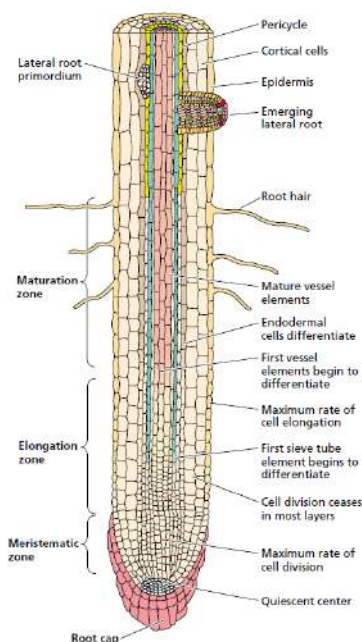
Gambar 5.5. Bagian dalam stele (silinder pusat) menunjukkan adanya xilem, floem, dan perisikel (Klein and Godunov, 2010).

5.3 Perkembangan Akar Tumbuhan

Akar tanaman pada bagian ujung akar fungsional cenderung tipis dan biasanya berwarna putih. Ujung akar ini merupakan daerah yang dilindungi oleh tudung akar. Melalui potongan memanjang ujung akar terlihat bahwa terdapat tiga wilayah sel diantaranya: zona meristem apikal, zona elongasi, dan daerah maturasi (STILES, 1946 ; Taiz & Zeiger, 2002) (Gambar 8.6). Proses perkembangan yang terjadi di sel pada masing-masing daerah bersifat spesifik hanya saja daerah perkembangannya *over lapping* atau saling tumpang tindih.

Pada zona meristematik, sel-sel membelah baik searah dengan pangkal akar membentuk sel-sel yang akan berdiferensiasi menjadi jaringan akar fungsional dan ke arah ujung akar membentuk tudung akar. Tudung akar melindungi sel meristematik akar ketika memanjang mendorong tanah. Sel

tersebut mengeluarkan bahan seperti agar yang disebut mucigel yang pada umumnya mengelilingi ujung akar. Fungsi mucigel memang belum dipastikan akan tetapi diduga berperan untuk melumasi ketika akar berpenetrasi melalui tanah, melindungi ujung akar dari kekeringan, serta mendorong transfer nutrisi ke akar serta mempengaruhi interaksi antara akar dan mikroorganisme tanah (Taiz & Zeiger, 2002).



Gambar 5.6. Daerah pada ujung akar (Taiz & Zeiger, 2002)

Sel-sel yang berada tepat di apikal QC akan membelah dan menghasilkan tudung akar (Gambar 8.7a). Pada bagian tudung akar terdapat bagian ujung yang melindungi meristem apikal akar, berupa kelompok sel kecil berbentuk teratur yang sebagian besar membelah. Sel tersebut terorganisasi menjadi dua pola yang berbeda. Bagian dari apikal meristem akar bentuknya kecil dan terpusat disebut sebagai *quiescent center* (QC) karena pembelahan sel terjadi sangat lambat. Sel prokambium

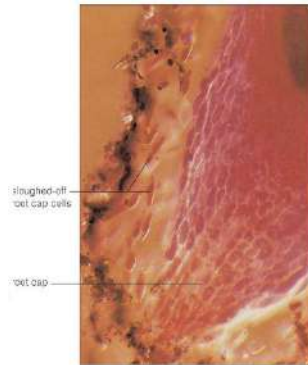
cenderung berhenti sebelum sel meristem dasar, protoderm, dan perisikel terus membelah. Fungsi dari QC belum diketahui secara pasti hanya diduga akan diaktivasi selama tumbuhan mengalami stres akut. Bagian tersebut mungkin berperan dalam proses sintesis fitohormon yang penting dalam pengaturan perkembangan akar. Tudung akar pun merupakan tempat persepsi gravitasi yang mengontrol arah pertumbuhan akar. Sel-sel tudung akar akan terus menerus terkelupas di bagian paling ujung akan tetapi akan digantikan oleh sel-sel baru hasil pembelahan meristem apikal. Sel-sel yang terkelupas ini akan tetap hidup di dalam tanah untuk sementara waktu, berpetan untuk menyediakan nutrisi untuk bakteri dan jamur di rizosfer (Gambar 8.7).

Meristem apikal akar akan membentuk meristem primer. Sel pada dasarnya akan merubah strukturnya terkait dengan posisinya, dan pada akar proses perubahan tersebut terjadi pada meristem apikal akar. Meristem apikal akar akan terdiferensiasi menjadi tiga meristem primer diantaranya protoderm, meristem dasar, dan prokambium. Jaringan tersebut kemudian menjadi jaringan utama akar.

Zona pemanjangan biasanya mulai dari 0,7 hingga 1,5 mm dari apex/ujung akar. Pada zona ini sel memanjang dengan cepat dan menghasilkan cincin pusat yang disebut endodermis. Meskipun pada zona ini beberapa sel dapat terus membelah, tingkat pembelahan sel akan semakin menurun dengan meningkatnya jarak dari meristem. Pemeriksaan yang dilakukan dari sayatan longitudinal bagian akar menunjukkan batas sel berhenti membelah dan mulai memanjang akan berbeda untuk tiap jaringan.

Zona maturasi atau daerah pematangan merupakan tempat pembentukan rambut akar dan pematangan sel lainnya. Wilayah ini menunjukkan sel-sel akan memperoleh karakteristik yang berbeda. Pada zona inilah rambut akar dengan luas permukaan yang besar untuk penyerapan air dan zat terlarut pertama kali

muncul, dan xilem berkembang kapasitasnya untuk mentranslokasi sejumlah besar air dan larutan (Rost and Bloom, 2006).



Gambar 5.7. Tudung akar jagung yang sel-sel tudung akarnya terkelupas (Klein and Godunov, 2010).

DAFTAR PUSTAKA

- Hasanuddin, H. *et al.* (2018) *Anatomi Tumbuhan, Anatomi Tumbuhan*. doi: 10.52574/syiahkualauniversitypress.291.
- Klein, A. and Godunov, A. (2010) 'The ROOT system', *Introductory Computational Physics*, pp. 107–116. doi: 10.1017/cbo9780511793219.013.
- Prameswari, D. and Apsari, L. (2017) 'Jurnal_akar_Struktur_Perkembangan_Tumbuh', *Jurnal STRUKTUR DAN PERKEMBANGAN TUMBUHAN FMIPA UNMUL 2017*.
- Rost, T. L. and Bloom, A. J. (2006) 'Root structure and function', *Annals of Botany*, 97(5), pp. 837–838. doi: 10.1093/aob/mcl042.
- STILES, W. (1946) *Plant physiology., Science progress*. doi: 10.1017/9781108486392.
- Tri, D., Haryani, S. and Si, M. (2014) 'Organo Nutritivum (Daun, Batang, dan Akar)', pp. 1–39.
- Samanthi, Udayangani. (2020) 'Difference Between Pericycle and Endodermis'.
<https://www.differencebetween.com/difference-between-pericycle-and-endodermis/>.
- Studies Botani. (2022) Plant Tissues.
<https://botanystudies.com/plant-tissues/>
- Ramdhini, R.N., Monalu, A.I., Ruwaida, A.P., Isrianto,P.L., Panggabean, N.H., Wilujeng, S., Erdiandini, I., Purba., S.R., Sutrisno, E., Hulu, I.L., Purwanti., S., Utomomo, B., Surjaningsih. (2021) *Anatomi Tumbuhan*. Yayasan Kita Menulis.

Taiz, L. and E. Zeiger. (2002) *Plant Physiology*, Sinauer Associates, Inc., Publisher. Sunderland, Massa-chusetts.

BAB 6

STRUKTUR DAN PERKEMBANGAN DAUN

Oleh Ashari Bagus Setiawan

6.1 Pendahuluan

Daun merupakan bagian organ vital terpenting dalam tumbuhan. Organ ini memiliki peran utama melalui proses pemanenan energi yang disebut fotosintesis. Selain memiliki peran dalam fotosintesis, daun memiliki peran penting lainnya dalam proses transpirasi, organ penyimpan, alat pelindung, alat pemanjat, perangkap serangga pada jenis-jenis tumbuhan tertentu, serta penyaluran hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh tumbuhan (Dickison, 2000; Cutler d., 2007).

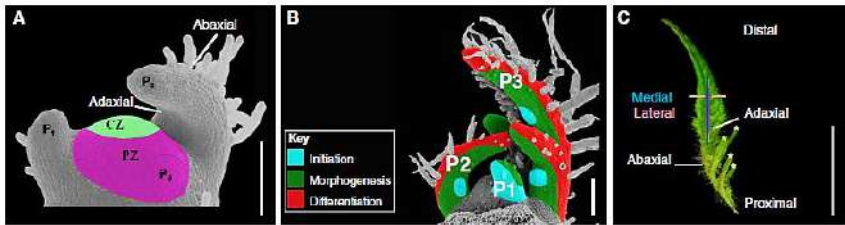
Daun memiliki karakteristik yakni berwarna hijau dengan ribuan kloroplas tersimpan di dalamnya, pipih dorsiventral sebagai optimalisasi terhadap penyerapan energi cahaya dalam proses fotosintesis, dan sedikit transparan dengan tujuan agar cahaya mudah menembus helaian daun pada bagian tajuk lainnya (Crag, dkk., 2018). Organ ini memiliki struktur anatomi yang unik dan bervariasi berdasarkan tingkatan taksanya (suku, marga, hingga jenis); sehingga ciri anatomi daun dapat digunakan sebagai ciri identifikasi dalam pembatasan suatu taksa (Sunarti dkk., 2008; AbdulRahaman dkk., 2014; Sungkar dkk., 2017; Wulansari dkk., 2020; Muangsan dkk., 2022). Bahkan, dalam tingkatan spesies yang sama dapat memiliki struktur anatomi yang bervariasi sebagai bentuk respon terhadap lingkungan (Makbul dkk., 2011; Pandey dkk., 2022; Soumya dkk., 2022). Dalam bab ini, akan dijelaskan lebih lanjut pengantar singkat

mengenai perkembangan daun ditinjau dari segi anatomi, struktur penyusun anatomi daun, serta modifikasi struktur anatomi sebagai bentuk adaptasi terhadap lingkungan.

6.2 Perkembangan Daun ditinjau dari Segi Anatomi

Kemunculan daun pada nodus batang memiliki serangkaian proses perkembangan. Perkembangan daun berasal dari bagian meristem pucuk batang (*shoot apical meristem*). Daerah ini terdiferensiasi menjadi zona tengah (*central zone*) yang menampung sel-sel pluripoten dan zona perifer (*peripheral zone*) yang merupakan tempat pembentukan organ lateral. Inisiasi daun pada daerah meristem pucuk batang mulai aktif selama proses perkecambahan dan melibatkan beberapa sumbu simetri seperti proksimo-distal, adaksial-abaksial, dan medio-lateral. Hal ini terlihat sama di anak daun pada daun majemuk (Barton, 2010; Bar & Ori, 2014).

Tahap berikutnya dilanjutkan dengan kemunculan primordia daun pada meristem pucuk batang diiringi dengan ekspansi primordia daun menjadi helaian daun. Proses ini diikuti dengan penyempurnaan bagian daun seperti tulang tengah, tangkai, pangkal daun, dan tepi daun yang disebut **morfogenesis primer**. Tahap akhir dilanjutkan dengan pendewasaan akhir berupa diferensiasi sel menjadi beberapa lapis jaringan penyusun daun yang disebut **morfogenesis sekunder** (Gambar 6.1) (Bar & Ori, 2014).

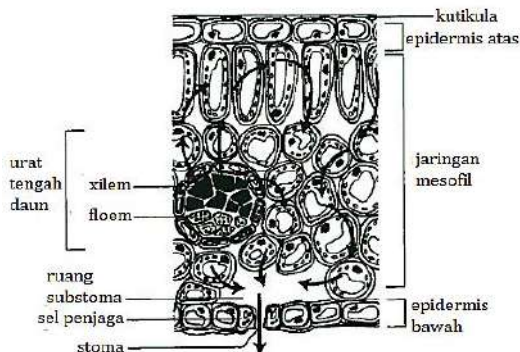


Gambar 6.1 Tahap perkembangan daun yang diamati dengan mikroskop elektron payaran (SEM). A. Inisiasi pembentukan zona tengah (CZ) dan zona perifer (PZ) pada meristem pucuk batang; B. Inisiasi primer dan diferensiasi primordia daun (ditandai dengan P1, P2, dan P3) pada tahap morfogenesis primer; C. Pemekaran helaian daun yang diikuti tahap pendewasaan pada morfogenesis sekunder. Garis skala=1 cm

(Sumber : Bar & Ori, 2014)

Berdasarkan pembagian jaringan penyusun pada daun, Cutler dkk. (2007) membagi menjadi tiga lapisan jaringan antara lain (Gambar 6.2):

1. Jaringan epidermis dan derivatnya;
2. Jaringan mesofil;
3. Jaringan pembuluh.



Gambar 6.2 Struktur sayatan melintang anatomi daun secara umum

(Sumber: Randive dkk., 2019)

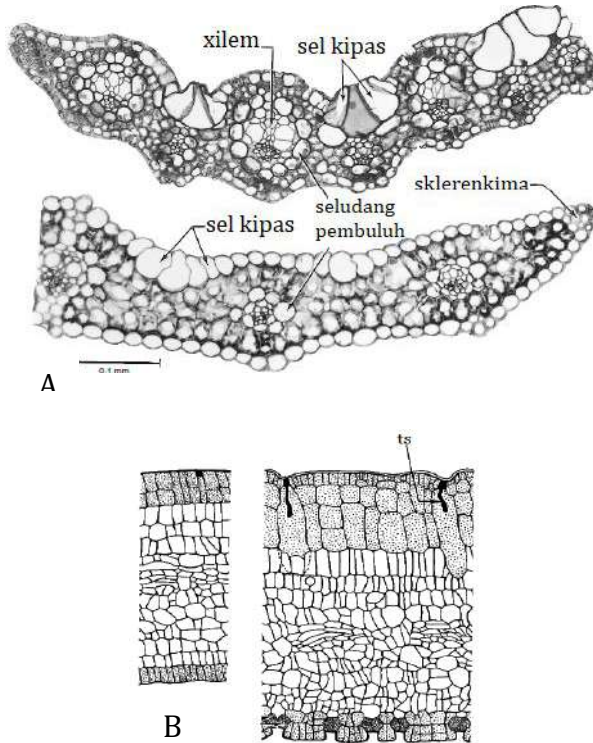
Masing-masing jaringan penyusun ini memiliki variasi bentuk dan susunan pada setiap kelas tumbuhan (dikot atau monokot) serta adaptasi terhadap habitat lingkungan.

5.2.1 Epidermis dan Derivatnya

Daerah epidermis merupakan daerah terluar dari anatomi daun. Daerah ini berperan penting dalam perlindungan terhadap patogen seperti herbivora, pertukaran air dan gas, detoksifikasi xenobiotik, serta mempertahankan bentuk daun agar proses penangkapan cahaya lebih maksimal (Zuch dkk., 2022). Epidermis terdiri dari kutikula yang tampak seperti lilin, tersusun atas kutin dan lilin, serta meluas hingga dinding sel epidermis bagian dalam ruang substoma (Evert, 2006). Struktur inilah yang menyebabkan daun tampak mengkilat. Di bawah kutikula terdapat lapisan epidermis yang terbagi menjadi dua yaitu epidermis atas dan epidermis bawah.

Saat diamati secara paradermal, beberapa variasi yang dijumpai pada epidermis meliputi dinding antiklinal epidermis berupa tebal atau tipis, berbentuk isodiametris atau bersegi, pola beragam (lurus, melingkar, atau bergelombang), serta susunan sel yang acak atau teratur dengan pola tertentu (tetragonal hingga heksagonal atau linear) (Dilcher, 1974). Pada sayatan transversal daun, epidermis umumnya berjumlah selapis dengan dijumpai stomata yang mendominasi pada lapisan epidermis bawah. Pada beberapa jenis, dijumpai trikoma dengan bentuk bervariasi (Sulistyowati & Bashri, 2018). Pada epidermis dari kelompok *Poaceae* terdapat modifikasi berupa 4-5 lapis sel epidermis yang membesar dan memiliki peran sebagai penyimpan air dan mengurangi penguapan dengan cara penggulungan daun disebut **sel kipas (*buliform cells*)**. Pada daun karetan (*Ficus elastica*), suku *Piperaceae*, dan daun Mentega (*Nerium oleander*) dijumpai epidermis berganda (*multiseriate*) sebagai akibat pembelahan sel epidermis ke arah periklinal yang perkembangannya berasal dari jaringan kortikal yang disebut

hipodermis (Evert, 2006; Tihurua dkk., 2020). (Gambar 6.3). Modifikasi ini merupakan bentuk adaptasi terhadap lingkungan xerofit dan salinitas tinggi (Cutler dkk., 2007; Tihurua dkk., 2020).

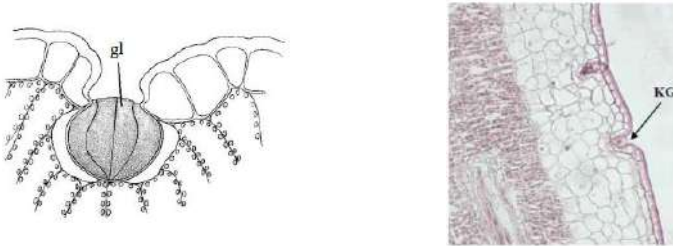


Gambar 6.3 Sayatan melintang daun yang menunjukkan bagian epidermis: A. Epidermis selapis dengan modifikasi berupa sel kipas; B. Epidermis berganda (hipodermis) pada daun *F. elastica*
Keterangan: ts=tangkai sistolit

(Sumber: Evert, 2006)

Pada kondisi lingkungan dengan salinitas tinggi seperti tumbuhan Mangrove dan suku *Plumbaginaceae*, epidermis termodifikasi menjadi kelenjar garam yang dapat dijumpai pada epidermis atas maupun bawah. Kelenjar ini tersusun atas 2-4 baris sel basal dan berfungsi mengakumulasi garam sebagai bentuk adaptasi terhadap kondisi salinitas (Selvam &

Karunagaran, 2004; Grigore & Toma, 2016; Tobing dkk., 2021) (Gambar 6.4).



Gambar 6.4 Kelenjar garam (A dan B) sebagai modifikasi epidermis daun pada kondisi salinitas tinggi. Keterangan: gl dan KG=kelenjar garam

(Sumber: Grigore & Toma, 2016; dkk., 2021)

Daerah epidermis dapat termodifikasi menjadi kelenjar nektar, domatia, dan hidatoda. Kelenjar nektar dapat mengeluarkan nektar yang dapat menarik perhatian serangga. Kelenjar ini memiliki struktur seperti trikoma glandular dan dapat ditemukan pada sudut antara venasi primer dan sekunder daun, serta pangkal dekat tangkai daun (Rudall, 2020). Domatia merupakan ruang kecil yang dihasilkan oleh tumbuhan sebagai tempat tinggal hewan Arthropoda. Struktur ini dapat dijumpai pada tumbuhan suku *Rubiaceae*, *Vitaceae*, *Annonaceae*, serta *Bignoniaceae*. Domatia terletak pada vena besar sisi abaksial daun; atau dijumpai di anak daun pada daun majemuk dengan variasi bentuk berupa lubang, kantong yang meluas sampai ke daerah mesofil, gumpalan trikoma, atau tepi vena daun yang bergelung (Rudall, 2020; Situngu & Barker, 2022).

Derivat sel epidermis yang lain adalah stomata. Stomata terdiri dari celah stomata dan sepasang sel penjaga. Pada sayatan paradermal, stomata memiliki tipe yang beragam dan dapat dijadikan sebagai ciri identifikasi pada tingkat marga hingga jenis (Dilcher, 1974; Cutler dkk., 2007; Qodriyah dkk., 2021; Windarsih

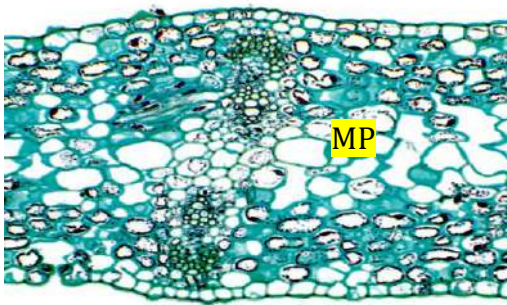
dkk., 2022). Pada sayatan melintang, stomata memiliki variasi berdasarkan letak dan posisi. Letak stomata terbagi menjadi tiga tipe yaitu: **amfistomatik** (dijumpai pada adaksial dan abaksial daun), **hiperstomatik** (hanya dijumpai pada daerah adaksial), dan **hipostomatik** (hanya dijumpai pada daerah abaksial). Posisi stomata terbagi menjadi dua tipe yaitu **kriptopor** (stomata tenggelam di dalam sel epidermis) dan **paneropor** (stomata sejajar dengan sel epidermis) (Dickison, 2000; Evert, 2006; Cutler dkk., 2007).

Stomata pada epidermis daun juga dapat termodifikasi menjadi hidatoda. Hidatoda dapat dijumpai pada epidermis atas dekat dengan daerah mesofil yang berongga dan berasosiasi hingga akhir venasi daun. Modifikasi ini berfungsi sebagai penyerapan air dan gutasi (Rudall, 2020).

6.2.2 Mesofil

Mesofil terdiri dari jaringan parenkim berisikan kloroplas sehingga disebut sebagai jaringan fotosintetik. Umumnya, daerah mesofil terdiferensiasi menjadi parenkim palisade yang terletak pada sisi adaksial daun dan parenkim bunga karang yang letaknya pada sisi abaksial daun. Parenkim palisade berbentuk menyerupai tiang dan tersusun rapat, berjumlah selapis hingga beberapa lapis; sedangkan parenkim bunga karang tersusun atas beberapa lapis sel, berbentuk bulat atau lonjong dengan beberapa ruang antar sel yang longgar (Cutler dkk., 2007; Rudall, 2020) (Gambar 6.2).

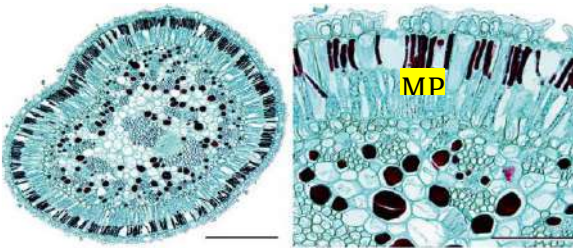
Pada tumbuhan monokot atau daun bertipe **isobilateral**, mesofil tidak mengalami diferensiasi jaringan sehingga bentuk tiap selnya seragam; sedangkan pada daun dikot atau daun bertipe **dorsiventral** memiliki mesofil yang terdiferensiasi menjadi parenkim palisade dan parenkim bunga karang. Pada daun melingkar seperti *Hakea drupacea*, parenkim palisade tersusun konsentris mengelilingi parenkim bunga karang (Crang dkk., 2018) (Gambar 6.5).



A



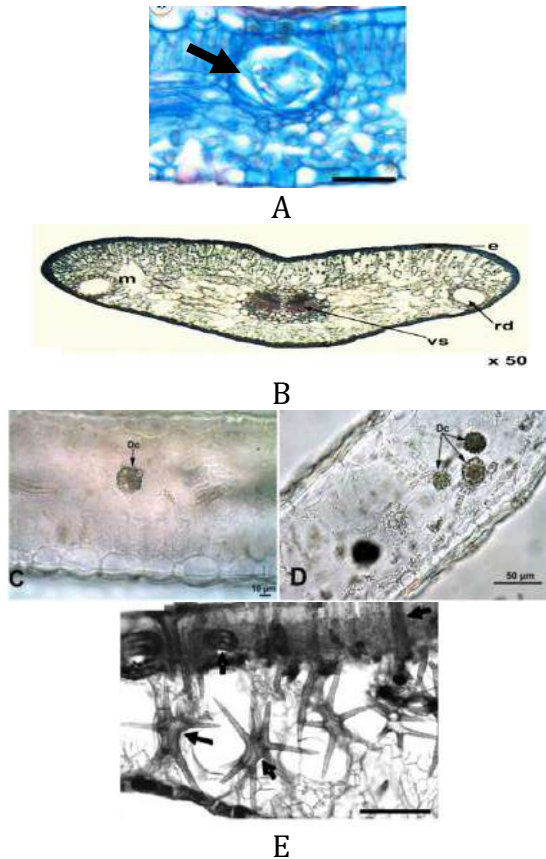
B



C

Gambar 6.5. Susunan jaringan mesofil daun. A=mesofil tidak terdiferensiasi pada daun Gandum; B=mesofil terdiferensiasi menjadi dua lapis pada daun Ketapang laut; C=daun melingkar pada *Hakea drupacea* yang memperlihatkan parenkim palisade mengelilngi parenkm sponsa. Keterangan: MP=daerah mesofil. Garis skala C=250 μm (Sumber: <https://sciencephoto.com/>; Crang dkk., 2018)

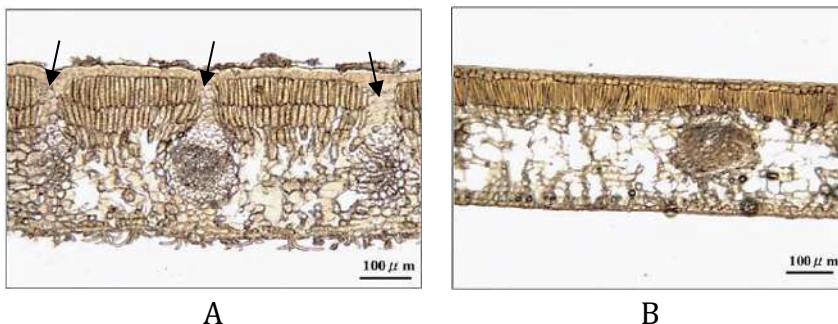
Selain berperan sebagai jaringan fotosintetik, mesofil berfungsi juga sebagai jaringan penyimpan. Modifikasi ini dapat dibedakan dengan jelas berdasarkan bentuk, ukuran, serta isi sel terhadap sel-sel lain di sekitarnya (Shirakawa dkk., 2022). Beragam modifikasi tersebut antara lain: idioblas (berisi tanin, kristal, kelenjar minyak, resin), cairan, dan sklereid (asterosklereid, osteosklereid) (Cutler dkk., 2007; Rudall, 2020) (Gambar 6.6).



Gambar 6.6. Modifikasi jaringan mesofil. A. Idioblas kelenjar minyak (tanda anak panah) antara daerah epidermis dan mesofil. Garis skala=50 μm; B. Saluran resin (rd); C-D. Idioblas druse berisi kristal kalsium oksalat (Dc); E. Asterosklereid pada *Nymphaea gardneriana*. Garis skala= 50 μm (Sumber: Bercu dkk., 2010; Konyar dkk., 2014; Catian & Scremin-Dias, 2015; deAndrade dkk., 2020)

5.2.3 Berkas pembuluh

Seperti pada akar maupun batang, berkas pembuluh pada daun terbagi menjadi dua jaringan yaitu xilem yang dicirikan dengan penebalan pada dindingnya serta floem dengan ciri dinding tipis. Berkas pembuluh dapat dijumpai pada bagian tulang daun maupun venasinya. Perkembangan berkas pembuluh terjadi secara akropetal yang berasal dari prokambium. Masing-masing berkas pembuluh dikelilingi oleh seludang berkas yang terdiri atas sel-sel parenkim. Seludang berkas berkembang baik pada tumbuhan dengan tipe fotosintetik C₄ (Rudall, 2020). Bagian ini dapat mengalami perpanjangan hingga ke daerah epidermis atas, tidak berkloroplas, dan mengalami lignifikasi; berperan dalam peningkatan laju fotosintesis dan kapasitas transpor air. Struktur ini terbagi menjadi dua tipe yakni **heterobarik** (adanya perpanjangan seludang berkas pembuluh) dan **homobarik** (tidak ada perpanjangan berkas pembuluh) (Oguchi dkk., 2018; Barbosa dkk., 2019) (Gambar 6.7).

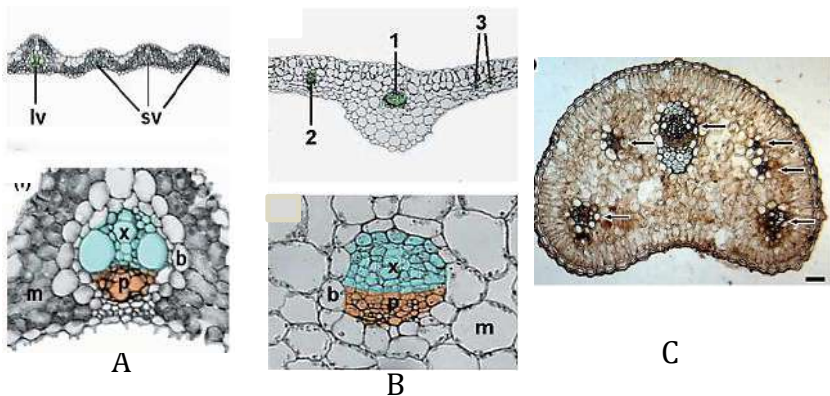


Gambar 6.7. Keberadaan perpanjangan seludang berkas pembuluh hingga epidermis atas (ditunjukkan dengan tanda anak panah): A=heterobarik; B=homobarik

(Sumber: Kenzo dkk., 2007)

Struktur berkas pembuluh pada daun monokot dan dikot tidaklah sama. Daun bertipe isobilateral (monokot) memiliki venasi daun paralel, sehingga saat diamati menggunakan mikroskop tampak dua atau lebih deretan berkas pembuluh yang orientasinya berlawanan terhadap satu sama lain; yaitu kutub

xilem mengarah pada pusat daun. Berbeda dengan daun tipe dorsiventral memiliki venasi daun menjala dengan ukuran venasi bervariasi, sehingga susunan berkas pembuluhnya kolateral (xilem mengarah pada adaksial dan floem mengarah pada abaksial) atau dengan variasi tipe lain (bikolateral atau amfivasal) (Scarpella & Meijer, 2004). Lain halnya pada daun membulat, tipe ini memiliki berkas pembuluh tersusun melingkar (Gambar 5.8).



Gambar 6.8. Struktur berkas pembuluh pada tumbuhan: A. Monokot; B. Dikot; C. Daun membulat. Keterangan: lv dan sv=berkas pembuluh; m=jaringan mesofil; x=xilem; p=floem; b=seludang berkas pembuluh; 1=venasi primer; 2=venasi sekunder; 3=venasi tersier. Garis skala=100 μm

(Sumber: Scarpella & Meijer, 2004; Jordan dkk., 2013)

6.3 Modifikasi Struktur Anatomi Daun dalam Merespon Lingkungan

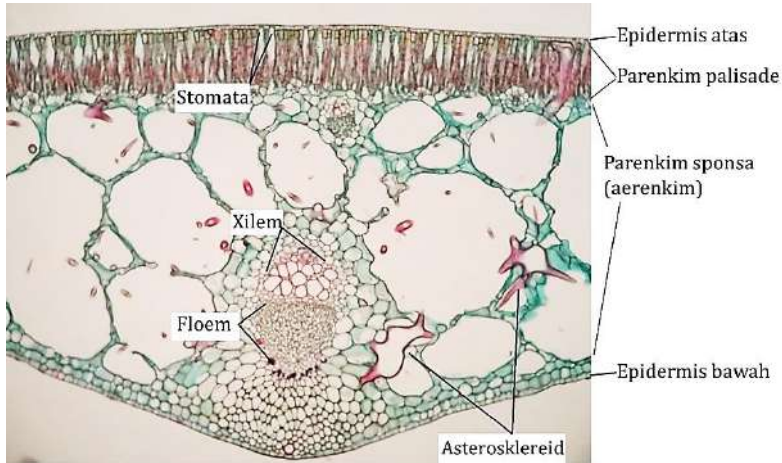
Struktur anatomi pada suatu tumbuhan tidaklah bersifat stabil. Perubahan-perubahan yang ditunjukkan ini sebagai bentuk adaptasi terhadap lingkungan seperti: salinitas, kekeringan, genangan, logam berat, serta nutrisi (Boughalleb dkk, 2014; Boughalleb dkk, 2017). Adanya cekaman fisiologis ini

dianggap sebagai faktor pembatas bagi produktivitas tumbuhan yang dapat mengancam sektor pertanian (Mahajan dkk., 2020).

Daun dapat dikatakan sebagai salah satu organ yang paling cepat dalam merespon cekaman fisiologis dibandingkan akar maupun batang (Akmalia, 2021). Bentuk modifikasi anatomi daun yang dilakukan pada setiap tumbuhan tidaklah sama. Hal ini bergantung terhadap cekaman fisiologis yang dihadapi pada lingkungan habitatnya. Dalam subbab ini, akan dijelaskan ragam modifikasi anatomi daun sebagai strategi dalam merespon lingkungannya.

6.3.1 Modifikasi anatomi daun pada tumbuhan hidrofit

Tumbuhan hidrofit memiliki habitat di lingkungan perairan baik tenggelam sebagian atau seluruhnya, sehingga dapat dikatakan sebagai tumbuhan akuatik. Bentuk modifikasi anatomi yaitu kutikula tipis, sel epidermis berklorofil, stomata di permukaan adaksial daun, xilem tereduksi, serta parenkim bunga karang terisi banyak jaringan parenkim. Modifikasi ini dilakukan sebagai bentuk respon terhadap minim oksigen, tingginya kadar air, serta menjaga daun agar tetap terapung dan terhindar dari infeksi patogen (Qaisar dkk., 2005; Jayeola & Folorunso, 2009; Crang dkk, 2018; Rudall, 2020) (Gambar 5.10).



A



B

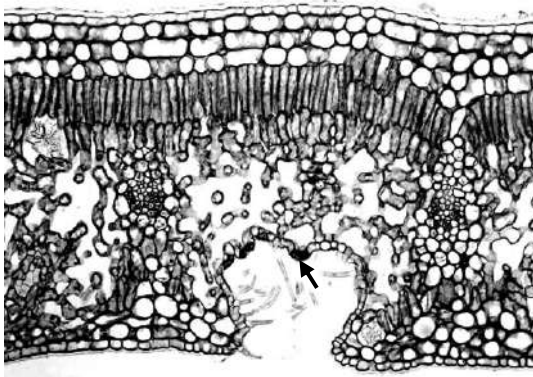
Gambar 6.9. Modifikasi struktur anatomi daun: A. *Nymphaea*; B. *Elodea canadensis*. Tampak memperlihatkan lapisan kutikula tipis, stomata di permukaan adaksial daun, dan parenkim sponsa yang terisi jaringan aerenkim, serta xilem tereduksi pada *E. canadensis*. Garis skala=50 μm

(Sumber: <https://bio.libretexts.org/>; Crang dkk, 2018)

6.3.2 Modifikasi anatomi daun pada tumbuhan xerofit

Tumbuhan xerofit berhabitat pada lingkungan yang kering dengan kondisi minim pasokan air. Struktur anatomi yang dikembangkan dalam menghadapi kondisi ini antara lain: penebalan kutikula dan epidermis, penyimpanan air pada hipodermis dan mesofil (modifikasi pada tumbuhan sukulen), keberadaan jaringan sklerenkim pada daerah mesofil, keberadaan sel buliform pada suku *Poaceae* sehingga daunnya dapat melipat untuk mengurangi transpirasi (Gambar 6.3),

stomata kriptopor, serta trikoma (Gambar 6.10) (Boughalleb dkk., 2014; Boughalleb dkk., 2017; Crang dkk., 2018).



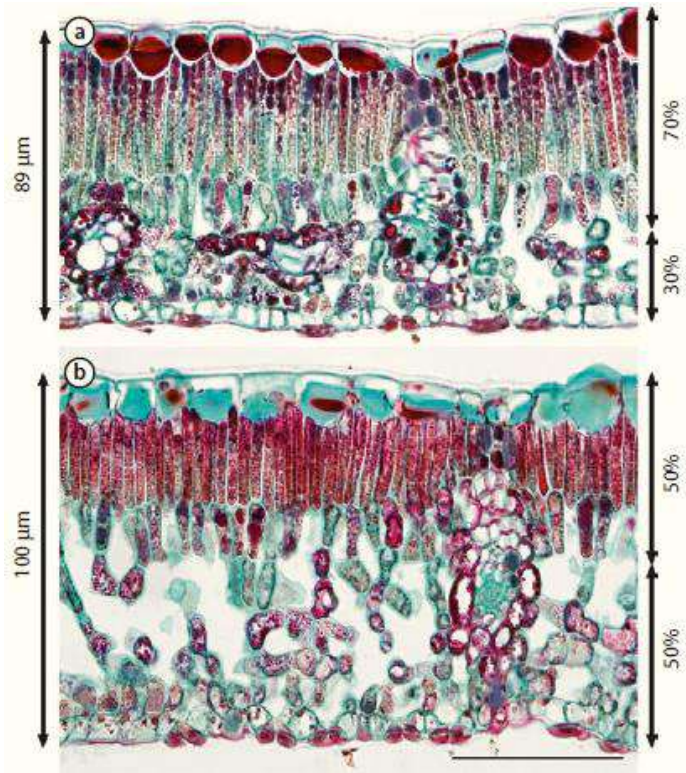
Gambar 6.10. Modifikasi struktur anatomi daun Mentega (*Nerium oleander*) yang memperlihatkan epidermis berganda, trikoma pada epidermis bawah, dan stomata kriptopor (tanda anak panah)

(Sumber: Evert, 2006)

6.3.3 Respon anatomi daun terhadap naungan

Cahaya merupakan salah satu faktor utama yang berpengaruh terhadap laju fotosintesis. Faktor ini ternyata berdampak terhadap struktur anatomi daunnya. Studi yang dilakukan oleh Crang dkk. (2018) pada *Quercus* menunjukkan bahwa daun yang ternaungi memiliki lapisan parenkim palisade lebih tebal (mencapai 70%) dibandingkan dengan lapisan parenkim bunga karang (mencapai 30%). Selain itu, ketebalan daunnya lebih tipis dibandingkan dengan daun yang tidak ternaungi. Hal ini bertujuan untuk memaksimalkan penangkapan cahaya matahari. Berbeda dengan daun yang tidak ternaungi yang memiliki proporsi persentase ketebalan parenkim palisade dan parenkim bunga karang yang sama (masing-masing mencapai 50%). Parenkim bunga karang yang tipis ternyata dapat menurunkan kebutuhan pengambilan CO₂. Dengan kata lain, parenkim palisade yang tebal mampu menangkap cahaya

lebih banyak sehingga laju fotosintesisnya dapat menjadi lima kali lipat dibandingkan dengan daun yang tidak terkena cahaya matahari (Gambar 6.11).



Gambar 6.11. Kondisi daun *Quercus* terhadap paparan cahaya matahari: A. ternaungi dan B. tidak ternaungi. Tanda anak panah disertai angka dan satuannya menunjukkan dampak paparan cahaya matahari terhadap ketebalan daun dan penyusun mesofilnya

(Sumber: Crang dkk., 2018)

6.3.4 Respon anatomi daun terhadap cekaman polutan dan logam berat

Tidak semua tumbuhan yang terpapar polutan dan logam berat akan mengalami kematian. Beberapa diantaranya mengembangkan strategi pembersihan polutan secara primer

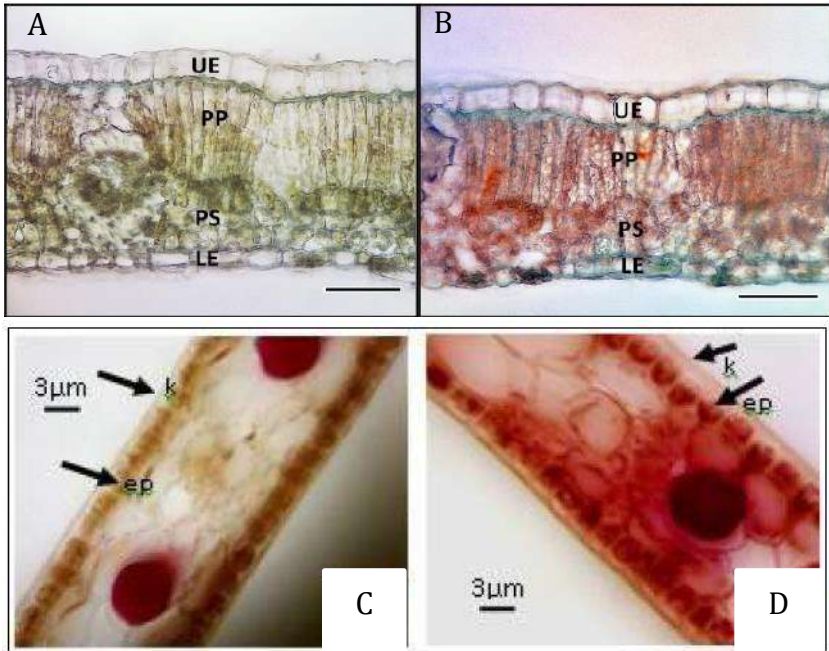
melalui remediasi tumbuhan yang dikenal sebagai **fitoremediasi**. Tumbuhan yang memiliki peran fitoremediasi disebut **fitoremediator** (Raharja dkk, 2020). Respon yang ditunjukkan sebagai dampak dari paparan polutan dan logam berat meliputi: penurunan densitas dan ukuran stomata, penebalan kutikula dan daerah epidermis sebagai pencegahan masuknya akumulat pada kloroplas yang berdampak pada fiksasi CO₂ saat fotosintesis (Tabel 6.1), penurunan ketebalan mesofil daun, serta reduksi jumlah berkas pembuluh (Gostin, 2009; Tupan & Azrianingsih, 2016; Hilmi dkk, 2018).

Tabel 6.1 Perubahan struktur anatomi daun (µm) pada konsentrasi cekaman timbal (Pb) yang berbeda (ppm)

Jaringan daun	Konsentrasi cekaman Timbal (Pb) (ppm)			
	0	5	15	25
Ketebalan kutikula abaksial daun	0.325±0.087a	0.375±0.094a	0.438±0.149a	0.650±0.114b
Ketebalan kutikula adaksial daun	0.381±0.262a	0.381±0.262a	0.381±0.262a	0.381±0.262a
Ketebalan epidermis abaksial daun	1.563±0.148a	1.563±0.148a	1.563±0.148a	1.563±0.148a
Ketebalan epidermis adaksial daun	1.563±0.149a	1.563±0.149a	1.563±0.149a	1.563±0.149a

Catatan: nilai rerata±SE (n = 3) dan perbedaan antar nilai tengah dibandingkan melalui uji taraf signifikansi Fisher’s. Perbedaan notasi huruf mengindikasikan perbedaan taraf signifikansi p < 0.05 (Sumber: Tupan & Azrianingsih, 2016).

Keberadaan deposit polutan dan logam berat pada jaringan penyusun anatomi daun dapat diuji menggunakan uji histokimia dengan menggunakan pewarna natrium rhodizonat (NaR) dengan membandingkan kontrolnya. Keberadaan deposit logam berat ditandai dengan warna merah pada jaringan penyusunnya (Gostin, 2009; Tung & Temple, 1996) (Gambar 6.12).



Gambar 6.12. Deteksi keberadaan logam berat timbal (Pb) pada daun menggunakan pewarna natrium rhodizonat (NaR). *Reutealis trisperma* (A=kontrol; B=perlakuan) dan *Thalassia hemprichii* (C=kontrol; D=perlakuan). Warna merah menunjukkan keberadaan timbal (Pb) pada jaringan. Garis skala=50 μm (A dan B). Keterangan: k=kutikula; UE dan ep=epidermis atas; PP=parenkim palisade; PS=parenkim bunga karang; LE=epidermis bawah. Tanda anak panah menunjukkan adanya perubahan ketebalan kutikula dan epidermis akibat paparan cekaman logam timbal

(Sumber: Tupan & Azrianingsih, 2016; Hilmi dkk., 2018)

DAFTAR PUSTAKA

- AbdulRahaman, Abdullahi A., Kolawole, Opeyemi S., & Oladele, Felix A. 2014. Leaf epidermal features as taxonomic characters in some *Lannea* species (*Anacardiaceae*) from Nigeria. *Phytologia Balcanica*, 20(2-3), 227-231. http://www.bio.bas.bg/~phytolbalcan/PDF/20_2-3/20_2-3_11_AbdulRahaman_&_al.pdf.
- Akmalia, H.A. 2021. Adaptasi anatomis tumbuhan terhadap perbedaan stress lingkungan. *Stigma* ,14(1), 18-27. <https://jurnal.unipasby.ac.id/index.php/stigma/article/view/3491>.
- Bar, M., Ori, N. 2014. *Leaf development and morphogenesis. Development*, (2014), 4219-4230. <https://doi.org/10.1242/dev.106195>.
- Barbosa, M.A.M, dkk. 2019. Bundle sheath extensions affect leaf structural and physiological plasticity in response to irradiance. *Plant Cell Environment*, 42(5), 1575-1589. <https://doi: 10.1111/pce.13495>.
- Barton, M.K. 2010. Twenty years on: the inner workings of the shoot apical meristem, a developmental dynamo. *Developmental Biology*, 341(1), 95-113. <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2009.11.029>.
- Bercu, R., Broasca, L., & Popoviciu, R. 2010. Comparative anatomical study of some gymnospermae species leaves. *Botanica Serbica*, 34(1), 21-28. https://botanicaserbica.bio.bg.ac.rs/arhiva/pdf/2010_34_1_504_full.pdf.
- Boughalleb, F., dkk. 2014. Anatomical adaptations of *Astragalus gombiformis* Pomel. under drought stress. *Central European Journal of Biology*, 9(12), 1215-1225. <https://doi:10.2478/s11535-014-0353-7>.

- Boughalleb, F., dkk. 2017. Effect of NaCl stress on physiological, antioxidant enzymes and anatomical responses of *Astragalus gombiformis*. *Biologia*, 72(12), 1454–1466. <https://doi.org/10.1515/biolog-2017-0169>.
- Catian, C., & Scremin-Dias, E. 2015. Phenotypic variations in leaf anatomy of *Nymphaea gardneriana* (Nymphaeaceae) demonstrate its adaptive plasticity. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 142(1), 18–26. <http://dx.doi.org/10.3159/TORREY-D-14-00038.1>.
- Crang, R., Lyons-Sobanski, S, & Wise, R. 2018. *Plant Anatomy: A Concept-Based Approach to the Structure of Seed Plants*. 2018. Switzerland: Springer.
- Cutler, David F., Botha, T., & Stevenson, Denis Wm. 2007. *Plant Anatomy: An Applied Approach*. USA: Blackwell Publishing.
- de Andrade, C.R.B., dkk. 2020. Leaf anatomy and histochemistry of secretory structures of *Zanthoxylum caribaeum* Lam. (Rutaceae). *Brazilian Journal of Botany*, 43, 961–968. <https://doi.org/10.1007/s40415-020-00658-9>.
- Dickison, William C. 2000. *Integrative Plant Anatomy*. California: Academic Press.
- Dilcher, D.L. 1974. Approach to the identification of angiosperms leaf remains. *Botanical Review*, 40, 1–157. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02860067>.
- Evert, R.F. 2006. *Esau's Plant Anatomy: Third Edition*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Gostin, I.N. 2009. Air pollution effects on the leaf structure of some *Fabaceae* species. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(2), 57–63. <https://www.notulaebotanicae.ro/index.php/nbha/article/view/3078>.

- Grigore, M.N., & Toma, C. 2016. Structure of salt glands of *Pumbaginaceae*. Rediscovering old findings of the 19th century: 'mettenius' or 'licopoli' organs?. *Journal of Plant Development*, 23(2016), 37–52. <https://plant-journal.uaic.ro/docs/2016/4.pdf>.
- Hilmi, M., dkk. 2018. Growth, histochemical and physiological responses of non-edible oil producing plant (*Reutealis trisperma*) to gold mine tailings. *Biodiversitas*, 19(4), 1294–1302. <https://smujo.id/biodiv/article/view/2785>.
- Jayeola, A.A., & Folorunso, E.A. 2009. Ecological anatomy of some hydrophytes in Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 8(14), 3377–3381. <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/61114>.
- Jordan, G.J., dkk. 2013. Climate drives vein anatomy in Proteaceae. *American Journal of Botany*, 100(8), 1483–1493. <https://doi:10.3732/ajb.1200471>.
- Kenzo, T., dkk. 2007. Ecological distribution of homobaric and heterobaric leaves in tree species of Malaysian lowland tropical rainforest. *American Journal of Botany*, 94(5), 764–775. <https://doi:10.3732/ajb.94.5.764>.
- Konyar, S.T., Ozturk, N., & Dane, F. 2014. Occurrence, type and distribution of calcium oxalate crystals in leaves and stems of some species of poisonous plant. *Botanical Studies*, 55(32), 1–9. <https://doi.org/10.1186/1999-3110-55-32>.
- Mahajan, M., Kuiry, R., & Pal, P.K. 2020. Understanding the consequence of environmental stress for accumulation of secondary metabolites in medicinal and aromatic plants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 18, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100255>.

- Makbul, S., dkk. 2011. Changes in anatomical and physiological parameters of soybean under drought stress. *Turkish Journal of Botany*, 35, 1–9. <https://doi.org/10.3906/bot-1002-7>.
- Muangsan, N., dkk. 2022. Comparative leaf epidermis study in *Habenaria* spp. (Orchidaceae) from Thailand. *Biodiversitas*, 23(8), 4159–4168. <https://smujo.id/biodiv/article/view/11286>.
- Oguchi, R., dkk. 2018. *Leaf Anatomy and Function*. Dalam: *The Leaf: A Platform for Performing Photosynthesis*. USA: Springer International Publishing AG.
- Pandey, A.K., dkk. 2022. The anatomical basis of heavy metal responses in legumes and their impact on plant–rhizosphere interactions. *Plants*, 11(2554), 1–18. <https://doi.org/10.3390/plants11192554>.
- Randive, P.U., dkk. 2019. Discrimination between healthy and diseased cotton plant by using hyperspectral reflectance data. *Recent Trends in Image Processing and Pattern Recognition, CCIS* 1037, 342–351. https://doi.org/10.1007/978-981-13-9187-3_30.
- Qaisar, M., dkk. 2005. Anatomical studies on water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) under the influence of textile wastewater. *Journal of Zhejiang University SCIENCE*, 6B(10), 991–998. <https://doi.org/10.1631/jzus.2005.B0991>.
- Qodriyah, L., dkk. 2021. Karakterisasi stomata daun pada tanaman hias familia *Araceae*. *Prosiding Biologi Achieving the Sustainable Development Goals with Biodiversity in Confronting Climate Change*, 242–254. <https://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/psb>.

- Raharja, R.A., dkk. 2020. Analisis morfofisiologi, anatomi, dan histokimia pada lima spesies tanaman gulma sebagai respons terhadap merkuri dan timbal. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(3), 412–423. <https://doi:10.18343/jipi.25.3.412>.
- Rudall, J.P. 2020. *Anatomy of Flowering Plants: An Introduction to Structure and Development*. UK: Cambridge University Press.
- Scarpella, E., & Meijer, A.H. 2004. Pattern formation in the vascular system of monocot and dicot plant species. *New Phytologist*, 164, 209 –242. <https://doi:10.1111/j.1469-8137.2004.01191.x>.
- Selvam, V., & Karunagaran, V.M. 2004. *Ecology and Biology of Mangroves: Orientation Guide*. Chennai: M.S. Swaminathan Research Foundation.
- Shirakawa, M., Tanida, M., & Ito, T. 2022. The cell differentiation of idioblast myrosin cells: similarities with vascular and guard cells. *Frontiers in Plant Science*, 12, 1–6. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.829541>.
- Situngu, S., & Barker, N.P. 2022. A comparative study of the anatomy of leaf domatia in *Gardenia thunbergia* Thunb., *Rothmannia capensis* Thunb., and *Rothmannia globosa* (Hochst.) Keay (*Rubiaceae*). *Plants*, 11(3126), 1–9. <https://doi.org/10.3390/plants11223126>.
- Sulistyowati, Y. & Bashri, A. 2018. Identifikasi struktur sekretori yang berpotensi menghasilkan minyak atsiri pada genus *Coleus*. *LenteraBio*, 7(2), 168–175. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio/article/view/28388>.

- Soumya, V., Kiranmayi, P., & Kumar, K.S. 2022. Morpho-anatomical responses of *Catharanthus roseus* (L.) G.Don due to combined heavy metal stress observed under Scanning Electron Microscope. *Plant Science Today*, 9(3), 146–161. <https://doi.org/10.14719/pst.1621>.
- Sunarti, S., Rugayah, Tihurua, E.F. 2008. Studi anatomi daun jenis-jenis *Averrhoa* di Indonesia untuk mempertegas status taksonominya. *Berita Biologi*, 9(3), 253–257. https://ejournal.biologi.lipi.go.id/index.php/berita_biologi/article/view/780.
- Sungkar, Q., Chikmawati, T., Djuita, N.R. 2017. Anatomi daun rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) dan kerabatnya. *Floribunda*, 5(6), 192–199. <https://www.ptti.or.id/journal/index.php/Floribunda/article/view/168>.
- Tihurua, E.F., Agustiani, E.L., & Rahmawati, K. 2020. Karakter anatomi daun sebagai bentuk adaptasi tumbuhan penyusun zonasi mangrove di Banggai Kepulauan, Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(2), 255–264. <https://doi.org/10.14710/jkt.v23i2.7048>.
- Tobing, A.N.L.T., dkk. 2021. Struktur anatomi daun mangrove api-api putih [*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh] di Pantai Mangunharjo, Semarang. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 6(1), 96–103. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/baf/index>.
- Tung, G., & Temple, P.J. 1996. Histochemical detection of lead in plant tissues. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15(6), 906–914. <https://doi.org/10.1002/etc.5620150612>.
- Tupan, C.I., & Azrianingsih, R. 2016. Accumulation and deposition of lead heavy metal in the tissues of roots, rhizomes and

leaves of seagrass *Thalassia hemprichii* (Monocotyledoneae, Hydrocharitaceae). *AACL Bioflux*, 9(3), 580–589. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2016.580-589.pdf>.

Windarsih, G., dkk. 2022. Stomatal and epidermal characteristics of Zingiberaceae in Serang District, Banten, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(10), 5373–5386. <https://smujo.id/biodiv/article/view/12239/6232>.

Wulansari, dkk. 2020. Struktur anatomi daun sebagai bukti dalam pembatasan takson tumbuhan berbunga: studi kasus 12 suku tumbuhan berbunga Indonesia. *Buletin Kebun Raya*, 23(2), 146–161. <https://publikasikr.lipi.go.id>.

Zuch, D.T., dkk. 2022. Cell biology of the leaf epidermis: Fate specification, morphogenesis and coordination. *The Plant Cell* 34(1), 209–227. <https://doi.org/10.1093/plcell/koab250>.

BAB 7

STRUKTUR DAN PERKEMBANGAN BUNGA

Oleh Ni Putu Yuni Astriani Dewi

7.1 Pendahuluan

Tumbuhan adalah satu satu makhluk hidup yang memiliki keunikan tersendiri karena mampu melakukan fotosintesis. Tumbuhan memiliki organ-organ tubuh seperti akar, batang daun hingga biji. Salah satu organ vital dari tumbuhan adalah bunga. Bunga adalah bagian dari tumbuhan yang menjadi daya tarik manusia hingga jenis hewan serangga. Hal ini dikarenakan keindahan mahkota bunga yang menjadi daya tarik manusia sebagai tanaman hias dan induk persilangan maupun daya tarik hewan jenis serangga dalam mengambil sari/ nectar yang ada di dalam bunga. Hewan jenis serangga ini sebagian besar membantu bunga dalam proses penyerbukan.

Bunga merupakan organ tumbuhan yang penting sebagai alat perkembangbiakan secara seksual/ generative. Bunga memiliki warna mahkota yang menarik, bentuk morfologi yang bervariasi tergantung dari jenisnya dan aroma yang wangi. Hal ini menjadikan bunga memiliki ciri khas dalam menjalankan fungsinya sebagai alat reproduksi untuk menghasilkan individu yang baru. Bunga merupakan hasil perpaduan maupun modifikasi dari batang dan daun, dimana modifikasi ini menghasilkan beberapa enzim yang terangsang dari beberapa fitohormon tertentu. Terbentuknya bunga erat kaitannya dengan pengendalian secara genetic yang diinduksi dari perubahan lingkungan tertentu, misalnya perubahan suhu menjadi rendah,

rentang waktu pencahayaan secara alami dari matahari, dan tersedianya air di lingkungan.

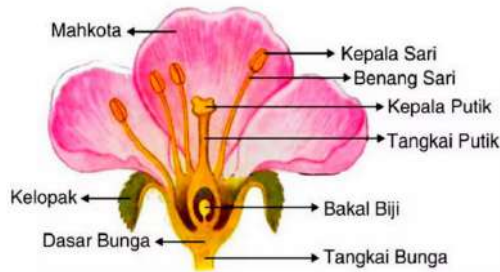


Gambar 7.1 Jenis Bunga Matahari (*Helianthus annuus* L.)
(Sumber : Dokumentasi penulis, 2023)

Bunga memiliki empat lingkaran daun yang mengalami modifikasi, yaitu kelopak bunga (*calyx*), mahkota bunga (*corolla*), benang sari (*stamen*), dan putik (*carpel*). Bagian-bagian bunga tersebut memiliki fungsi masing-masing, diantaranya ada bagian bunga yang berfungsi sebagai pelindung/ pembungkus bunga sebelum bunga mekar, sebagai membantu menarik serangga dalam proses penyerbukan, sebagai alat kelamin jantan dan sebagai alat kelamin betina.

7.2 Struktur Bunga

Struktur morfologi bunga memiliki beragam variasi tergantung dari jenis tumbuhan. Namun secara pola struktur perbungaan untuk berbagai jenis tumbuhan berbunga memiliki banyak kesamaan, yaitu kelopak bunga (*calyx*), mahkota bunga (*corolla*), *androecium* berupa benang sari, dan *gynoecium* berupa putik (Gambar 7.2).



Gambar 7.2 Struktur Bunga

(Sumber : Steenis, 2005)

1. Kelopak bunga (*Calyx*)

Kelopak bunga (*Calyx*) merupakan bagian bunga yang sebagian besar berwarna hijau terletak diluar dan merupakan hasil dari modifikasi dari daun.

2. Mahkota bunga (*Corolla*)

Mahkota bunga merupakan bagian bunga yang terletak didalam bunga setelah kelopak bunga. Mahkota bunga biasanya memiliki warna yang bervariasi sesuai dengan jenis tumbuhannya. Untuk beberapa jenis tumbuhan, kelopak bunga dan mahkota bunga ada yang memiliki warna dan bentuk yang hampir mirip sehingga sulit untuk dibedakan.

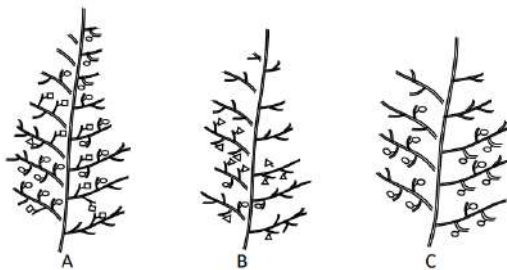
3. Benang sari

Benang sari merupakan salah satu bagian bunga yang terletak disebelah dalam dari mahkota bunga. Benang sari memiliki bagian-bagian seperti tangkai sari dan kepala sari. Benang sari merupakan tempat dihasilkannya serbuk sari (khususnya terletak di kepala sari). Dimana benang sari diperlukan dalam proses fertilisasi.

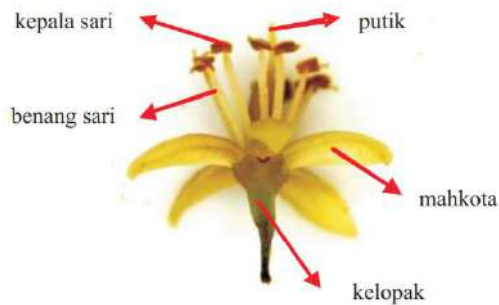
4. Putik

Putik adalah satu bagian bunga yang terletak di pusat bunga. Dimana terdalam putik terdapat 1 karpel bahkan lebih. Tiap karpel yang ada di putik memiliki ovarium/ bakal buah yang menghasilkan sel telur. Putik memiliki bagian-bagian seperti kepala putik, tangkai putik dan ovarium. Di dalam putik khususnya kepala putik dan tangkai putik akan mendukung terjadinya penyerbukan/ polinasi, dimana serbuk sari akan jatuh di atas kepala putik dan diteruskan oleh tangkai putik untuk membawa serbuk sari ke ovarium untuk dilanjutkan ke proses pembuahan (Tjitrosoepomo, 2007).

Untuk bagian-bagian bunga itu sendiri, apabila memiliki putik dan benang sari disebut dengan bunga hermafrodi. Namun jika memiliki salah satu nya misalnya putik saja atau benang sari saja dalam 1 bunga tersebut dinamakan bunga betina dan bunga jantan (Gambar 7.3).



Gambar 7.3 Komposisi bunga hermafrodit (a), bunga jantan (b), dan bunga betina (c)
(Sumber : Ajijah dkk., 2009)



Gambar 7.4 Struktur Bunga *Adenanthera pavonina*
(Sumber : Putri dkk., 2012)

Suatu bunga dikatakan bunga sempurna sekaligus bunga lengkap apabila memiliki kelopak bunga, mahkota bunga, putik dan benang sari. Jika suatu bunga hanya memiliki kelopak bunga saja beserta putik dan benang sari atau sebaliknya yaitu mahkota bunga saja beserta putik dan benang sari dapat dikatakan sebagai bunga tak lengkap.

Bunga yang sempurna, secara umum dapat dibagi menjadi bunga fertile dan bunga steril. Bagian bunga yang fertile merupakan bagian bunga yang memiliki peranan langsung didalam proses penyerbukan maupun fertilisasi/ pembuahan. Bagian bunga yang fertile tersebut adalah bagian bunga yang memiliki benang sari/ *stamen* dan putik/ *pistillum*. Sedangkan bagian bunga yang steril merupakan bagian bunga yang tidak terlibat langsung didalam proses penyerbukan maupun pembuahan/ fertilisasi. Bagian bunga yang steril merupakan bagian bunga yang memiliki kelopak bunga, mahkota bunga, bractea, reseptakel, maupun tangkai bunga (Steenis, 2005).

Selain bagian-bagian bunga yang disebutkan pada uraian diatas, ada beberapa bagian bunga lagi yang perlu diulas, yaitu :

1. Ibu Tangkai Bunga (*Pedunculus*)

Ibu tangkai bunga merupakan permulaan munculnya bunga, dimana cabang lanjutan dari ranting ataupun cabang suatu pohon.

2. Tangkai Bunga (*pedicellus*)

Tangkai bunga adalah bagian yang sering kita jumpai karena kerap dijasikan sebagai bagian yang dipetik selain bunga. Selain itu tangkai bunga memiliki fungsi sebagai penopang antara bunga beserta bagian-bagiannya dengan ibu tangkai bunga atau ranting pohon.

3. Dasar Bunga (*receptacle*)

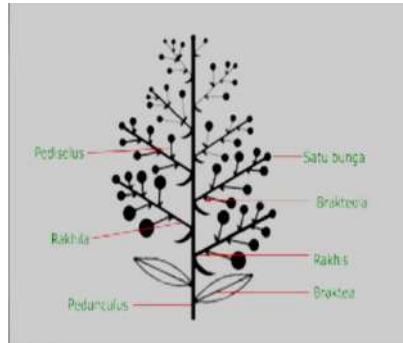
Dasar bunga merupakan bagian bunga yang terletak di ujung tangkai bunga. Biasanya dasar bunga ini memiliki fungsi sebagai penopang atau tempat melekatnya mahkota bunga (*corolla*).

4. Daun Tangkai Bunga (*brachteola*)

Daun tangkai bunga merupakan bagian bunga yang terletak di pangkal tangkai bunga, dimana memiliki fungsi sebagai daun pelindung.

5. Daun Pelindung (*bractea*)

Daun pelindung ini merupakan bagian berbeda dengan kelopak bunga. Daun pelindung ini merupakan daun terakhir sebagai tempat berkembang dan tumbuhnya bunga, khususnya di bagian ketiak daun (Gambar 6.5).



Gambar 7.5 Bagan letak bagian bunga

6. Daun Buah (*Carpella*)

Daun buah merupakan bagian fertile dari bunga berupa bakal biji. Di dalam daun buah ini terdapat sel telur dan tempat terjadinya fertilisasi.

7.3 Perkembangan Bunga

Perkembangan bunga tidak lepas adanya tahapan pembungaan. Pembungaan adalah runutan munculnya tunas bunga (kuncup bunga) hingga proses bunga menjadi layu. Proses bunga menjadi layu ditandai dengan perubahan warna mahkota bunga hingga gugurnya struktur bunga misalnya perhiasan bunga hingga benang sari maupun putiknya. Pada peristiwa tersebut dapat dikenal dengan proses anthesis.

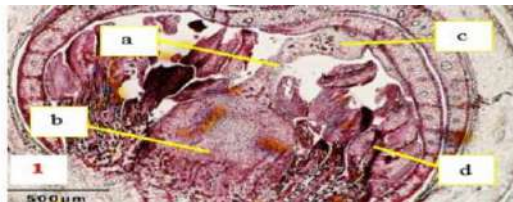
Tahapan pembungaan terutama jenis tumbuhan yang hidup di lingkungan tropis sangatlah kompleks. Hal ini disebabkan karena faktor iklim yang menyebabkan adanya pola pembungaan tersebut. Semakin sedikit variasi iklim yang ada, maka tumbuhan akan sensitif terhadap variasi kecil tersebut dan mempengaruhi perilaku reproduksi pada tumbuhan (Aminah dan Syamsuwida, 2010).

Perkembangan bunga didahului dengan adanya tunas bunga pada ketiak daun dimana tunas bunga muncul dengan bentuk awal berupa tonjolan yang berwarna hijau kecoklatan. Seiring waktu dari tonjolan tersebut akan berkembang memanjang hingga bagian ujung membentuk bulatan sehingga terlihat adanya bakal kuncup bunga muda (Gambar 7.6) (Hamim dkk., 2019).



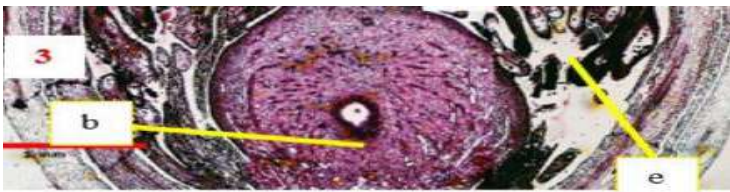
Gambar 7.6 Kuncup Bunga Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L)
(Sumber : Hamim dkk., 2019)

Kuncup bunga dapat dilihat pada bagian kelopak bunga maupun mahkota bunga masih menutupi bagian bunga yang ada di dalam, seperti putik dan benang sari. Secara anatomi juga dapat dilihat untuk sebagian besar tumbuhan bagian benang sari dan putik masih mengalami perkembangan lanjutan. Sama halnya dengan Nyamplung, kuncup bunga ditandai dengan belum matangnya serbuk sari pada kepala sari dan perkembangan bakal buah pada putik (Adinugraha dkk., 2012) (Gambar 7.7).



Gambar 7.7 Penampang membujur kuncup bunga muda Nyamplung
Keterangan : (a) tangkai putik, (b) bakal buah, (c) kepala putik, (d) kepala sari yang belum matang
(Sumber : Hamim dkk., 2019)

Secara anatomi bunga yang masih kuncup dapat dilihat bahwa kepala sari belum matang ditandai dengan sel-selnya masih bersifat meristematis. Sel yang bersifat meristematis merupakan sel-sel yang masih aktif mengalami pembelahan dan belum bisa dibedakan sel tersebut akan berdeferensiasi menjadi sel yang dewasa. Sel yang muda dapat diamati secara anatomi dengan bentuk sel satu dengan sel yang lainnya rapat. Berbeda dengan sel yang telah dewasa dapat diamati dengan bentuk sel yang lebih kecil dan mengalami penebalan (Hamim dkk., 2019).



Gambar 7.8 Penampang membujur kuncup bunga dewasa Nyamplung

Keterangan : (b) bakal buah, (e) kepala sari matang

(Sumber : Hamim dkk., 2019)

Secara anatomi, kepala sari yang sudah matang dapat dilihat dengan bagian sel paling luar dari kepala sari mengalami penebalan. Selain itu dapat juga dilihat adanya serbuk sari yang keluar dari kepala sari. Tidak hanya perkembangan kepala sari/serbuk sari, namun dapat dilihat juga adanya perkembangan bakal buah yang ditandai dengan terbentuknya sel telur maupun kandung lembaga yang nantinya mendukung proses fertilisasi (Gambar 7.8).



Gambar 7.9 Tahapan Perkembangan Bunga

Keterangan : (1) kuncup bunga yang sudah dewasa, (2) bagian ujung kelopak bunga yang sudah mulai membuka, (3) beberapa mahkota bunga sudah mulai membuka, (4) bunga mekar sempurna. (Sumber : Hamim dkk., 2019)

Runutan perkembangan bunga diawali dengan kuncup bunga yang terus tumbuh seiring perkembangan alat reproduksi didalam kepala sari dan putik. Serbuk sari yang telah matang ditandai dengan pecahnya kepala sari, sedangkan bakal buah yang menuju matang ditandai dengan terus berkembangnya kandung lembaga.

Pada Gambar 7.9 merupakan gambar runutan perkembangan bunga. Runutan perkembangan bunga dapat dilihat kelopak bunga berwarna putih dan adanya pertumbuhan pada tangkai kuncup sebagai tanda bahwa kuncup bunga sudah berkembang menjadi dewasa yang disertai dengan munculnya kepala putih dari ujung kuncup bunga. Peristiwa mekarnya bunga diawali dengan beberapa kelopak bunga beserta mahkota bunga mulai terbuka secara perlahan dan berkas serbuk sari yang

biasanya berwarna kuning sudah mulai terlihat. Berkas benang sari yang mulai terlihat juga diiringi dengan munculnya putik. Putik akan dikelilingi oleh susunan benang sari yang muncul diantara mahkota bunga. Proses pemekaran kuncup bunga dikenal dengan peristiwa *Anthesis*.

Proses anthesis ini menyebabkan beberapa hewan serangga seperti kupu-kupu, lebah maupun semut hinggap di atas bunga karena tertarik dengan warna bunga dan aroma bunga. Hinggapnya beberapa hewan jenis serangga ini menjadi salah satu upaya membantu bunga dalam proses penyerbukan/ polinasi. Hal ini disebabkan serangga yang hinggap untuk mengambil nektar, secara tidak langsung membawa serbuk sari dan membantu proses penyerbukan bunga apabila serangga tersebut hinggap lagi di bunga lainnya dengan jenis bunga yang sama (Ajjiah dkk., 2013).

Pada proses mekarnya bunga, ada beberapa peristiwa bahwa kuncup bunga yang dewasa tidak semua mengalami pemekaran/ anthesis. Sama halnya dengan buah yang masih muda dalam 1 tandan tidak semua akan berkembang menjadi buah matang. Keterlambatan perkembangan embrio dan endosperm menjadi salah satu penyebab pertumbuhan buah muda untuk menjadi matang menjadi terhambat bahkan mengalami keguguran. Hal ini disebabkan karena perkembangan sel tiap bunga dalam satu tandan tidak selalu sama dan dipengaruhi oleh beberapa faktor internal dan faktor eksternal.

Faktor internal yang mempengaruhi dapat terjadi karena faktor genetik maupun hormon pertumbuhan yang alami ada di dalam tumbuhan. Sedangkan faktor eksternal yang mempengaruhi adalah adanya ketersediaan unsur hara dari luar tumbuhan yang berperan penting dalam pertumbuhan, serta kondisi lingkungan seperti suhu, ketersediaan air, kelembaban maupun intensitas cahaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinugraha HA, Mahfudz WM, Ekowati S, Huda. 2012. Pertumbuhan dan perkembangan tunas bibit nyamplung hasil pembiakan dengan teknik sambungan. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan* 6:89-100.
- Ajijah, Nur., Wicaksono, I.N.A., Syafaruddin. 2013. Karakteristik Morfologi Bunga. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri : repository.pertanian.go.id.
- Aminah, Aam., Dida, Syamsuwida. 2010. Tahapan Perkembangan Pembentukan Bunga Dan Buah Suren (*Toona sureni* MERR). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. Vol 7, No 3 (2010) : tahapan Perkembangan Pembentukan Bunga Dan Buah Suren (*Toona sureni* MERR) | Aminah | *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* (forda-mof.org).
- Hamim., Z, Romadlon., Dorly, Dorly. 2019. Perkembangan Morfoanatomi Bunga, Buah, dan Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L), Sebagai Tanaman Penghasil Biodisel. *Jurnal Sumberdaya Hayati* Vol. 5 No. 1, Hal 1-10.
- Putri, K.P., A.A, Pramono. 2013. Perkembangan Bunga, Buah Dan Keberhasilan Reproduksi Jenis Saga (*Adenanthera pavonina* L.). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* Vol. 10 No. 3 September 2013, 147-154.
- Steenis CGGJ van. 2005. Flora untuk Sekolah di Indonesia. diterjemahkan oleh: Surjowinoto M. et al. Jakarta: Pradnya Paramita. Terjemahan dari: Flora.
- Tjitrosoepomo G. 2007. Morfologi Tumbuhan. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

BAB 8

STRUKTUR DAN PERKEMBANGAN BIJI, EMBRIO DAN KECAMBAH

Oleh Ryan Budi Setiawan

8.1 Pendahuluan

Definisi benih memiliki perbedaan pada setiap bidang ilmu dan sudut pandang peninjauannya. Pengertian benih di bidang agronomi adalah tahap awal dari siklus kehidupan sebagai bahan perbanyak tanaman. Benih mengandung embrio sebagai calon individu baru. Benih dapat dihasilkan secara (generatif) seksual maupun vegetatif (aseksual). Pembentukan benih secara generatif diawali dengan penyerbukan (polinasi) hingga pembuahan (fertilisasi). Sifat keturunan yang dihasilkan akan sama dengan induknya jika terjadi penyerbukan sendiri dari tetua memiliki genetik homozigot atau individu yang dihasilkan memiliki sifat rekombinasi pada penyerbukan silang atau jika kedua tetua memiliki genetik heterozigot.

Perbanyak benih secara vegetative dihasilkan tanpa fusi gamet namun melalui perkembangan sel telur (ovul) maupun sel di dalam ovarium seperti jaringan nuselus yang membentuk embrio nuselar pada tanaman jeruk. Sifat keturunan pada reproduksi vegetative ini identik dengan induknya.

Struktur, anatomi serta ukuran benih pada setiap spesies memiliki perbedaan. Berat benih dapat begitu ringan contohnya pada benih Anggrek (sekitar 0.003 mg) yang secara morfologi seperti debu hingga dapat mencapai berat lebih dari 1 kg misalnya pada benih kelapa.

Pada kebanyakan generatif perkembangan embrio dimulai dengan pembelahan sel secara transversal membentuk sel apical dan basal. sel basal membentuk suspensor untuk membantu perkembangan embrio dan mengalami degenerasi sebelum benih matang. Sel apikal berkembang menjadi embrio pada saat benih matang fisiologis (Widajati *et al.*, 2013).

Terdapat kemiripan pada awal fase pembentukan proembrio pada embrio monokotil dan dikotil. Embrio monokotil melalui empat fase yaitu globular, hati, scutellar dan coleoptilar, sedangkan pada dikotil yaitu globular, hati, terpedo dan kotiledon.

8.2 Stuktur dan Perkembangan Biji dan Embrio

Berdasarkan konsepsi Steinbauer-Sadjad perkembangan benih melalui 3 fase.

1. Histodiferensiasi : Fase ini dikenal juga dengan Fase pembentukan jaringan awal embrio. Diferensiasi zigot berkembang membentuk struktur embrio lengkap (kotiledon, radikel dan plumula). Bobot benih akan meningkat karena kadar air yg meningkat dan diakhir fase benih akan matang morfologi.
2. Fase akumulasi cadangan makanan : Berat kering akan meningkat karena suplay asimilat, terjadi pembelahan sel, pembesaran sel dan kadar air benih akan menurun. Penurunan kadar air benih akan melambat sejalan berat kering benih maksimum.
3. Fase pemasakan : Tranfer asimilat akan terhenti ditandai mengeringnya jaringan penghubung induk betina dan embrio. Benih telah matang secara morfologis dan fisiologis, vigor serta viabilitas maksimum.

8.2.1 Fungsi Struktur Benih

1. Kulit benih

Kulit benih berasal dari integumen yang mengelilingi ovul. Menurut Radchuk dan Borisjuk (2014) kulit benih berfungsi untuk :

1. Melindungi benih

Kutikula pada kulit benih dapat melindungi benih dari kerusakan akibat lingkungan eksternal. Kulit benih mencegah infeksi mikroba yang merusak embrio dan endosperm benih. Kerusakan kutikula akan meningkatkan infeksi patogen. Senyawa kimia seperti flavonoid, terpenoid dan glikosida sianogenik juga menjadi pelindung tambahan pada kulit benih.

2. Kulit benih sebagai gerbang tranfer fotosintat

Tranfer fotosintat dimediasi oleh kulit benih sebagai gerbang/lapisan awal dari struktur benih. Perkembangan benih membutuhkan akumulasi fotosintat untuk disuplai ke endosperm dan embrio.

3. Menjaga daya hidup benih

Kulit benih dapat menjaga kehilangan air dan memberikan perlindungan terhadap kerusakan mekanis pada benih. Dinding sel yang mengandung lignin, selulosa, dan terkadang silika efektif dalam memberikan perlindungan terhadap serangan jamur, serangga, dan herbivora. Akumulasi sklerenkim dilaporkan meningkatkan kekuatan mekanik kulit benih.

4. Mengontrol ukuran benih

Kulit benih berperan dalam menjaga ukuran benih tetap stabil sehingga sesuai dengan ukuran normalnya

5. Kulit benih dapat berfotosintesis

Laporan penelitian menunjukkan aktivitas fotosintesis terjadi pada kulit benih saat fase

pembentukan dan perkembangan benih. Pada tanaman barley misalnya, saat terpapar cahaya matahari kloroplastida pada kulit benih akan menghasilkan ATP dan NADPH sebagai energi untuk fotosintesis. Akumulasi asimilat tidak hanya mengandalkan sumber (source) dari bagian vegetatif tanaman (daun) tapi juga dapat disuplai dari aktivitas fotosintesis dari kulit benih.

6. Mekanisme dormasi pada benih

Kulit benih mensintesis ABA yang menghambat proses perkecambahan. Kulit benih yang tebal dengan struktur keras menghambat imbibisi air dan udara sehingga memicu dormasi.

2. Cadangan Makanan (Endosperm dan Kotiledon)

Cadangan makanan adalah jaringan penyimpanan nutrisi yang diserap oleh embrio selama proses pembentukan dan perkecambahan biji. Tanaman dikotil mempunyai embrio yang berukuran cukup besar dan seluruh endosperm akan habis untuk perkembangan embrio. Kotiledon yang merupakan bagian embrio akan menjadi cadangan makanan selanjutnya. Umumnya benih tanaman dikotil saat matang hanya memiliki dua bagian yaitu 1) embrio (plumula, kotiledon dan radikula), 2) kulit benih. Benih tanaman monokotil seperti padi, jagung, sorgum, dan gandum memiliki endosperm sebagai cadangan makanan dan merupakan bagian terbesar dari struktur benih.

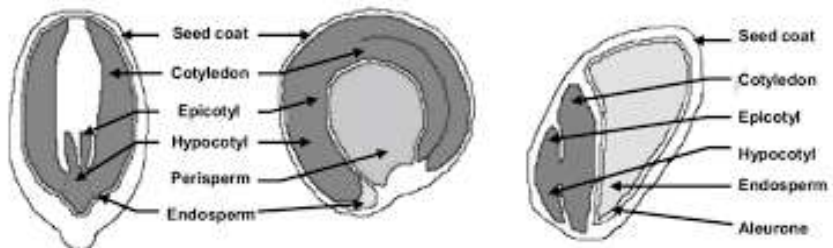
Berdasarkan proses pembentukan, struktur dan asal usul jaringan, terdapat perbedaan cadangan makanan pada dikotil dan monokotil. Kotiledon pada dikotil merupakan bagian utuh yang menyatu dengan embrio, sehingga sifat/ploidinya sama dengan embrio. Sedangkan endosperm pada monokotil terbentuk dari fusi antara sperma dan inti

polar sehingga bukan merupakan bagian dari embrio (Widajati *et al.*, 2013)

3. Embrio

Embrio adalah fase akhir dari perkembangan zigot pada perbanyakan generatif dan perkembangan ovul atau sel lain di untuk perbanyakan vegetatif (Black *et al.*, 2006). Pada embrio terdapat radikula, epikotil, hipokotil dan plumula. Hipokotil merupakan bagian antara leher akar dengan daun kotiledon, sedangkan epikotil merupakan bagian antara daun kotiledon dan daun pertama saat benih berkecambah, radikula merupakan bakal akar dimana terdapat meristem akar, sedangkan plumula adalah bakal tunas.

Pada benih monokotil terdapatn scutellum (kotiledon tunggal) yang terletak berbatasan dengan endosperm dan embrio. Lapisan scutellum mampu mengeluarkan enzim seperti protease, amilase, dan lipase yang mengurai protein, karbohidrat dan lemak.



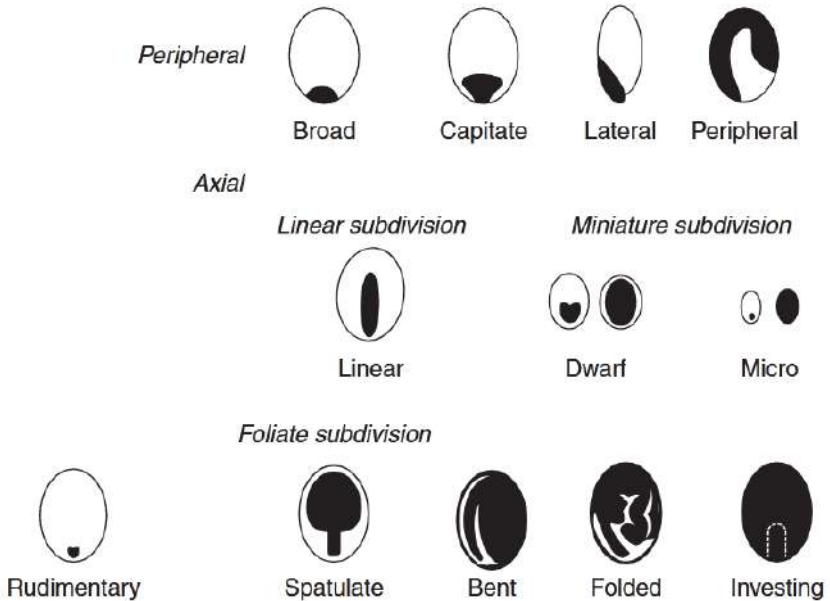
Gambar 8.1. Struktur benih dikotil dan monokotil

(https://www.researchgate.net/figure/Schematic-structure-of-dicot-and-monocot-seeds_fig1_294470488/download)

8.2.2 Pengelompokan Tipe Benih

- 1) Berdasarkan keberadaan endosperm
 - a) exalbuminus : tidak terdapat cadangan makanan pada benih, yang ada hanya kotiledon

- b) Albuminus : terdapat endosperm yang besar dengan embrio kecil.
- 2) Berdasarkan perbandingan ukuran embrio dan endosperm.
 - a) Kecil : embrio berukuran kurang dari seperempat endosperm.
 - b) Seperempat: embrio berukuran sekitar seperempat endosperm.
 - c) Setengah : embrio berukuran sekitar setengah endosperm.
 - d) Dominan : embrio berukuran lebih dari tiga perempat endosperm.
 - e) Total : embrio yang mengisi keseluruhan benih (tidak punya endosperm)
- 3) Berdasarkan ukuran, posisi dan bentuk embrio, benih dikelompokkan menjadi
 - a) Basal : embrio terdapat pada bagian basal kantong embrio. Terdapat variasi pada ukuran dan bentuk embrio yaitu rudimenter, melebar, kapitata atau lateral.
 - b) Periferal : embrio berada di pinggir.
 - c) Axilar : embrio pada bagian tengah yang bentuknya bisa berupa linear, miniatur dan foliata (spatula, bengkok, melipat, terbenam)



Gambar 8.2. Struktur internal benih (Black *et al.*, 2006).

8.2.3 Cadangan Makanan

Secara umum terdapat 3 senyawa kimia utama yang menyusun cadangan makanan yaitu karbohidrat, protein dan lemak.

1. Karbohidrat

- Karbohidrat berupa disakarida maupun polisakarida. Pada benih dikotil karbohidrat disimpan pada kotiledon, sedangkan pada monokotil karbohidrat secara keseluruhan disimpan pada endosperm.
- Sumber karbohidrat lain seperti hemiselulosa (pentosan dan hexosan). Karbohidrat berfungsi sebagai sumber energi untuk proses pembelahan dan modifikasi sel, perkecambahan dan pembentukan dinding sel (Kamil, 1982).

2. Protein

- a) Protein sangat esensial pada sintesis protoplasma di jaringan meristem. Tanaman legum biasanya memiliki jumlah protein lebih tinggi di cadangan makanannya dibandingkan famili lain (Akande *et al.*, 2010)
- b) Protei akan dilisis oleh enzim protease menjadi senyawa sederhana berupa asam amino pada proses perkecambahan benih.

3. Lemak

- a) Di dalam embrio tersimpan lebih banyak lemak daripada endosperm.
- b) Benih dengan lemak yang tinggi tidak dapat disimpan lama terutama jika mengandung asam lemak tidak jenuh.
- c) Lemak digunakan sebagai sumber energi dan akan katalis oleh enzim lipase menjadi asam lemak dan gliserol saat proses perkecambahan benih (Weiss, 2000)

8.2.4 Benih Ortodok dan Rekalsitran

Benih ortodok adalah benih yang bisa dikeringkan pada kadar air yang relatif rendah (sekitar 0.05 g H₂O / g berat segar benih). Benih ortodok dapat dikeringkan dan toleran disimpan pada suhu rendah dalam waktu yang relatif lama. Contoh benih : padi, barley, kedelai, kacang tanah, kacang hijau, buncis, kacang panjang, bayam, okra, kelor, jagung,, sorgum, gandum, jambu biji, cabai, tomat, terung, akasia.

Benih rekalsitran tidak bisa dikeringkan di bawah kadar air kritisnya (0.3 g H₂O/ g) berat segar benih. Tidak dapat disimpan pada suhu rendah dan kehilangan viabilitasnya saat desikasi. Contoh benih: rambutan, , alpukat, kelapa, jambu air, jambu bol, menteng, duku, langsung, durian, nangka, kakao, jeruk, mangga, jamblang, manggis, eboni, kemiri.

Tabel 8.1. Perbedaan benih ortodok dan rekalsitran

No.	Karakter	Rekalsitran	Ortodok
1	Kadar air benih	Tinggi	Rendah
2	Ukuran benih	Umumnya besar	Umumnya kecil
3.	Metode penyimpanan	Kondisi gas (CO ₂ dan O ₂) minimal	Suhu rendah
4.	Daya simpan	Singkat	Lama
5.	Ketahanan terhadap patogen	Rentan	Tahan
6.	Desikasi	Peka	Tahan

8.3 Stuktur dan Perkembangan Biji dan Embrio Kecambah

Pada proses perkecambahan benih terjadi suatu rangkaian perubahan morfologi, fisiologi dan biokimia yang diikuti proses pertumbuhan embrio dan komponen lainnya untuk dapat menghasilkan tumbuhan baru. Biasanya radicle keluar dari kulit biji lalu tumbuh ke bawah membentuk sistem akar. Plumula tumbuh ke atas dan membentuk tajuk.

Perkecambahan meliputi beberapa tahapan, antara lain proses penyerapan air masuk ke dalam biji (imbibisi), sekresi hormon dan enzim, hidrolisis cadangan makanan, pengiriman bahan makanan terlarut dan hormon ke daerah titik tumbuh atau daerah lainnya serta asimilasi atau fotosintesis.

7.3.1 Proses Perkecambahan

Proses perkecambahan secara fisiologis berlangsung dalam beberapa tahapan Penting yang meliputi:

1. Absorpsi air: Penyerapan air (imbibisi) merupakan fase awal dalam perkecambahan biji. Biji yang mengalami imbibisi akan membengkak dan menyebabkan kulit biji pecah sehingga radikula tumbuh dan membentuk akar.
2. Aktivasi Hormon dan enzim perkecambahan : setelah terjadi proses imbibisi maka metabolisme respirasi pada mitokondria akan meningkat. Selanjutnya akan terjadi aktivasi hormone GA3 (Gibereline) yang menstimulir tersintesisnya enzim-enzim yang berperan pada proses penguraian cadangan makanan seperti, amylase, protease, dan lipase.
3. Penguraian makromolekul: Pada proses ini terjadi penguraian makromolekul seperti karbohidrat, protein dan lemak, menjadi senyawa mikromolekul yang larut dalam air dan dapat diangkut melalui membran dan dinding sel.
4. Asimilasi nutrisi: Mikromolekul kemudian akan ditranfer ke bagian meristematik sebagai energi untuk pembentukan sel-sel baru.
5. Perkecambahan: Fase ini dimulai ketika radikel menembus kulit benih. Pertumbuhan dan perkecambahan melalui proses pembelahan, diferensiasi sel pada titik tumbuh baik radikle maupun plumula.

8.3.2 Tipe Perkecambahan

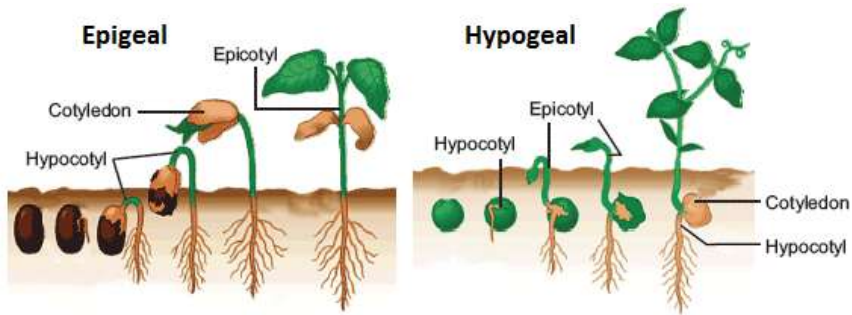
Berdasarkan letak cotyledon atau scutellum terhadap permukaan tanah, maka tipe perkecambahan dapat dibedakan menjadi dua yaitu Epigeal dan Hipogeal.

1. Perkecambahan Epigeal

Perkecambahan epigeal menghasilkan kecambah dengan kotiledon terangkat ke atas permukaan tanah. Setelah radikle menembus kulit benih (*seed coat*) akan terjadi pembentukan akar lateral dan diikuti dengan memanjangnya hipokotil menembus permukaan tanah. Bagian pertama kali yang muncul dan terlihat diatas permukaan tanah bukanlah kotilenon melainkan hipokotil (bengkakan hipokotil). Selanjutnya kotiledon akan diangkat oleh hipokotil ke permukaan tanah. Kotiledon diketahui menjadi pelindung bagi titik tumbuh dari gesekan dengan tanah. Contoh benih dengan perkecambahan epigeal adalah kacang tanah, kedelai, kacang hijau, semangka, melon, timun dan bawang.

2. Perkecambahan Hipogeal

Perkecambahan hipogeal adalah perkecambahan dengan kotiledon tetap berada di bawah permukaan tanah. Plumula dan radikel akan menembus kulit benih. Radikel menuju ke bawah dilindungi oleh koleoriza, dan plumula menuju ke atas dilindungi oleh koleoptil. Koleoptil akan membuka setelah menembus permukaan tanah sehingga plumula terbebas dari lindungan koleoptil dan terus tumbuh. Radikel akan tumbuh membentuk akar lateral dan bersama dengan akan primer akan membentuk sistem akar primer (*primary root system*). Beberapa contoh benih dengan tipe perkecambahan hipogeal adalah padi, jagung, sorgum, mangga, rambutan, jeruk, dan alpukat.



Gambar 8.3. Tipe perkecambahan epigeal dan hypogeal (<https://www.plantscience4u.com/2014/08/types-of-seed-germination-epigeal-and.html>)

DAFTAR PUSTAKA

- Akande, K.E., Doma, U.D., Agu, H.O & Adamu, H.M. 2010. Major Antinutrients Found in Plant Protein Sources: Their Effect on Nutrition. *Pakistan Journal of Nutrition* 9: 827–832.
- Black, M., Bewley, J.D. and Halmer, P. 2006. The Encyclopedia of Seeds. Science, Technology and Uses. CAB International, Wallingford, UK.
- Kamil, J. 1982. Teknologi Benih. Angkasa Bandung 226 Hal.
- Radchuk V & Borisjuk, L. 2014. Physical, Metabolic And Developmental Functions Of The Seed Coat. *Front. Plant Sci.* 4, 1-17.
- Roberts E.H. 1973. Predicting The Viability Of Seeds". *Seed Science and Technology* 1: 499–514.
- Weiss, E.A. 2000. Oil Crops, 2nd edn". Blackwell Science, Oxford.
- Widajati, E., Murniati, E., Palupi, E. R., Kartika, Suhartanto, M. R., Qodir, A. 2012. Dasar-Dasar Ilmu dan Teknologi Benih. IPB Press. 168 Hal.

BIODATA PENULIS



Almira Ulimaz, S.Si., M.Pd.

Dosen Program Studi Diploma III Agroindustri, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut

Penulis lahir di Banjarmasin, tanggal 25 Februari 1988. Penulis adalah dosen tetap di Program Studi Diploma III Agroindustri, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut. Penulis menyelesaikan Pendidikan S1 pada Program Studi Biologi FMIPA Universitas Lambung Mangkurat pada tahun 2010. Kemudian menyelesaikan pendidikan S2 pada Magister Pendidikan Biologi Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat (ULM) pada tahun 2013.

Penulis mulai bekerja pada 2013 sebagai guru Biologi di Bimbingan Belajar Primagama dan menjadi dosen program studi S1 Pendidikan Biologi di STKIP PGRI Banjarmasin sampai dengan tahun 2019. Pada 2014–2015, penulis menjadi guru honorer di SMA Islam Sabilal Muhtadin Banjarmasin sebagai guru Biologi. Kemudian pada 2017–2018 menjadi dosen luar biasa pada Program Studi Diploma III Budidaya Tanaman Perkebunan Politeknik Hasnur. Selanjutnya pada November 2019 penulis menjadi dosen tetap pada Program Program Studi Diploma III Agroindustri, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut hingga saat ini.

BIODATA PENULIS



Lisa Dwifani Indarwati, S.P., M.Sc.

Dosen Program Studi Budi Daya Tanaman Hortikultura
Politeknik Pertanian dan Peternakan Mapena

Penulis lahir di Gresik, Jawa Timur pada tanggal 17 November 1994. Penulis merupakan dosen tetap pada Program Studi Budi Daya Tanaman Hortikultura Politeknik Pertanian dan Peternakan Mapena mulai tahun 2022 hingga sekarang, serta sebagai Kepala Laboratorium Terpadu Politeknik Pertanian dan Peternakan Mapena. Lulus S1 pada Program Studi Agroekoteknologi Jurusan Budi Daya pertanian Universitas Brawijaya tahun 2017, serta S2 pada Jurusan Agronomi Universitas Gadjah Mada tahun 2020. Penulis menekuni bidang tanaman hortikultura dan fisiologi tumbuhan.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: lisadwifany@gmail.com

BIODATA PENULIS

Indah Sriwahyuni, B.Sc., M.P.

Dosen Program Studi Agroekoteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman

Penulis lahir di Samarinda tanggal 14 Juni 1993. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Teknologi Pangan Universiti Putra Malaysia dan selanjutnya menyelesaikan studi S2 pada Jurusan Agronomi Magister Pertanian Tropika Basah Universitas Mulawarman. Penulis pernah mengajar sebagai dosen tetap program studi Teknologi Industri Pertanian di Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Timur Program Studi Teknologi Industri Pertanian pada 2019-2021.

BIODATA PENULIS



Dr. Dewi Ratih Tirto Sari, S.Si., M.Si

Dosen Program Studi Farmasi
Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Ibrahimy

Penulis lahir di Kabupaten Blitar pada 27 April 1994. Bidang yang digeluti yaitu Biologi, utamanya dalam bidang Genetika, Nutrigenomik, Biokimia, dan Bioinformatika. Dr. Dewi menempuh S1 di bidang Biologi dengan kajian genetika pada tahun 2012 dan lulus tahun 2016. Selanjutnya menempuh studi S2-S3 melalui program menuju doktor sarjana unggul (PMDSU) di Tahun 2017 dan lulus pada tahun 2021. Saat ini aktif mengajar pada program studi S1 Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Ibrahimy dan ketua kelompok riset Biologi Farmasi – Universitas Ibrahimy. Selain itu, aktif pada organisasi ilmiah seperti Pusat studi Smonagenes – Universitas Brawijaya, Indonesia Nutrigenomik Nutrigenetic Society (INNS), Korean Endocrinology Society (KES), Perkumpulan Perhimpunan Dosen Indonesia (PPDI). Keaktifan dalam bidang keilmuan dituangkan dalam 74 hasil karya publikasi pada jurnal internasional dan jurnal nasional, serta 7 buku ber ISBN.

BIODATA PENULIS



Hida Arliani Nur Anisa, M.Si.

Dosen Program Studi Biologi
Jurusan Sains Institut Teknologi Sumatera

Hida Arliani Nur Anisa yang akrab disapa Hida, lahir di Bandung pada 25 Desember 1987. Penulis menyelesaikan profram Sarjana dan Magister di Institut Teknologi Bandung dan saat ini sedang merampungkan program Doktor Biologi di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Saat ini beraktivitas sebagai salah satu dosen Jurusan Sains di Institut Teknologi Sumatera (ITERA) Lampung. Bidang keilmuan yang ditekuni diantaranya bioteknologi tanaman, fisiologi tumbuhan, genetika molekuler, metabolit sekunder tanaman, dan teknologi mikroenkapsulasi ekstrak tanaman.

BIODATA PENULIS



Ashari Bagus Setiawan, S.Pd., M.Si.

Cambridge Biology Teacher for Secondary School
SMA AL-WILDAN 4 ISLAMIC SCHOOL JAKARTA

Penulis lahir di Surabaya tanggal 17 Agustus 1992. Penulis merupakan pengajar tetap Biologi pada Program Cambridge International Curriculum SMA AL-WILDAN 4 ISLAMIC SCHOOL JAKARTA. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Biologi, prodi Pendidikan Biologi di Universitas Negeri Surabaya dan melanjutkan S2 pada Jurusan Biologi pada program studi Biologi Tumbuhan dengan minat Sistematika di IPB University. Buku ini merupakan karya kedua dari penulis.

Kepakaran penulis di bidang Sistematika Tumbuhan telah dibuktikan dengan beberapa karya penelitian seperti Ciri Anatomi *Eleocharis* (*Cyperaceae*) asal Pulau Madura. Setelah lulus, penulis fokus pada kawasan Madura sebagai wilayah penelitiannya. Beberapa penelitian diversitas tumbuhan asal Pulau Madura telah diungkapkan meliputi catatan distribusi serta rekaman baru. Penulis dapat dihubungi melalui surel berikut: asharibagussetiawan@gmail.com.

BIODATA PENULIS

Ni Putu Yuni Astriani Dewi, S.Si., M.Si.

Dosen Program Studi Pendidikan Biologi
Fakultas Ilmu pendidikan Universitas Timor

Penulis lahir di Denpasar tanggal 20 Juni 1990. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Timor. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Biologi dan melanjutkan S2 pada Jurusan Biologi di Universitas Udayana. Penulis menekuni bidang Biodiversitas Tumbuhan.

Pernah memperoleh hibah penelitian dan pengabdian masyarakat secara intern di Universitas Timor dan aktif menulis artikel ilmiah di beberapa jurnal nasional. Penulis juga sudah menerbitkan buku saku sebagai bahan perkuliahan di Fakultas Ilmu pendidikan Universitas Timor yang berjudul "*Buku Saku Mengenal Anggrek di Hutan Desa Saenam, Nusa Tenggara Timur*".

BIODATA PENULIS



Ryan Budi Setiawan SP, M.Si

Dosen Program Studi Agroteknologi Departemen Agronomi
Fakultas Pertanian Universitas Andalas

Penulis lahir di Wonogiri, pada 4 Februari 1990, tercatat sebagai lulusan Universitas Andalas (S1) dan Institut Pertanian Bogor (S2). Pria yang kerap disapa Ryan ini adalah anak dari pasangan Nardi (ayah) dan Karti (ibu). Saat ini penulis berprofesi sebagai Dosen Program Studi Agroteknologi Departemen Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Penulis mendalami bidang pemuliaan dan bioteknologi tanaman terutama berkaitan dengan pemuliaan invitro dan konservasi.