

Buku Ajar



BOTANI **FORMASI**

Tim Penulis :

Desy Muliana Wenas, M.Si

Nurul Inayah Iskandar, S.Apt., M.M., M.K.M

Vilya Syafriana, M.Si

BUKU AJAR BOTANI FARMASI

Tim Penulis :

Desy Muliana Wenas, M.Si
Nurul Inayah Iskandar, S.Apt., M.M., M.K.M
Vilya Syafriana, M.Si

Penerbit

SONPEDIA.COM
PT. Sonpedia Publishing Indonesia

**BUKU AJAR
BOTANI FARMASI**

Tim Penulis :

Desy Muliana Wenas, M.Si

Nurul Inayah Iskandar, S.Apt., M.M., M.K.M

Vilya Syafriana, M.Si

ISBN : 978-623-514-022-3 (PDF)

Editor :

Efitra

Penyunting :

Nur Safitri

Desain sampul dan Tata Letak :

Yayan Agusdi

Penerbit :

PT. Sonpedia Publishing Indonesia

Redaksi :

Jl. Kenali Jaya No 166 Kota Jambi 36129 Telp. +6282177858344

Email : sonpediapublishing@gmail.com

Website : www.buku.sonpedia.com

Anggota IKAPI : 006/JBI/2023

Cetakan Pertama, Juli 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara Apapun tanpa ijin dari penerbit

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku ini dengan baik. Buku ini berjudul "**BUKU AJAR BOTANI FARMASI**". Tidak lupa kami ucapkan terima kasih bagi semua pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penerbitan buku ini.

Buku Ajar ini disusun sebagai buku panduan komprehensif yang menjelajahi kompleksitas dan mendalamnya tentang ilmu botani formasi. Buku ini dapat digunakan oleh pendidik dalam melaksanakan kegiatan pembelajaran di bidang ilmu botani formasi dan diberbagai bidang Ilmu terkait lainnya. Buku ini juga dapat digunakan sebagai panduan dan referensi mengajar mata kuliah botani formasi dan menyesuaikan dengan rencana pembelajaran semester tingkat perguruan tinggi masing-masing.

Secara garis besar, buku ajar ini pembahasannya mulai dari pengantar dan ruang lingkup botani farmasi, terminologi karakter morfologi tumbuhan, struktur bagian dalam sel tumbuhan. Buku ini disusun secara sistematis dengan penjelasan yang jelas, contoh soal, dan latihan untuk memperkuat pemahaman. Buku ini merupakan pegangan yang ideal bagi mahasiswa dan pendidik untuk menguasai ilmu teori pembelajaran dengan baik.

Buku ini mungkin masih terdapat kekurangan dan kelemahan. Oleh karena itu, saran dan kritik para pemerhati sungguh penulis harapkan. Semoga buku ini memberikan manfaat dan menambah khasanah ilmu pengetahuan dalam pembelajaran.

Depok, Juni 2024

Tim Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
KEGIATAN BELAJAR 1 PENGANTAR DAN RUANG LINGKUP BOTANI FARMASI.....	1
DESKRIPSI, KOMPETENSI DAN PETA KONSEP PEMBELAJARAN	
A. PENGERTIAN BOTANI FARMASI.....	3
B. SEL TUMBUHAN.....	4
C. JARINGAN	11
D. METABOLISME.....	11
E. FOTOSINTESIS.....	13
F. SENYAWA FITOKIMIA	19
G. RANGKUMAN	24
H. TES FORMATIF	26
I. LATIHAN.....	27
KEGIATAN BELAJAR 2 TERMINOLOGI KARAKTER MORFOLOGI TUMBUHAN.....	28
DESKRIPSI, KOMPETENSI DAN PETA KONSEP PEMBELAJARAN	
A. DEFINISI MORFOLOGI TUMBUHAN	29
B. RANGKUMAN	46
C. TES FORMATIF	47
D. LATIHAN.....	50
KEGIATAN BELAJAR 3 STRUKTUR BAGIAN DALAM SEL TUMBUHAN.....	52
DESKRIPSI, KOMPETENSI DAN PETA KONSEP PEMBELAJARAN	
A. PENDAHULUAN: SEJARAH PENEMUAN SEL.....	53
B. STRUKTUR SEL TUMBUHAN	54

C. PERBEDAAN SEL TUMBUHAN DENGAN ORGANISME LAIN	73
D. RANGKUMAN	75
E. TES FORMATIF	75
F. LATIHAN.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....	78
TENTANG PENULIS	82

KEGIATAN BELAJAR 1

PENGANTAR DAN RUANG LINGKUP BOTANI FARMASI

DESKRIPSI PEMBELAJARAN

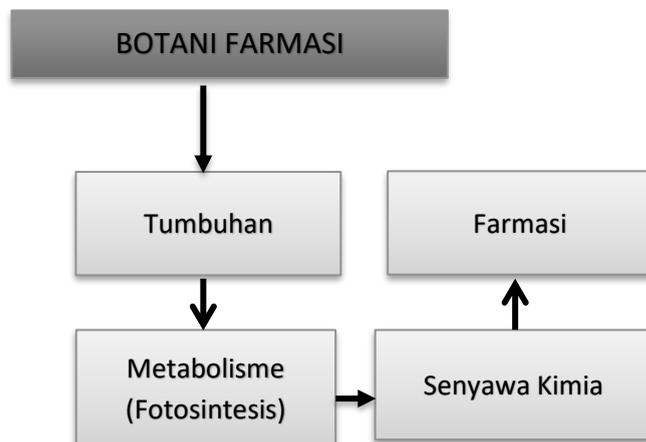
Pada bab ini mahasiswa mempelajari pengenalan dan konsep dasar teoritis botani farmasi. Diharapkan mahasiswa memiliki wawasan dan pemahaman untuk modal dasar mempelajari botani farmasi lebih lanjut.

KOMPETENSI PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti perkuliahan ini diharapkan mahasiswa dan mahasiswi memiliki pengetahuan dan kemampuan :

1. Mampu menguraikan definisi pemrograman dan bahasa pemrograman.
2. Mampu menjelaskan fungsi dan manfaat bahasa pemrograman
3. Mampu menjelaskan tingkatan, struktur, jenis-jenis bahasa pemrograman.

PETA KONSEP PEMBELAJARAN



Pengobatan modern saat ini sebagian besar berasal dari tumbuhan. Pada awalnya manusia purbakala menggunakan sumber daya alam yang berada di sekitar mereka untuk membantu meringankan rasa sakit penyakit yang dideritanya. Setelah dirasakan adanya manfaat, manusia mulai mengingat khasiatnya. Manusia terus mempelajari tumbuhan lain serta mencoba cara lain dalam yang dapat memberikan pemulihan maupun manfaat kesehatan. dan memberitahu informasi khasiat empiris tersebut kepada keturunan-keturunannya.

Seekor orangutan jantan di Suaq Balimbing (Taman Nasional Leuser Aceh) diketahui memanfaatkan tumbuhan untuk mengobati luka di bawah mata kanannya pada Juni 2022. Luka yang didapatinya setelah berkelahi dengan pejantan lain. Rakus, nama orangutan, mengunyah daun akar kuning (*Fibraurea tinctoria*), lalu berulang kali mengambil cairan hasil kunyahan (sari daun) itu dari mulutnya dan mengoles di atas lukanya.

Rakus melakukannya berulang kali, selama tujuh menit. Sampai akhirnya, dia bahkan menaruh lebih banyak kunyahan daun di atas lukanya, menutup luka tersebut. Itu terlihat seperti plester luka berwarna hijau. Luka itu pun sembuh dengan sangat cepat. Dalam waktu empat hari, luka itu sudah tertutup. Itu terjadi tanpa ada tanda-tanda infeksi luka.

Fibraurea tinctoria atau akar kuning merupakan tumbuhan. Yang digunakan dalam pengobatan etnobotani dan penyembuh yang sangat manjur. Kegunaannya antara lain antiinflamasi, antibakteri, antivirus, antijamur, juga membantu melawan rasa sakit dan menurunkan demam. Jadi, semua itu mungkin telah membantu Rakus dalam proses penyembuhannya yang cepat. Pengamatan ini adalah yang pertama kalinya satwa liar diamati mengoleskan daun penyembuh di atas luka. Penemuan tersebut dilakukan oleh Dr. Isabelle Laumer dalam tim peneliti orangutan kerjasama riset jangka panjang antara Max Planck Institute of Animal Behaviour,

dengan Prodi Biologi Fakultas Biologi dan Pertanian Universitas Nasional. Untuk mendapatkan pengetahuan khasiat suatu tanaman, kita perlu memahami, membedakan serta mengidentifikasi suatu tumbuhan. Dengan demikian, kita perlu mempelajari botani farmasi.

A. PENGERTIAN BOTANI FARMASI

Botani farmasi merupakan ilmu yang mempelajari tumbuhan yang terkait dengan ilmu farmasi. Tumbuhan diketahui memiliki banyak manfaat dalam pemeliharaan kesehatan. Agar dapat mengerti manfaat farmasi, perlu pelajari struktur dan fisiologis dari tumbuhan.

Secara umum, botani farmasi dikelompokkan menjadi 2 bagian utama, yaitu morfologi dan anatomi tumbuhan. Morfologi botani farmasi lebih menekankan bagian tumbuhan yang dapat diamati dari luar tumbuhan secara langsung, seperti daun, batang, akar, bunga, serta buah. Anatomi botani farmasi memfokuskan bagian-bagian tumbuhan yang diamati dengan bantuan mikroskop, seperti organel sel, sel serta jaringan tumbuhan.

Tumbuhan secara umum merupakan organisme autotrofik yang mampu memanfaatkan radiasi matahari untuk memecah molekul air (H_2O) dan mereduksi senyawa karbon dioksida (CO_2) yang akhirnya dapat disimpan sebagai polisakarida tidak larut (pati / *starch*) atau digunakan langsung dalam sintesis senyawa lain. Glukosa merupakan substrat utama untuk respirasi. Respirasi adalah proses pemecahan karbohidrat menjadi energi berbentuk ATP (energi tinggi ikatan fosfat) dengan oksigen (O_2) sebagai akseptor elektron terakhir. Energi yang diperoleh dari proses respirasi digunakan dalam proses metabolisme terutama anabolisme.

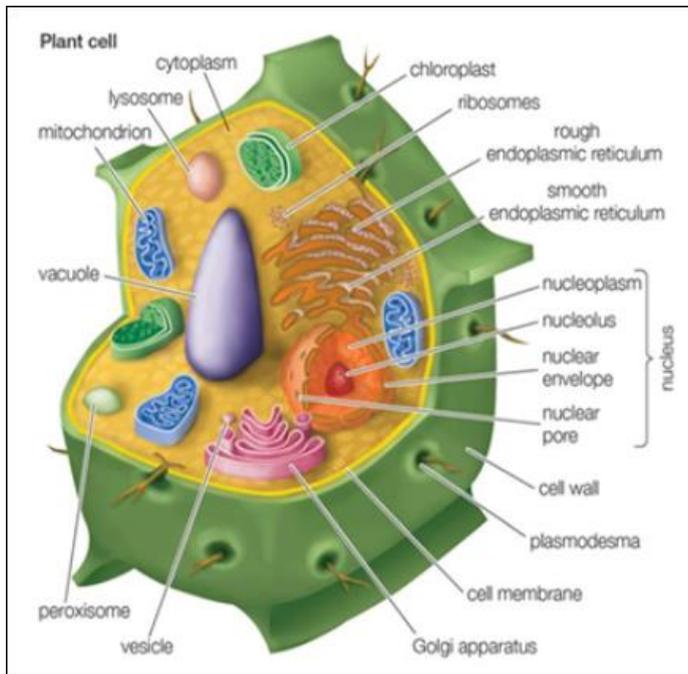
B. SEL TUMBUHAN

Anatomi struktur sel tumbuhan dapat dipelajari dengan menggunakan mikroskop. Mikroskop dimanfaatkan untuk menganalisis materi tumbuhan terkait medis. Simplisia diiris cukup tipis dan kecil agar cahaya dapat melewatinya dan pengamatan di bawah mikroskop dapat dilakukan.

Dua jenis sel secara umum yaitu sel prokariotik dan sel eukariotik. Sel Tumbuhan termasuk sel eukariotik. Sel eukariotik mengandung inti sel yang dilengkapi membran inti dan sejumlah organel membran. Yang termasuk sel eukariotik lainnya, yaitu hewan, fungi dan protista.

Sel tumbuhan dilengkapi dengan organel membran seperti retikulum endoplasma, ribosom, mitokondria, badan golgi. Organel yang hanya ditemukan pada sel tumbuhan dan tidak pada hewan yaitu dinding sel, plastid dan vakuola. Perangkat-perangkat sel tersebut dapat mendukung tumbuhan dalam proses metabolisme serta fotosintesis.

Ciri unik lainnya dari sel tumbuhan adalah adanya totipoten, istilah yang berarti bahwa satu sel tumbuhan vegetatif mempunyai kapasitas untuk memunculkan seluruh tumbuhan. Komponen sistem tumbuhan seperti akar, batang, daun bunga dan buah muncul dari genom yang sama tetapi masing-masing dibedakan berdasarkan kekhasannya peran yang muncul dari ekspresi gen yang berbeda. Setiap bagian mempunyai fungsi yang unik berperan dalam perkembangan dan fungsi tumbuhan. Fungsi sebenarnya dari individu sel diatur untuk fungsi terkoordinasi dari seluruh tumbuhan.



Gambar 1.1 Struktur sel tumbuhan (Korniiievskiy *et al.*, 2021).

Dinding Sel

Dinding sel tumbuhan terdiri dari selulosa sebagai komponen utamanya. Keberadaan dinding sel tumbuhan merupakan bagian yang membedakan tumbuhan dari hewan. Dinding sel memberikan kekuatan mekanik pada tubuh tanaman, memungkinkan pertumbuhan tegak dan pembentukan struktur, dan juga memainkan peran penting dalam proses seluler seperti ekspansi sel, diferensiasi jaringan, komunikasi antar sel, pergerakan air dan respon pertahanan terhadap hama atau patogen. Dinding sel bahkan mungkin terlibat dalam penginderaan sinyal selama pembentukan pola dalam perkembangan tanaman. Dinding sel tumbuhan adalah lapisan luar sel tumbuhan yang kuat, terletak di luar membran plasma. Dinding sel tebal, kompleks dan dinamis serta bertindak sebagai penghalang semipermeabel untuk membatasi dan melindungi sel secara fisik. Dindingnya

terdiri dari polisakarida, protein yang sangat terglisosilasi, dan lignin. Dinding sel tersebut akan terus menjalankan peran biologisnya selama bertahun-tahun. Hal ini terlihat jelas dari gabus (lapisan luar kulit kayu) yang menutupi dan melindungi batang pohon agar pohon dapat berumur panjang (Srivastava, McKee, & Bulone, 2017).

Kloroplas

Kloroplas adalah plastida hijau yang memegang peranan penting dalam keberlangsungan proses fotosintesis. Fotosintesis adalah proses penting yang mengawali proses biokimia yang menentukan pembentukan senyawa bioaktif terkait farmasi.. Terdiri dari lamela pertumbuhan internal (tilakoid), mengandung klorofil a, b dan karotenoid. Tilakoid yang berkumpul dalam grup. Substansi utama stroma (matriks). Kloroplas mengandung matriks yang tidak berwarna, cair, dan mengandung enzim, stroma. Sebagian besar aktivitas kloroplas dikendalikan oleh gen di dalam nukleus, namun setiap kloroplas mengandung molekul DNA sirkular kecil yang mengkode beberapa dari banyak aktivitas fotosintesis dan aktivitas lain di dalam kloroplas itu sendiri. Grana (granum tunggal), yang merupakan tumpukan membran ganda berbentuk koin yang disebut tilakoid, tersuspensi di stroma. Membran tilakoid mengandung klorofil hijau dan pigmen lainnya. Dalam setiap kloroplas, biasanya terdapat sekitar 40 hingga 60 grana yang dihubungkan oleh lengan, dan masing-masing dapat berisi 5 dari 2 hingga lebih dari 100 tumpukan tilakoid. Biasanya terdapat 4 atau 5 butir pati di stroma, serta tetesan minyak dan enzim.

Jenis plastida kedua yang ditemukan di beberapa sel tumbuhan yang lebih kompleks adalah kromoplas. Kromoplas merupakan plastida yang berwarna kuning, jingga, atau merah karena adanya karotenoid -a, -b, -y. Meskipun ukuran kromoplas mirip dengan kloroplas, bentuknya sangat bervariasi, seringkali agak bersudut. Leukoplas adalah jenis plastida ketiga yang umum ditemukan

pada sel tumbuhan tingkat tinggi. Leukoplas pada dasarnya tidak berwarna dan termasuk amiloplas, yang diketahui mensintesis pati, dan elaioplast yang mensintesis minyak.

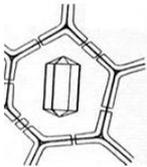
Plester perekat adalah plastida tidak berwarna tanpa pigmen pada stroma protein-lipid. Amiloplas mensintesis pati sekunder; proteoplas membentuk protein cadangan; oleoplas mengakumulasi minyak lemak. Kromatofor adalah ciri khas alga; mengandung klorofil a, b, c, d, karoten.

Vakuola

Vakuola dipenuhi dengan cairan bersifat asam dan berperan dalam menjaga tekanan dalam sel. Kandungan senyawa dalam vakuola antara lain garam, asam organik dan protein. Seringkali mengandung antosianin, senyawa yang berperan penting dalam pewarnaan mahkota bunga yang berwarna merah, biru atau ungu serta warna merah pada daun. Kristal sebagai produk sampingan proses metabolisme, juga dapat ditemukan dalam vakuola.

Sel tumbuhan memiliki beragam yang tersimpan. Yang paling melimpah adalah pati dan protein yang banyak digunakan dalam industri farmasi. Karbohidrat, senyawa organik paling melimpah di alam, biasanya terdiri dari karbon, hidrogen, dan oksigen. Hal tersebut termasuk gula, pati, dan zat terkait. Senyawa tersebut dapat digunakan sebagai sumber energi untuk sel, seperti unit penyimpanan energi, atau sebagai komponen struktural, seperti membran dan organel.

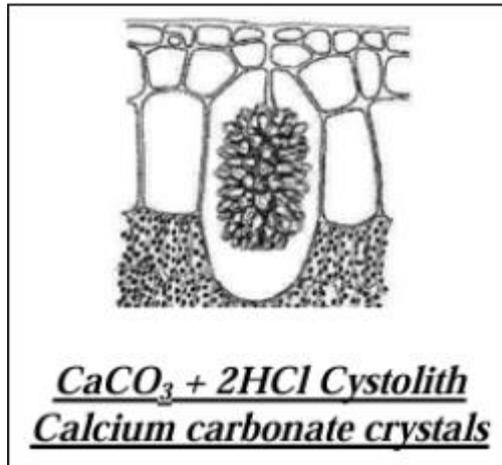
Protein adalah molekul struktural dan pengatur utama sel. Kristal besar produk limbah terbentuk di dalam getah sel setelah ion-ion tertentu terkonsentrasi di sana. Yang paling melimpah adalah kristal kalsium oksalat. Bentuknya mungkin berbeda: kristal mirip bintang, kristal raphide, kristal druse, dan pasir kristal. Bentuk kristal kalsium oksalat sangat penting dalam identifikasi tumbuhan.

<i>Monocotyledons</i>	<i>Dicotyledons</i>
<u>Single crystals</u> 	<u>Crystal sand</u> 
<u>Rafids</u> 	
<u>Styloids</u> 	<u>Druzes (dihydrates)</u> 

Gambar 1.2 Bentuk kristal yang ditemukan pada tumbuhan.

Kristal kalsium oksalat

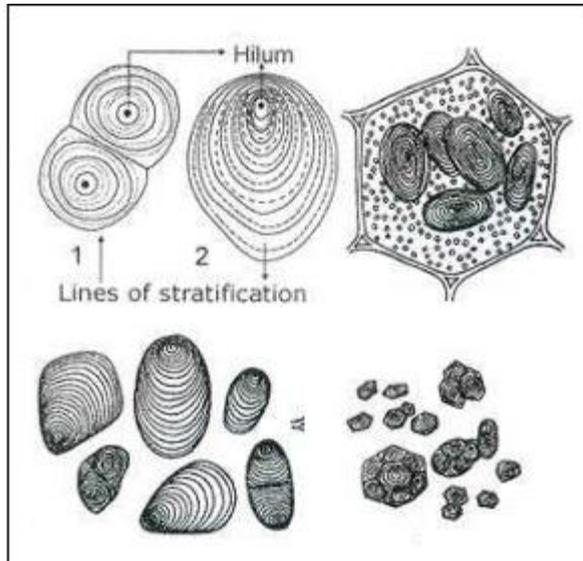
Kristal tunggal (monohidrat) berbentuk belah ketupat, oktahedral. Druze (dihidrat) adalah kristal piramidal yang menyatu dengan bintang. Rafid (dihidrat) adalah kristal jarum. Styloid (dihidrat) berbentuk kristal prismatic memanjang dengan ujung runcing. Pasir kristal berbentuk kristal-kristal kecil yang mengisi rongga idioblas. Kristal kalsium karbonat dan silika Sistolit adalah pertumbuhan internal membran sel litosis khusus.



Gambar 1.3 Bentuk Kristal kalsium karbonat.

Pati terbentuk dan disimpan di plastida. Di bawah pengaruh reagen yang mengandung yodium, butiran pati memperoleh warna ungu tua (Korniievskiy *et al.*, 2021).

Pati terbentuk dan disimpan di plastida. Di bawah pengaruh reagen yang mengandung yodium, butiran pati memperoleh warna ungu tua. Ada 2 jenis pati (*starch*): Pati primer (asimilasi) akan terbentuk selama fotosintesis di kloroplas. Pati sekunder disintesis dari produk hidrolisis pati primer. Akumulasi pelindung di penutup akar dan cadangan mendorong pertumbuhan dan tropisme organ. Terakumulasi pada amiloplas jaringan penyimpan rimpang, umbi-umbian, buah-buahan, biji-bijian dalam bentuk butiran pati. Ada butiran pati berikut: konsentris (pusatnya bertepatan), eksentrik (pusatnya tidak bertepatan); sederhana (dengan 1 pusat), kompleks (dengan beberapa pusat stratifikasi).



Gambar 1.4 Bentuk pati yang tersimpan dalam tumbuhan (Korniievskyi et al., 2021).

Inulin.

Inulin dapat dideteksi dengan larutan α -naftol (warna ungu) atau alkohol 96% (pembentukan kristal sfer). Glikogen merupakan ciri khas sel alga dan jamur. Diwarnai dengan larutan Lugol berwarna coklat.

Protein

Biji-bijian Aleyron (protein) bisa berbentuk sederhana, yang terdiri dari cangkang protein dan protein amorf, kadang-kadang termasuk globoid; dan kompleks, selain protein amorf dan globoid mengandung kristaloid.

Minyak

Minyak terakumulasi dalam hialoplasma atau disintesis dalam oleoplas. Minyak disaponifikasi oleh alkali, dapat diwarnai oleh Sudan III dengan warna oranye.

C. JARINGAN

Dalam pemrograman terdapat tingkatan bahasa pemrograman terdiri dari 3 yaitu :

1. Bahasa Tingkat Tinggi

Bahasa pemrograman ini masuk ke level sebagai bahasa dekat dengan bahasa manusia. Sebagai contoh, bahasa *Basic, Visual Basic, Pascal, Java, Python*, dan lainnya

2. Bahasa Tingkat Menengah

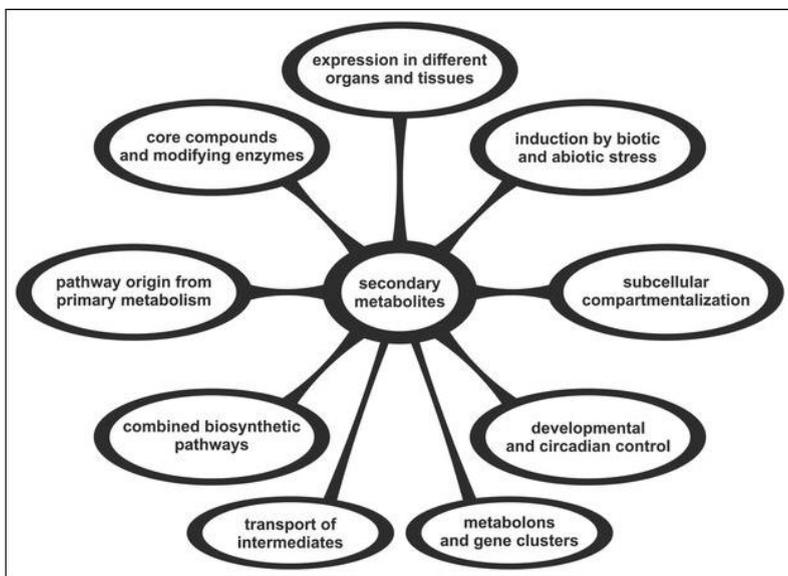
Disebut tingkat menengah karena dapat masuk ke dalam bahasa tingkat rendah tinggi dan. Misalnya dalam bahasa program C.

3. Bahasa Tingkat Rendah

Bahasa pemrograman masuk ke level ini karena bahasa masih jauh dari bahasa manusia. Contoh bahasa *Assembly*.

D. METABOLISME

Tumbuhan menjalani proses metabolisme dalam kehidupan sehari-hari. Proses metabolisme melibatkan dua proses utama, yaitu proses metabolisme primer serta metabolisme sekunder. Metabolisme primer dikaitkan dengan proses pertumbuhan dan perkembangan yang vital dalam kelangsungan hidup. Metabolisme sekunder sehubungan dengan proses interaksi tumbuhan tersebut dengan lingkungan, baik dengan agen penyerbukan, serangga pemakan madu, mikroorganisme, termasuk hubungan simbiosis mutualisme maupun komensalisme. Oleh karena itu, proses metabolisme sekunder lalu dikaitkan dengan produksi senyawa metabolit sekunder.



Gambar 1.5 Senyawa metabolit sekunder tumbuhan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya (Matsuura et al., 2018).

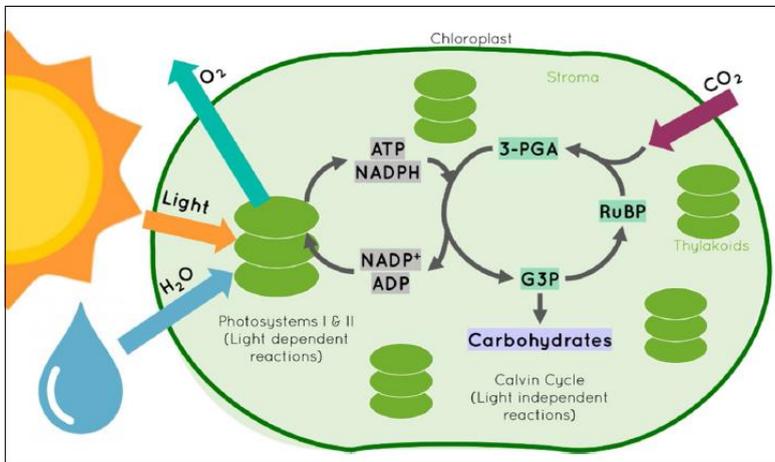
Metabolisme sekunder tumbuhan berevolusi dalam konteks sel dan jaringan yang sangat terorganisir dan terdiferensiasi, menampilkan kompleksitas kimia yang sangat besar yang beroperasi di bawah kendali lingkungan, perkembangan, dan genetik yang ketat.

Metabolit sekunder tanaman sering dimodulasi oleh sinyal biotik dan abiotik. Hal tersebut termasuk herbivora dan serangan patogen, serta paparan terhadap kekeringan, banjir, suhu ekstrim, radiasi berlebih, stres UV, salinitas, dan ketidakseimbangan mineral. Fitohormon dan molekul pemberi sinyal yang memediasi respons adaptif terhadap tantangan-tantangan tersebut juga mampu memicu akumulasi sekunder metabolisme. Yang terkenal di antaranya adalah asam jasmonic dan metil ester metil jasmonat, asam salisilat, etilen, asam absisat dan oksida nitrat. Akumulasi tanaman sekunder metabolit dapat diatur oleh perkembangan dan cahaya, serta jam sirkadian (Matsuura et al., 2018).

E. FOTOSINTESIS

Fotosintesis merupakan proses biokimia yang memanfaatkan energi dari sumber cahaya untuk menghasilkan ATP dan NADPH, yang selanjutnya digunakan untuk mensintesis atom karbon menjadi molekul organik. Telah diakui bahwa suatu tanaman dengan adanya tantangan abiotik pada umumnya baik tingkat ringan ataupun berat, akan menyerap lebih banyak energi cahaya daripada yang dibutuhkan. Hal tersebut menyebabkan terciptanya spesies oksigen reaktif, termasuk radikal anion superoksida (O_2^-), hidrogen peroksida (H_2O_2), dan oksigen singlet 1O_2 . Stres fotooksidatif muncul ketika pembentukan spesies oksigen reaktif (ROS) melebihi kapasitas sistem pertahanan antioksidan. Akibatnya, sebagai respons terhadap perubahan kondisi lingkungan, tanaman harus terlebih dahulu mengendalikan aliran elektron dalam fotosintesis untuk menghindari penumpukan produk samping oksigen yang berbahaya. Perubahan fotosintesis merupakan akibat dari proses yang sangat menyusahkan yang dipengaruhi oleh pemicu stres lingkungan, yang menyebabkan peningkatan tingkat stres pada tanaman.

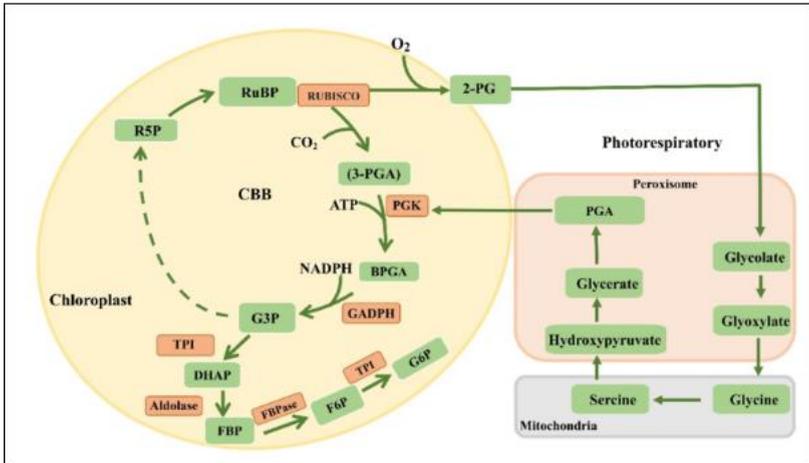
Aktivitas fotosintesis merupakan faktor yang sangat penting dalam farmasi botani, karena secara langsung berkontribusi terhadap pertumbuhan tanaman dan produktivitas senyawa metabolit (Terlets kaya, Seitimova, Kudrina, Meduntseva, & Ashimuly, 2022).



Gambar 1.6 Siklus Calvin dan Jalur Fotespirasi. 3-PGA: Asam 3-fosfogliserat. RuBP: Ribulosa 1,5-bifosfat. G3P: Gliseraldehida-3-fosfat (López-Pacheco et al., 2021)

Gambar 1 memperlihatkan Fotosistem I dan II terjadi pada membran tilakoid melalui reaksi terang (*Light dependent reaction*) menggunakan cahaya dan air. Siklus Calvin terjadi di stroma melalui reaksi gelap (*Light independent reaction*), menggunakan karbon dioksida dan menghasilkan karbohidrat.

Proses respirasi mengoksidasi karbohidrat melalui dua jalur utama: glikolisis dan siklus asam trikarboksilat (TCA). Produk dari kedua jalur ini adalah CO₂ dan senyawa tereduksi NAD(P)H₂ dan FADH₂, yang selanjutnya digunakan untuk fosforilasi oksidatif (OXPHOS), mentransfer elektronnya ke terminal oksidase di mana O₂ bertindak sebagai akseptor elektron terakhir, menghasilkan energi tinggi ikatan fosfat (ATP). ATP mewakili cara paling efisien untuk memperoleh energi untuk sintesis biomolekul dan untuk mempertahankan struktur seluler, mengangkut fotoasimilasi, penyerapan ion, mengasimilasi N dan S, mengatur pergantian protein dan mempertahankan gradien potensial elektrokimia melintasi membran dalam sel.



Gambar 1.7 Diagram siklus metabolisme karbon: Siklus Calvin-Benson-Bassham (CBB) dan jalur fotorespirasi (Li, He, Chen, Zheng, & Zhuang, 2023).

Diagram siklus Calvin memperlihatkan (Gambar 1). Rubisco, ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase; 3-PGA, 3-phosphoglycerate; PGK, phosphoglycerate kinase; BPGA, glycerate 1,3-bisphosphate; GAPDH, glyceraldehyde 3-phosphate dehydrogenase; G3P, glyceraldehyde 3-phosphate; TPI, triose phosphate isomerase; DHAP, dihydroxyacetone phosphate; FBPase, fructose 1,6-bisphosphatase; F6-P, fructose 6-phosphate; GPI, glucose phosphate isomerase; Ru5P, ribulose 5-phosphate; 2PG, 2-phosphoglycerate; PGA, phosphoglycerate.

Selama reaksi terang, fotosintesis pada autotrof dibatasi oleh jangkauan penangkapan cahaya dan efisiensi transpor elektron. Selama reaksi gelap, efisiensi serangkaian aktivitas enzim rendah, dengan keterbatasan stomata dan mesofil, dan efisiensi mengubah energi cahaya yang diserap menjadi zat energi sangat rendah dibandingkan dengan nilai teoritis. Meningkatkan efisiensi fotosintesis melibatkan peningkatan kapasitas penangkapan dan konversi cahaya pada tahap reaksi cahaya, mengoptimalkan

rantai transpor elektron, meningkatkan aktivitas Rubisco karboksilase, dan mengurangi fotorespirasi (Li et al., 2023).

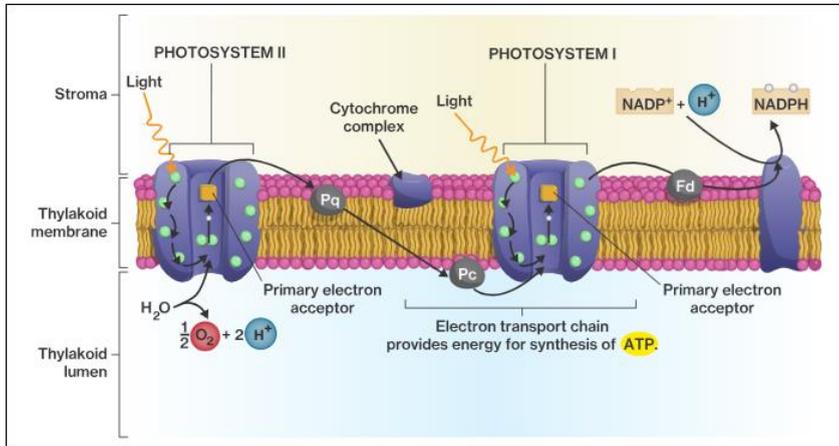
Fotorespirasi mengacu pada proses di mana RuBP mengikat O_2 di bawah katalisis enzim Rubisco untuk menghasilkan 2-fosfoglisarat (2-PG) dan kemudian menghasilkan PGA (Gambar 1). Karena fotorespirasi menyebabkan hilangnya karbon dalam jumlah besar (Gambar 1), reformasi jalur fotorespirasi juga merupakan metode penting untuk meningkatkan fotosintesis.

Fotosistem adalah kompleks protein dan pigmen yang bekerja sama untuk menyerap energi dari cahaya dan mentransfernya ke akseptor elektron, yaitu molekul yang menerima elektron dan mentransfernya ke molekul lain. Setiap fotosistem terdiri dari kompleks penangkap cahaya, yaitu sekelompok molekul yang menyerap cahaya, mengelilingi kompleks pusat reaksi, dimana cahaya diubah menjadi energi kimia. Banyak pigmen (termasuk beberapa jenis klorofil, serta lainnya seperti karotenoid) didistribusikan ke seluruh kompleks pemanenan cahaya. Mereka menyerap energi dari cahaya saat memasuki kompleks dan meneruskan energi tersebut ke kompleks pusat reaksi. Ketika cahaya mengenai klorofil, ia mengeksitasi elektron ke tingkat energi yang lebih tinggi. Elektron tersebut kemudian turun kembali ke keadaan dasarnya, yang melepaskan energi, menarik elektron di klorofil berikutnya. Proses ini disebut transfer energi resonansi. Dengan demikian, rangkaian pigmen menciptakan jalur bagi elektron menuju kompleks pusat reaksi.

Dalam kompleks pusat reaksi fotosistem II, sepasang molekul klorofil yang dikenal sebagai P680 menyumbangkan elektron ke akseptor elektron primer. Hal ini membuat molekul P680 bermuatan positif (dilambangkan P680⁺). Penamaan P680 dikarenakan molekul tersebut paling baik menyerap cahaya pada panjang gelombang 680 nanometer. Enzim mengkatalisis pemecahan air menjadi 2 elektron, 2 ion hidrogen (H^+), dan sebuah atom oksigen. Elektron dari reaksi tersebut dipinahkan ke

P680, mereduksi P680 kembali ke kondisi semula. Atom oksigen bergabung dengan atom oksigen lain untuk menghasilkan O_2 , yang pada akhirnya dapat dilepaskan ke atmosfer. Ion hidrogen dilepaskan ke dalam lumen tilakoid, di mana mereka menciptakan gradien proton yang akan digunakan untuk membentuk ATP. Dalam proses kemiosmosis ini, pergerakan ion hidrogen yang berfungsi sebagai sumber energi bagi enzim ATP sintase. Elektron dari akseptor elektron primer dilewatkan dalam serangkaian reaksi redoks dari fotosistem II ke fotosistem I melalui plastoquinone (Pq), suatu kompleks sitokrom—enzim dalam membran tilakoid yang membentuk bagian dari rantai transpor elektron yang memindahkan elektron dari fotosistem II hingga fotosistem I—dan protein yang disebut plastocyanin (Pc).

Proses fotosistem I serupa dengan proses pada fotosistem II menangkap energi cahaya dan mentransfernya ke akseptor elektron primer melalui P700 (yang paling baik menyerap cahaya pada 700 nm). Akibat transfer ini, tercipta muatan positif, membuat ion yang dihasilkan ($P700^+$) mampu menerima elektron dari fotosistem II. Elektron tereksitasi dari akseptor elektron primer fotosistem I kemudian diteruskan dalam serangkaian reaksi redoks melalui protein ferredoxin (Fd). Reaksi oksidasi-reduksi, atau reaksi redoks, adalah reaksi di mana zat memperoleh atau kehilangan elektron. Enzim NADP reduktase mengkatalisis transfer elektron ini ke $NADP^+$. Ia juga mentransfer ion hidrogen (H^+) dari stroma ke $NADP^+$. Proses tersebut menghasilkan molekul NADPH.



Gambar 1.8 Reaksi Terang.

Reaksi Gelap

Asimilasi karbon adalah tahap reaksi karbon dalam fotosintesis, yang intinya adalah awalnya merupakan proses fiksasi karbon anorganik dan konversi menjadi karbon organik. Ada berbagai cara untuk mencapai fiksasi karbon, dan sebagian besar autotrof menggunakan siklus Calvin. Siklus Calvin, juga dikenal sebagai jalur C₃, terjadi di stroma kloroplas. Prosesnya dapat dibagi menjadi fiksasi CO₂, reduksi produk karboksilasi, dan regenerasi ribulosa 1,5-bifosfonat (RuBP). Pertama, CO₂ bergabung dengan RuBP melalui katalisis ribulosa 1,5-difosfat karboksilase/oksigenase (Rubisco) karboksilase untuk membentuk senyawa enam karbon yang sangat tidak stabil, yang secara acak terpecah membentuk dua molekul 3-fosfoglisarat (PGA). Kemudian, 3PGA menerima molekul asam fosfat dari ATP dalam reaksi di bawah katalisis fosfoglisarat kinase (PGK) untuk menghasilkan 1,3-difosfoglisarida (BPGK); gliseraldehida 3-fosfat dehidrogenase (GADPH) menghasilkan gliseraldehida 3-fosfat (G3P) dari 1,3-difosfoglisarida dan NADPH. Tanaman C₃ menghasilkan dua molekul G3P untuk setiap satu molekul CO₂ yang difiksasi. Namun, hanya untuk setiap enam molekul G3P yang dihasilkan, satu molekul G3P dapat memasuki fiksasi karbon

berikutnya, dan lima molekul G3P sisanya digunakan untuk regenerasi RuBP. G3P diisomerisasi menjadi dihidroksiaseton fosfat (DHAP) oleh triose fosfat isomerase; DHAP menghasilkan fruktosa 1,6-difosfat (FBP) di bawah kondensasi aldolase; FBP kehilangan satu molekul Pi melalui katalisis fruktosa difosfatase untuk menghasilkan fruktosa 6-P (F6P); F6P diubah secara alosterik menjadi glukosa 6-fosfat (G6P) melalui katalisis glukosa isomerase; G6P digunakan untuk membentuk pati melalui serangkaian transformasi. Siklus Calvin menghasilkan molekul glukosa melalui fiksasi enam molekul CO₂, mengubah energi kimia ATP dan NADPH yang dihasilkan dalam reaksi terang menjadi bahan organik stabil dan menggunakan pasokan energi untuk proses fisiologis dan biokimia selanjutnya.

F. SENYAWA FITOKIMIA

Tumbuhan menghasilkan senyawa organik yang sangat beragam dan beragam, sebagian besar senyawa tersebut tidak berperan secara langsung dalam proses pertumbuhan dan perkembangan. Studi terhadap produk alami mendorong perkembangan pemisahan tersebut teknik, pendekatan spektroskopi untuk penjelasan struktur, dan metodologi sintetik yang sekarang menjadi dasar kimia organik kontemporer. Ketertarikan pada produk alami adalah tidak semata-mata bersifat akademis melainkan didorong oleh kegunaannya yang besar seperti pewarna, polimer, serat, lem, minyak, lilin, bahan penyedap, pewangi, dan obat-obatan. Kandungan bioaktif senyawa metabolit sekunder tersebut telah mendorong penelitian yang cukup pesat seperti pencarian obat baru, antibiotik, insektisida, dan herbisida (Croteau, Kutchan, & Lewis, 2000).

Apresiasi yang semakin meningkat terhadap keanekaragaman hayati yang sangat tinggi dampak yang dihasilkan oleh produk alami telah mendorong evaluasi ulang tentang kemungkinan

peran senyawa ini pada tanaman, khususnya dalam konteks interaksi ekologis.

Berdasarkan asal biosintesisnya, senyawa metabolit sekunder dapat dikelompokkan menjadi 3 grup, yaitu Terpenoid, Poliketida dan Fenipropanoid. Alkaloid adalah kelas tambahan metabolit sekunder, yang merupakan molekul organik bernitrogen yang dibiosintesis terutama dari asam amino, misalnya triptofan, tirosin, fenilalanin, lisin, dan arginin menggunakan banyak enzim unik.

Semua terpenoid, termasuk baik metabolit primer dan lebih dari 25.000 senyawa sekunder diturunkan dari isopentenil prekursor lima karbon difosfat (IPP). 12.000 atau lebih yang diketahui alkaloid, yang mengandung satu atau lebih nitrogen atom, pada dasarnya dibiosintesis dari asam amino. Lebih dari 8000 senyawa fenolik dibentuk melalui salah satu cara tersebut jalur asam shikimat atau jalur malonat/jalur asetat.

Metabolit primer dan sekunder tidak bisa mudah dibedakan berdasarkan molekul prekursor, struktur kimia, atau asal usul biosintetik. Misalnya, keduanya primer dan metabolit sekunder ditemukan di antara diterpen (C_{20}) dan triterpen (C_{30}). Dalam seri diterpen, keduanya kaurenoik asam dan asam abietic dibentuk oleh sangat urutan serupa dari reaksi enzimatik terkait.

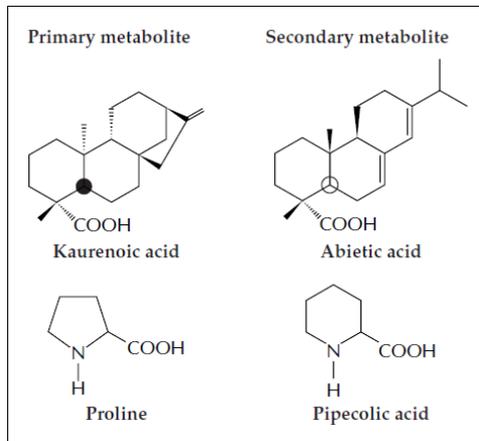
Demikian pula yang penting asam amino prolin diklasifikasikan sebagai metabolit primer, sedangkan analog C_6 asam pipekolat dianggap sebagai alkaloid dan sehingga merupakan produk alami. Bahkan lignin, polimer struktural penting dari kayu dan nomor dua setelah selulosa sebagai zat organik yang paling melimpah pada tumbuhan, dianggap sebagai produk alami daripada suatu metabolit primer.

Dengan tidak adanya perbedaan yang sah berdasarkan struktur atau biokimia, kembali ke definisi fungsional, dengan primer produk berpartisipasi dalam nutrisi dan penting proses

metabolisme di dalam tumbuhan, dan produk alami (sekunder) yang mempengaruhi interaksi ekologis antar tanaman dan lingkungannya.

Produk primer tanaman mengacu pada senyawa asam nukleat, protein, karbohidrat, lemak dan lipid dan terkait dengan struktur, fisiologi dan genetika, yang menyiratkan peran penting mereka dalam perkembangan tanaman. Sebaliknya, metabolit sekunder biasanya berbentuk senyawa minor dengan konsentrasi rendah. Metabolisme primer mengacu pada proses menghasilkan asam karboksilat dari siklus Krebs. Metabolit sekunder, sebaliknya, tidak penting bagi kehidupan tetapi berkontribusi terhadap kebugaran spesies untuk bertahan hidup. Faktanya, unsur spesifik dalam spesies tertentu telah digunakan untuk membantu penentuan sistematis, kelompok metabolit sekunder digunakan sebagai penanda klasifikasi botani (kemotaksonomi). Metabolit sekunder tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga kelompok yang berbeda secara kimia yaitu: Terpen, Fenolik, senyawa yang mengandung N (Nitrogen) dan S (belerang).

Banyak dari agen terapeutik yang paling penting adalah alkaloid. Tempat biosintesis terkotak-kotak pada tingkat sel atau subsel. Namun metabolit sekunder dapat diangkut dalam jarak jauh dan terakumulasi dari lokasi sintesisnya.



Gambar 1.8 Contoh senyawa metabolit primer dan metabolit sekunder (Croteau *et al.*, 2000).

Asam kaurenoat dan prolin adalah metabolit primer, sedangkan senyawa yang berkerabat dekat bersifat abietik asam dan asam pipekolat dianggap metabolit sekunder.

Senyawa Fenolik

Tumbuhan menghasilkan berbagai macam produk sekunder yang mengandung gugus fenol, gugus fungsi hidroksil pada cincin aromatik yang disebut fenol. Gugus fenol merupakan gugus kimia heterogen, penting dari sistem pertahanan tanaman terhadap hama dan penyakit termasuk nematoda parasit pada akar tumbuhan.

Fenolik adalah metabolit sekunder yang banyak ditemukan pada tanaman dan diketahui memiliki efek bermanfaat bagi kesehatan termasuk aktivitas antioksidan dan anti-inflamasi. Fenolik memainkan peran penting dalam tanaman dengan mengatur pertumbuhan sebagai pengatur fisiologis internal atau pembawa pesan kimia. Flavonol seperti quercetin, apigenin, dan kaempferol telah dilaporkan mampu mengatur arsitektur dan pertumbuhan tanaman dengan mengganggu pengangkutan senyawa auksin polar dengan mengikat reseptor membran plasma. Selain itu,

fenolik dapat melindungi jaringan tanaman terhadap cedera mekanis, infeksi patogen, dan radiasi UV. Namun, senyawa fenolik telah menjadi subyek sejumlah besar penelitian terutama karena potensi keterlibatannya dalam pemeliharaan kesehatan manusia dan pencegahan penyakit, khususnya dalam menurunkan risiko penyakit kronis seperti penyakit kardiovaskular dan kanker tertentu. Senyawa fenolik dalam makanan telah terbukti memiliki kemampuan untuk memperbaiki kerusakan endotel, reaktivitas trombosit, dan kerusakan oksidatif, serta proses-proses lain yang relevan dalam perkembangan penyakit kronis.

Flavonoid

Flavonoid berperan dalam penentuan pigmen dan pertahanan. Dua kelompok besar flavonoid lain yang terdapat pada bunga adalah flavanon dan flavanol berfungsi melindungi sel dari radiasi UV-B karena terakumulasi di lapisan epidermis daun dan batang serta menyerap cahaya dengan kuat di wilayah UV-B sekaligus membiarkan panjang gelombang tampak ke seluruh bagian. Selain itu, paparan tanaman terhadap peningkatan sinar UV-B telah terbukti meningkatkan sintesis flavanon dan flavanol. Hal ini menunjukkan bahwa flavonoid dapat memberikan perlindungan dengan menyaring radiasi UV-B yang berbahaya.

Flavonoid merupakan metabolit sekunder yang banyak terdapat pada tumbuhan, buah-buahan, dan biji dan bertanggung jawab atas warna, aroma, dan rasa. Flavonoid memiliki beberapa peran dalam tanaman, termasuk mengendalikan perkembangan sel, menarik penyerbuk dan serangga, dan bertahan melawan stres biotik dan abiotik. Bahan kimia ini telah dikaitkan dengan berbagai manfaat kesehatan pada manusia, termasuk efek anti-inflamasi, antikanker, anti-penuaan, kardioprotektif, neuroprotektif, imunomodulator, antidiabetik, antibakteri, antiparasit, dan antivirus. Flavonoid memiliki kerangka flavon C6–C3–C6 dengan dua cincin benzena (A dan B) yang dihubungkan oleh cincin piran

tiga karbon (C). Lokasi cincin B katekol pada cincin C piran, serta kuantitas dan posisi gugus hidroksi pada gugus katekol pada cincin B, mempengaruhi aktivitas antioksidan flavonoi. Gugus hidroksi fungsional Flavonoid dapat menyumbangkan elektron melalui resonansi untuk menstabilkan radikal bebas dan memediasi perlindungan antioksidan [83]. Flavonoid dikategorikan menjadi enam jenis utama berdasarkan strukturnya: Flavan-3-ols, Flavon, Flavonol, Flavanon, Isoflavon, dan Antosianin. Karena kualitas antioksidannya yang luar biasa, Flavonoid digunakan dalam industri makanan, kosmetik, dan farmasi (Zandavar & Babazad, 2023).

Tanin

Tanin termasuk dalam kategori kedua polimer fenolik tumbuhan dengan sifat pertahanan. Tanin adalah racun umum yang secara signifikan mengurangi pertumbuhan dan kelangsungan hidup banyak herbivora, dan juga bertindak sebagai pengusir nyamuk bagi beragam hewan.

G. RANGKUMAN

Tumbuhan menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang berpotensi sebagai bahan yang penting dalam bidang farmasi. Kandungan bioaktif tidak lepas dari proses fotosintesis dan metabolisme yang terjadi dalam sel dan jaringan tumbuhan. Faktor luar seperti lamanya paparan sinar matahari, kandungan air dalam tanah, hewan pembantu penyerbukan, gigitan serangga pemakan kayu, mikroorganisme dalam tanah memberikan pengaruh terhadap produksi senyawa kimia maupun perubahan fisiologis dalam tumbuhan terhadap interaksi tersebut (Pagare *et al.*, 2015).

Alkaloid

Alkaloid merupakan senyawa metabolit sekunder yang mengandung nitrogen. Alkaloid dikategorikan ke dalam banyak kelompok berdasarkan sistem cincin heterosiklik dan prekursor biosintetiknya, seperti indole, purin, quinoline, isoquinoline, tropane, dan imidazole.

Alkaloid, selain karbon, nitrogen, atau hidrogen, mungkin termasuk belerang dan, dalam kasus yang jarang terjadi, brom, fosfor, atau klor. Istilah “alkaloid” diciptakan pada tahun 1819 oleh ilmuwan Jerman Carl F. W. Meissner, yang berasal dari nama Arab al-Qali, yang berkaitan dengan tanaman asal mula soda diekstraksi.

Alkaloid adalah senyawa dengan berat molekul rendah yang menyumbang sekitar 20% metabolit sekunder nabati. Sejauh ini, lebih dari 12.000 alkaloid telah diisolasi dari beragam spesies tumbuhan. Alkaloid pada dasarnya adalah padatan yang ditemukan pada tumbuhan tingkat tinggi. Mereka ditemukan dalam keluarga botani berikut: Apocynaceae, Annonaceae, Amaryllidaceae, Berberidaceae, Boraginaceae, Gnetaceae, Liliaceae, Leguminosaceae, Lauraceae, Loganiaceae, Magnoliaceae, Menispermaceae, Papaveraceae, Piperaceae, Rutaceae, Rubiaceae, dan Ranunculaceae (Zandavar & Babazad, 2023).

Tiga kategori alkaloid, yaitu alkaloid sejati, protoalkaloid, dan pseudoalkaloid adalah tiga jenis utama alkaloid. Alkaloid dan protoalkaloid sejati dihasilkan dari asam amino, namun pseudoalkaloid tidak berasal dari asam amino.

Alkaloid sejati berasal dari asam amino dan berbagi cincin heterosiklik mengandung nitrogen. Mereka aktif secara biologis dan sangat reaktif. Mereka menghasilkan garam yang larut dalam air, dan banyak di antaranya berbentuk kristal, membentuk garam

ketika terkonjugasi dengan asam. Kecuali nikotin yang berbentuk cairan berwarna gelap, hampir semua alkaloid asli mempunyai rasa pahit dan berbentuk padat. Keberadaannya dalam tumbuhan mempunyai tiga bentuk: (a) keadaan bebas, (b) N-oksida, atau (c) garam. Berbagai asam amino seperti l-fenilalanin, l-tirosin, l-ornitin, l-histidin, l-lisin, dan asam amino lainnya merupakan sumber utama alkaloid sejati.

H. TES FORMATIF

1. Dengan penambahan chlorinziniodine, dinding sel tidak berwarna pada jaringan kolenkim menjadi berwarna ungu violet. Dengan demikian, dinding sel tumbuhan mengandung
 - a. lignin
 - b. kutin
 - c. selulosa
 - d. mineral
 - e. lipid
2. Pigmen hijau pada tumbuhan terdapat pada
 - a. kromoplas
 - b. amiloplas
 - c. proteoplas
 - d. kloroplas
 - e. mitokondria
3. Kristal berbentuk jarum ditemukan pada jaringan mesofil daun *Lily of the valley*. Struktur tersebut adalah
 - a. rafid
 - b. druse
 - c. sel sistolit
 - d. litosis
 - e. bintang
4. Struktur yang ditemukan pada tumbuhan, tidak pada hewan.
 - a. retikulum endoplasma, inti sel
 - b. inti sel, membran inti

- c. sitoplasma
- d. mitokondria
- e. vakuola, dinding sel

I. LATIHAN

Jelaskan pentingnya mempelajari botani farmasi bagi seorang farmasis dan berikan beberapa contoh aplikasi dalam kehidupan sehari-hari.

KEGIATAN BELAJAR 2

TERMINOLOGI KARAKTER MORFOLOGI TUMBUHAN

DESKRIPSI PEMBELAJARAN

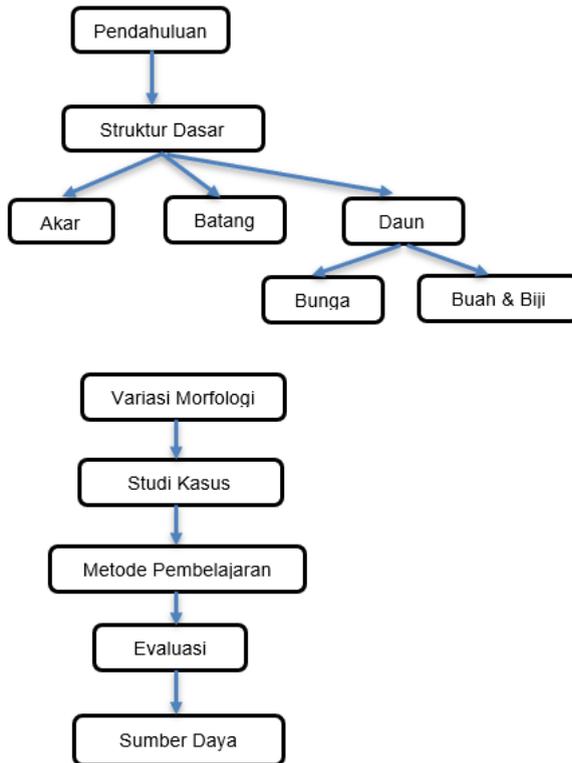
Materi Terminologi Karakter Tumbuhan ini mengkaji dan menganalisis struktur morfologi tumbuhan. Diawali dengan penjelasan mengenai Pengertian Morfologi Tumbuhan, Kormus dan Bagian-bagiannya, Alat Hara (*organum nutritivum*) yang terdiri dari Daun (*folium*), Batang (*caulis*), Akar (*radix*), dan Bagian-bagian Lain pada Tumbuhan, Metamorfosis Akar, Batang, dan Daun; Alat Perkembangbiakan (*organum reproductivum*) antara lain Bunga (*flos*), Buah (*fructus*), dan Biji (*semen*); Penerapan Morfologi dan Peristilahannya dalam Mencandra Tumbuhan.

KOMPETENSI PEMBELAJARAN

Kompetensi yang diharapkan setelah mempelajari dan memahami materi ini, yaitu mahasiswa dapat menjelaskan tentang:

1. Pengertian Morfologi Tumbuhan secara sempit dan secara luas, hubungannya dengan mata kuliah yang lain, penggolongan organ yang ada pada tumbuhan, serta kormus dan bagian-bagiannya.
2. Alat hara (*organum nutritivum*) yang terdiri dari daun, batang, akar, serta karakteristik, struktur, susunan dari ketiga alat hara tersebut secara lengkap.
3. Bagian-bagian lain pada tumbuhan.
4. Metamorfosis akar, batang, dan daun.
5. Alat perkembangbiakan (*organum reproductivum*) antara lain bunga (*flos*), buah (*fructus*), dan biji (*semen*), serta karakteristik, struktur, susunan dari alat-alat perkembangbiakan tersebut.
6. Penerapan morfologi dan peristilahannya dalam mencandra tumbuhan

PETA KONSEP PEMBELAJARAN



A. DEFINISI MORFOLOGI TUMBUHAN

Pengertian morfologi tumbuhan sebagai ilmu pengetahuan yang merupakan cabang dari ilmu biologi dapat dijelaskan secara harafiah, yaitu:

Morfologi ----- Morphologi (Morphe = bentuk, logos = ilmu)

Tumbuhan-----Mahluk hidup yang memiliki klorofil / semua flora

(Tanaman : Tumbuhan yang telah dibudidayakan untuk maksud tertentu, hasilnya dijadikan sebagai alat pemenuhan kebutuhan yang memiliki nilai ekonomis)

Morfologi Tumbuhan adalah ilmu yang mempelajari bentuk dan susunan tubuh tumbuhan. Sebagai ilmu yang mempelajari bentuk dan susunan tubuh tumbuhan, maka bahasan yang dipelajari dalam morfologi tumbuhan terdiri dari beberapa konsep antara lain membahas tentang:

= Struktur tumbuhan / menguraikan bentuk dan susunan luar tubuh tumbuhan

= menentukan fungsi masing-masing bagian dalam kehidupan tumbuhan = mengetahui darimana asal bentuk dan susunan tubuh tersebut

= mengapa bagian-bagian tubuh tumbuhan mempunyai bentuk dan susunan yang beraneka ragam.

Dalam dunia farmasi, morfologi tumbuhan adalah ilmu yang mempelajari bentuk dan struktur fisik tumbuhan yang digunakan dalam pembuatan obat dan produk kesehatan. Fokusnya meliputi:

1. Identifikasi Tumbuhan: Menggunakan karakteristik morfologi seperti bentuk daun, bunga, biji, dan buah untuk mengenali spesies tumbuhan yang memiliki khasiat obat.
2. Bahan Baku: Menentukan bagian tumbuhan yang digunakan sebagai bahan baku dalam obat, misalnya kulit batang, akar, atau daun.
3. Standarisasi: Membantu dalam standarisasi bahan baku herbal dengan memeriksa dan memastikan bagian tumbuhan yang digunakan memiliki morfologi yang sesuai untuk konsistensi dalam kualitas dan efektivitas produk farmasi.
4. Pemrosesan: Memberikan panduan untuk pengolahan tumbuhan, seperti cara pengeringan atau penggilingan, yang

mempertahankan sifat fisik dan kimia bahan aktif dalam tumbuhan.

Dengan memahami morfologi tumbuhan, ahli farmasi dapat memastikan pemanfaatan optimal tumbuhan dalam pengembangan produk obat yang aman dan efektif.

1. Manfaat Morfologi Tumbuhan Dalam Dunia Farmasi

Morfologi tumbuhan, merupakan ilmu yang mempelajari bentuk dan struktur eksternal tanaman, yang memiliki peranan penting dalam dunia farmasi. Dari identifikasi hingga pengembangan obat, pemahaman mendalam tentang morfologi tumbuhan membantu memanfaatkan sumber daya alam secara lebih efektif. Adapun berbagai manfaat yang diperoleh dalam memahami morfologi tumbuhan dalam bidang farmasi, adalah:

a. Identifikasi dan Autentikasi

Salah satu manfaat utama dari morfologi tumbuhan dalam farmasi adalah kemampuan untuk mengidentifikasi dan mengautentikasi tanaman obat. Dengan mempelajari ciri-ciri morfologi seperti bentuk daun, bunga, buah, dan biji, ilmuwan dapat memastikan bahwa spesies yang digunakan benar dan tidak terkontaminasi. Ini sangat penting untuk memastikan keamanan dan efektivitas produk farmasi yang dihasilkan.

b. Pemilihan dan Penggunaan Bahan Aktif

Morfologi tumbuhan membantu dalam menentukan bagian mana dari tanaman yang memiliki kandungan bahan aktif tertinggi. Sebagai contoh, alkaloid tertentu mungkin ditemukan lebih banyak pada akar dibandingkan daun. Pemahaman ini memandu ahli farmasi dalam memanen bagian tanaman yang paling berguna, sehingga meningkatkan efisiensi ekstraksi dan penggunaan bahan aktif.

c. Budidaya dan Produksi Tanaman Obat

Pemahaman tentang morfologi juga berperan penting dalam budidaya tanaman obat. Struktur tanaman, seperti sistem akar dan pola pertumbuhan daun, memberikan petunjuk tentang kondisi pertumbuhan optimal dan teknik budidaya yang harus diterapkan. Ini membantu dalam memaksimalkan produksi bahan tanaman obat berkualitas tinggi dan memastikan pasokan yang konsisten.

d. Standarisasi dan Pengolahan

Morfologi tumbuhan mempengaruhi cara tanaman dipanen dan diolah. Pengetahuan tentang bagian tanaman yang digunakan, seperti daun untuk teh herbal atau kulit batang untuk ekstrak, membantu dalam standarisasi proses pengolahan. Ini memastikan bahwa produk farmasi memiliki komposisi bahan aktif yang konsisten dan sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan.

e. Penemuan dan Pengembangan Obat Baru

Dalam penelitian farmasi, morfologi tumbuhan membantu mengidentifikasi tanaman yang berpotensi sebagai sumber obat baru. Dengan mempelajari struktur morfologi yang berkaitan dengan aktivitas biologis tertentu, peneliti dapat mengeksplorasi dan menemukan senyawa baru yang bisa digunakan dalam pengembangan obat. Misalnya, bentuk khusus dari trikoma (rambut halus pada daun) mungkin mengandung minyak atsiri dengan aktivitas antimikroba.

f. Pemahaman Variabilitas Genetik

Variasi morfologi dalam spesies tanaman sering mencerminkan perbedaan genetik yang penting. Pemahaman ini memungkinkan ahli farmasi untuk memilih varietas tanaman dengan kandungan bahan aktif yang optimal. Selain itu, studi morfologi juga membantu dalam pelestarian genetik dan pemuliaan tanaman untuk menghasilkan varietas yang lebih tahan terhadap penyakit atau kondisi lingkungan ekstrem.

Dari uraian di atas dapat diketahui bahwa Morfologi tumbuhan menawarkan berbagai manfaat dalam dunia farmasi, mulai dari identifikasi dan autentikasi tanaman obat hingga pengembangan obat baru. Pengetahuan yang mendalam tentang bentuk dan struktur tanaman memungkinkan penggunaan lebih efisien dan aman dari sumber daya alam dalam produksi farmasi. Dengan terus mengintegrasikan morfologi tumbuhan dalam penelitian dan pengembangan, industri farmasi dapat mengembangkan produk yang lebih efektif dan berkualitas tinggi.

2. Bagian Bagian Tumbuhan (Organ Tumbuhan)

Tumbuhan harus mempunyai organ/bagian-bagian tubuh untuk dapat hidup/mempertahankan hidupnya, sehingga dapat tumbuh, berkembang, dan bermanfaat bagi manusia dan hewan. Organ (organa) dalam tumbuhan tersebut dapat digolongkan:

a. Organa Principalia:

Dasar bagi perkembangan dan pertumbuhan, melahirkan bagian-bagian lain yang berubah bentuk dan fungsinya. Yang termasuk dalam golongan ini adalah Daun/Folium, Batang/Caulis, dan Akar/Radix.

b. Organa Metamorphia:

Bagian-bagian tumbuhan yang berubah bentuk dan fungsinya, penting bagi tumbuhan itu sendiri dan bagi manusia dan hewan. Yang termasuk dalam golongan ini adalah Kuncup/Gemma, Umbi/Bulbus, Ubi/Tuber, Sulur/Cirrus, Duri/Spina, Gelembung/Ampulla, Bunga/Flos, Buah/Fructus, Biji/Semen. Piala/Ascidium,

c. Organa Accessoria:

Bagian tambahan pada kulit luar (epidermis) Organa Principalia. Yang termasuk golongan ini adalah Duri tempel/Aculeus, Lentikula/lentikula, Bulu bagaikan sisik/Ramentum, Sisik/Lepis, Bulu penyangat/Stimulus, Bulu halus/Pilus, Bulu kelenjar/Pilus capttatus.

d. Organa Nutritiva:

Organ-organ pengembang/memungkinkan kelangsungan pertumbuhan/alat-alat hara. Yang termasuk golongan ini adalah Daun/Folium, Batang/Caulis, Akar/Radix, Kuncup/Gemma, Umbi/Bulbus, Ubi/Tuber, Sulur/Cirrus, Duri/Spina, Piala/Ascidium, Gelembung/Ampulla.

e. Organa Reproductiva:

Bagian tumbuhan yang berfungsi sebagai pemelihara atau mengatur perkembangbiakan. Yang termasuk golongan ini adalah Bunga/Flos, Buah/Fructus, Biji/ Semen.

Dalam dunia farmasi, berbagai bagian tumbuhan digunakan untuk mengekstrak bahan aktif yang memiliki manfaat kesehatan. Setiap bagian tumbuhan memiliki kandungan kimia dan manfaat farmakologis yang berbeda, sehingga penting untuk mengetahui fungsi dan penggunaan dari setiap bagian tersebut. Berikut adalah tinjauan mengenai bagian-bagian tumbuhan yang sering digunakan dalam farmasi:

a. Akar

Akar sering mengandung senyawa aktif seperti alkaloid, saponin, dan glikosida. Senyawa-senyawa ini dapat memiliki berbagai efek terapeutik, termasuk anti-inflamasi, antimikroba, dan diuretik.

Contoh:*

- 1) Ginseng (*Panax ginseng*) digunakan untuk meningkatkan stamina dan vitalitas.
- 2) Licorice (*Glycyrrhiza glabra*) digunakan dalam pengobatan gangguan pencernaan dan sebagai ekspektoran.

b. Batang

Batang sering digunakan sebagai sumber serat, resin, dan getah yang memiliki sifat obat. Beberapa senyawa penting dalam batang dapat termasuk tanin dan fenol.

Contoh:

- 1) Cinchona (*Cinchona* spp.) dari kulit batangnya digunakan untuk menghasilkan quinine, obat antimalaria.
- 2) Willow (*Salix* spp.) kulit batangnya adalah sumber asam salisilat, prekursor aspirin.

c. Daun

Daun adalah bagian yang sangat sering digunakan karena kandungan senyawa aktifnya yang tinggi, termasuk alkaloid, flavonoid, dan minyak atsiri. Mereka memiliki berbagai kegunaan termasuk sebagai antioksidan, anti-inflamasi, dan analgesik.

Contoh:

- 1) Mint (*Mentha* spp.) digunakan untuk meredakan gangguan pencernaan dan sebagai penenang.
- 2) Senna (*Senna alexandrina*) digunakan sebagai obat pencahar.

d. Bunga

Bunga biasanya mengandung minyak atsiri, flavonoid, dan polifenol yang bisa digunakan sebagai antioksidan, antimikroba, dan dalam produk kosmetik.

Contoh:

- 1) Chamomile (*Matricaria chamomilla*) digunakan sebagai penenang dan anti-inflamasi.
- 2) Lavender (*Lavandula* spp.) digunakan dalam aromaterapi untuk mengurangi stres dan insomnia.

e. Buah

Buah seringkali mengandung vitamin, mineral, asam organik, dan flavonoid. Mereka dapat memiliki sifat tonik, pencahar, atau diuretik.

Contoh:

- 1) Cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) digunakan untuk mencegah infeksi saluran kemih.

2) Amla (*Phyllanthus emblica*) digunakan sebagai sumber vitamin C dan sebagai antioksidan.

f. Biji

Biji mengandung senyawa seperti alkaloid, protein, dan minyak yang memiliki manfaat terapeutik. Mereka sering digunakan untuk mengatasi masalah pencernaan, sebagai tonik, atau dalam suplemen nutrisi.

Contoh:

1) Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) bijinya digunakan untuk menurunkan gula darah dan kolesterol.

2) Kacang-kacangan seperti almond (*Prunus dulcis*) digunakan dalam produk perawatan kulit dan kesehatan kardiovaskular.

g. Kulit Buah

Kulit buah mengandung senyawa fenolik dan flavonoid yang sering digunakan dalam pembuatan obat-obatan herbal dan suplemen. Mereka memiliki sifat antioksidan dan anti-inflamasi.

Contoh:

1) Kulit lemon (*Citrus limon*) digunakan dalam ekstrak untuk meningkatkan kekebalan dan sebagai agen detoksifikasi.

2) Kulit delima (*Punica granatum*) digunakan untuk kesehatan kulit dan sistem pencernaan.

h. Getah dan Resin

Getah dan resin dari tumbuhan sering memiliki sifat antiseptik, anti-inflamasi, dan ekspektoran. Mereka digunakan dalam produk-produk perawatan kulit, obat batuk, dan sebagai bahan dasar untuk salep.

Contoh:

- 1) Getah pohon karet (*Hevea brasiliensis*) digunakan dalam produksi berbagai bahan medis seperti sarung tangan bedah.
- 2) Resin pohon pinus (*Pinus spp.*) digunakan dalam balsam untuk perawatan luka dan nyeri otot.

Setiap bagian tumbuhan memiliki potensi besar dalam dunia farmasi berkat kandungan kimianya yang unik dan aplikasinya yang beragam. Pemanfaatan berbagai bagian tumbuhan memungkinkan pengembangan produk farmasi yang lebih efektif dan beragam, baik untuk pengobatan tradisional maupun modern. Pengetahuan mendalam tentang bagian-bagian tumbuhan ini terus mendorong inovasi dalam penelitian dan pengembangan obat-obatan baru.

3. Daun (Folium)

Tumbuhan merupakan makhluk hidup yang sangat penting di alam. Pernyataan ini sesuai dengan fungsi dan peran tumbuhan untuk menjaga keseimbangan di alam semesta bersama-sama makhluk hidup yang lain. Semua bagian tumbuhan yang secara langsung ataupun tidak langsung bertanggung jawab untuk menegakkan kehidupan tumbuhan sehingga dapat berperan dalam menjaga keseimbangan di alam semesta yang terutama berguna untuk penyerapan, pengolahan, pengangkutan, serta penimbunan zat-zat makanan dinamakan Alat Hara (*organum nutritivum*). Yang termasuk alat hara dalam suatu tumbuhan adalah daun/folium, batang/caulis, akar/radix, kuncup/gemma, umbi/bulbus, ubi/tuber, sulur/cirrus, duri/spina, piala/ascidium, gelembung/ampulla. Daun (folium) merupakan salah satu organ tumbuhan yang berperan penting dalam kehidupan suatu tumbuhan. Setiap tumbuhan memiliki sejumlah daun yang beraneka ragam dan yang juga menjadi penciri dari jenis tumbuhan tertentu. Jumlah daun yang begitu banyak dalam suatu tumbuhan menunjukkan bahwa betapa pentingnya daun

dalam menjaga kelangsungan suatu tumbuhan, terutama menjalankan peran dan fungsinya dalam penyerapan zat-zat hara, pengolahan, dan pengangkutan, serta penimbunan zat-zat makanan dalam suatu tumbuhan. Bentuk daun yang umumnya pipih, dan lebar, serta tipis, tidak lepas dari perannya dalam menyerap cahaya, dan warna hijau karena kandungan klorofil yang ada dalam daun tumbuhan menyebabkan daerah yang ditempati tumbuhan tersebut terlihat berwarna hijau juga. Meskipun demikian, daun tumbuhan memiliki umur yang terbatas juga, yang pada akhirnya akan menjadi tua, dan gugur, serta meninggalkan bekas dalam tumbuhan tersebut. Diawali dengan berubahnya warna hijau daun menjadi kekuningan, kecoklatan, dan akhirnya mati dan runtuh dari batang, dengan warna yang berbeda dengan daun yang masih segar. Daun yang runtuh selalu akan digantikan dengan daun yang baru lagi, yang biasanya tumbuh lebih banyak dibandingkan daun yang gugur, sehingga pada tumbuhan yang semakin besar akan dijumpai jumlah daun yang semakin lebat dan banyak pula, dan semakin rindang. Meskipun ada juga tumbuhan yang sewaktu-waktu dalam kurun waktu tertentu menggugurkan daunnya, sehingga terlihat seperti tumbuhan yang gundul dan mati. Peristiwa seperti itu terlihat pada waktu musim kemarau, dan untuk tumbuhan-tumbuhan tertentu, yang akan kembali terlihat hijau dan rindang jika musim hujan tiba, dan muncul lagi tunas-tunas yang baru yang berwarna hijau segar. Jenis tumbuhan seperti itu dinamakan Tumbuhan Meranggas (*tropophyta*), misalnya tumbuhan Jati (*Tectona grandis* L.), Kedondong (*Spondias dulcis* Forst.), Kapok Randu (*Ceiba pentandra* Gaertn.), dan lain-lain.

4. Batang (Caulis)

Batang suatu tumbuhan merupakan salah satu organ yang memiliki peran penting dalam kelangsungan hidup suatu tumbuhan, termasuk salah satu organ yang bertanggung jawab dalam mengangkut zat-zat hara yang akan digunakan untuk kehidupan tumbuhan tersebut, sehingga batang

tumbuhan termasuk organum nutritivum dalam suatu tumbuhan. Dengan percabangannya batang memperluas bidang asimilasi dan menempatkan daun dalam posisi yang menguntungkan untuk memperoleh cahaya. Bahkan sebagai tempat untuk menimbun zat-zat makanan cadangan bagi tumbuhan tersebut. Tempat dan kedudukan batang bagi tumbuhan dianalogkan seperti sumbu dalam tubuh tumbuhan tersebut, sebagai tempat/jalan lalu lintas zat hara dari daun, akar, dan ke seluruh bagian tubuh tumbuhan. Dengan demikian mendukung bagian-bagian tumbuhan yang berada di atas tanah seperti daun, bunga, buah, bahkan biji. Berbagai bentuk batang dalam tumbuhan menunjukkan pula bahwa adanya keanekaragaman jenis tumbuhan dengan mengenal dan melihat struktur dan susunan batangnya. Meskipun jika membandingkan berbagai jenis tumbuhan, ada tumbuhan yang jelas kelihatan batangnya, dan ada pula yang kelihatannya seperti tidak berbatang. Demikian pula jenis tumbuhan dikotil berbeda bentuk batangnya dengan tumbuhan monokotil. Bentuk dan keanekaragaman batang tumbuhan juga dapat dilihat berdasarkan penampang melintangnya, bentuk permukaan batang, serta arah tumbuh batang suatu tumbuhan, dan percabangan pada batang, bahkan karena begitu pentingnya batang dalam mempertahankan kehidupan tumbuhan, maka suatu tumbuhan pun dapat dibedakan panjang atau pendek umur tumbuhan berdasarkan matinya batang tumbuhan tersebut, hal ini disebabkan jika suatu batang tumbuhan mati maka tumbuhan tersebut juga tidak akan bertahan dan mati.

Batang mempunyai sifat-sifat sebagai berikut : a. Umumnya berbentuk panjang bulat seperti silinder atau dapat berbentuk lain, tetapi selalu bersifat aktinomorf (dapat dibagi menjadi dua bagian yang setangkup). b. Terdiri atas ruas-ruas yang dibatasi buku-buku tempat tumbuhnya daun. c. Bersifat fototrop atau heliotrop. d. Selalu bertambah panjang di ujungnya. e.

Mengadakan percabangan, selama hidup tumbuhan tidak digugurkan kecuali cabang dan ranting kecil. f. Umumnya tidak berwarna hijau, kecuali tumbuhan berumur pendek dan batang yang masih muda. Batang merupakan salah satu bagian tubuh tumbuhan, tugas batang dalam suatu tumbuhan yaitu: 1. Mendukung bagian tumbuhan yang ada di atas tanah yaitu daun, bunga, dan buah. 2. Memperluas bidang asimilasi, dan menempatkan bagian-bagian tumbuhan di dalam ruang sedemikian rupa sehingga berada dalam posisi yang menguntungkan. 3. Jalan pengangkutan air dan zat-zat makanan, serta hasil asimilasi. 4. Menjadi tempat penimbunan zat-zat makanan cadangan. Berbagai jenis tumbuhan di alam semesta ini, jika dilihat dan diperhatikan dengan seksama dapat dibedakan: a. Tumbuhan yang tidak berbatang (*Planta caulis*) Tumbuhan yang benar tidak berbatang sesungguhnya tidak ada, hanya tampaknya saja tidak ada. Hal itu disebabkan karena batangnya amat pendek, sehingga semua daunnya seakan-akan keluar dari bagian atas akarnya dan tersusun rapat satu sama lain merupakan suatu roset (*rosula*), misalnya lobak (*Raphanus sativus* L.), sawi (*Brassica juncea* L.) b. Tumbuhan yang jelas berbatang, yang juga dapat dibedakan: 1. Batang basah (*herbaceus*), yaitu batang yang lunak dan berair, misalnya bayam (*Amaranthus spinosus* L.). 2. Batang berkayu (*lignosus*), yaitu batang yang biasanya keras dan kuat, karena sebagian besar terdiri atas kayu, yang terdapat pada pohon-pohon (*arbores*) dan semak-semak (*frutices*), misalnya pohon mangga (*Mangifera indica* L.), semak : sidaguri (*Sida rhombifolia* L.). 3. Batang rumput (*calmus*), yaitu batang yang tidak keras, mempunyai ruas-ruas yang nyata dan seringkali berongga, misalnya batang padi (*Oryza sativa* L.) dan rumput-rumputan (*Gramineae*). 4. Batang mendong (*calamus*), seperti batang rumput, tetapi memiliki ruas-ruas yang lebih panjang, misalnya pada mendong (*Fimbristylis globulosa* Kunth.), dan tumbuhan sebangsa teki (*Cyperaceae*).

5. Akar (Radix)

Akar (radix) merupakan organ tumbuhan yang penting dalam menjaga kelangsungan hidup suatu tumbuhan, sebagaimana juga dengan daun dan batang suatu tumbuhan. Ketiga organ pokok tersebut merupakan organa nutritivum yang bertanggung jawab terhadap pertumbuhan suatu jenis tumbuhan, terutama di masa pertumbuhan vegetatifnya. Akar memiliki sifat-sifat yang khas dan berbeda dengan organ tumbuhan yang lain, meskipun tugas dan fungsi akar dalam suatu tumbuhan hampir sama dengan daun dan juga batang tumbuhan. Meskipun demikian, akar memiliki perbedaan yang khas berkenaan dengan fungsinya dalam suatu tumbuhan, termasuk bagian-bagian akar, secara morfologis memiliki kekhasan tersendiri. Sistem perakaran dalam suatu tumbuhan berbeda baik tumbuhan dikotil maupun monokotil, yang menjadi salah satu ciri morfologis untuk membedakan jenis tumbuhan termasuk dikotil atau monokotil. Demikian pula, beberapa tumbuhan memiliki akar yang berfungsi sebagai tempat cadangan makanan, serta berkaitan dengan fungsi dan tugas khusus akar dalam suatu tumbuhan, sehingga menyebabkan tumbuhan memiliki akar yang beraneka ragam bentuk dan susunannya secara morfologis.

Akar mempunyai sifat-sifat berikut : a. Bagian tumbuhan yang biasanya terdapat di dalam tanah, dengan arah tumbuh ke pusat bumi (geotrop) atau menuju ke air (hidrotrop), meninggalkan udara dan cahaya. b. Tidak berbuku-buku, tidak beruas, dan tidak mendukung daun-daun, sisik atau bagian-bagian lainnya. c. Warna tidak hijau, biasanya keputih-putihan atau kekuning-kuningan. d. Tumbuhterus pada ujungnya, tetapi kalah dengan pertumbuhan batang.e. Bentuknya meruncing, memudahkan untuk menembus tanah. Fungsi akar : a. Memperkuat berdirinya tumbuhan b. Untuk menyerap air dan zat-zat makanan yang terlarut dari dalam tanah c. Mengangkut air dan zat-zat makanan ke tempat-tempat pada

tubuh tumbuhan yang memerlukan d. Sebagai tempat untuk penimbunan makanan Bagian-bagian akar : a. Leher akar atau pangkal akar (collum), yaitu bagian akar yang bersambungan dengan pangkal batang b. Ujung akar (apex radices), bagian akar yang paling muda, terdiri atas jaringan-jaringan yang masih dapat mengadakan pertumbuhan c. Batang akar (corpus radices), bagian akar yang terdapat antara leher akar dan ujung akar d. Cabang-cabang akar (radix lateralis), bagian-bagian akar yang tak langsung bersambungan dengan pangkal batang tetapi keluar dari akar pokok dan masing-masing dapat mengadakan percabangan lagi e. Serabut akar (fibrilla radicalis), cabang-cabang akar yang halus dan berbentuk serabut f. Rambut-rambut akar atau bulu-bulu akar (pilus radicalis), bagian akar yang sesungguhnya hanya merupakan penonjolan sel-sel kulit akar yang panjang g. Tudung akar (calyptra), yaitu bagian akar yang letaknya paling ujung.

6. Buah (Fructus)

Buah (fructus) merupakan salah satu organ tumbuhan yang penting dan bertanggung jawab untuk kelangsungan hidup tumbuhan. Buah dihasilkan tumbuhan setelah mengalami peristiwa perkawinan sel jantan dan betina atau putik dan benang sari melalui peristiwa penyerbukan dan pembuahan pada bunga. Pada pembentukan buah, bagian lain dari bunga selain bakal buah juga ikut tumbuh dan menjadi bagian dari buah. Umumnya setelah penyerbukan dan pembuahan, bagian-bagian bunga selain bakal buah akan gugur, tangkai dan kepala putik juga ikut layu dan gugur. Buah yang terbentuk dari bakal buah, umumnya merupakan buah yang tidak terbungkus atau buah telanjang (fructus nudus), dinamakan juga buah sejati atau buah sungguh. Adapun bagian-bagian lain dari bunga yang ikut dalam pembentukan buah, bahkan seringkali merupakan bagian buah yang paling menarik perhatian, dinamakan buah semu atau buah palsu (fructus spurius).

Buah pada tumbuhan dibedakan dalam dua golongan, yaitu 1. Buah semu atau buah tertutup, yaitu buah yang terbentuk dari bakal buah beserta bagian-bagian lain pada bunga yang bahkan menjadi bagian utama buah itu (Lebih besar, lebih menarik perhatian, seringkali merupakan bagian buah yang bermanfaat, dapat dimakan), sedangkan buah yang sesungguhnya kadang-kadang tersembunyi. 2. Buah sungguh atau buah telanjang, yaitu buah yang terjadi dari bakal buah, dan jika ada bagian-bagian bunga lainnya yang masih tinggal bagian ini tidak merupakan bagian buah yang berarti. 1. Penggolongan Buah Semu Buah semu dapat dibedakan dalam: a. Buah semu tunggal, yaitu buah semu yang terjadi dari satu bunga dengan satu bakal buah. Misalnya: tangkai bunga pada jambu monyet (*Anacardium occidentale* L.) b. Buah semu ganda, yaitu jika dalam satu bunga ada lebih dari satu bakal buah yang bebas satu sama lain. Misalnya: buah arbe (*Fragraria vesca* L.) c. Buah semu majemuk, yaitu buah semu yang terjadi dari bunga majemuk, tapi seluruhnya ari luar tampak seperti satu buah saja. Misalnya : buah nangka (*Artocarpus integra* Merr.)

7. Biji (Semen)

Penyerbukan yang terjadi pada tumbuhan akan diikuti dengan pembuahan, bakal buah tumbuh menjadi buah, dan bakal biji tumbuh menjadi biji. Pada tumbuhan biji (Spermatophyta), biji merupakan alat perkembangbiakan yang utama, karena biji mengandung lembaga atau calon tumbuhan baru. Biji duduk pada suatu tangkai yang keluar dari papan biji atau tembuni (placenta). Tangkai pendukung dari biji tersebut disebut tali pusar (funiculus). Bagian biji tempat pelekatan tali pusar dinamakan pusar biji (hilus). Jika biji sudah masak maka tali pusarnya akan terputus, sehingga biji terlepas dari tembuninya. Bekas tali pusar umumnya akan nampak jelas pada biji. Pada biji ada kalanya tali pusar ikut tumbuh berubah sifatnya menjadi salut atau selaput biji (arillus). Bagian ini ada yang merupakan selubung biji yang sempurna ada yang hanya

menyelubungi sebagian biji saja. Salut biji ada yang : a. Berdaging atau berair dan sering kali dapat dimakan, misalnya pada biji durian (*Durio zibethius* Murr.), biji rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) dll. b. Menyerupai kulit dan hanya menutupi sebagian biji, misalnya pada biji (*Myristica fragrans* Houtt.). Salut biji pala dinamakan macis yang seperti bijinya sendiri digunakan pula sebagai bumbu untuk masak dan berbagai macam keperluan lainya. Pada biji umumnya memiliki bagian-bagian sebagai berikut: 1) Kulit biji (spermodermis) 2) Tali pusar (funiculus) 3) Inti biji atau isi biji (nucleus seminis)

8. Penerapan Morfologi Tumbuhan Dalam Dunia Farmasi.

Morfologi dan terminologi mutlak diperlukan sebagai bekal bagi siapa pun yang mempelajari Taksonomi Tumbuhan, khususnya dalam pengenalan atau identifikasi, baik identifikasi pertama kali untuk diterbitkannya publikasi yang sah, maupun untuk identifikasi ulangan, yakni identifikasi tumbuh-tumbuhan yang belum kita dikenal tetapi telah dikenal oleh ahli-ahli tumbuhan, telah diberi nama dan deskripsinya, dan telah dipublikasikan dalam berbagai bentuk karya ilmiah. Jumlah jenis tumbuhan yang dikenal seseorang lazimnya cukup banyak, meskipun pengenalannya hanya didasarkan kesan visual dan terbatas pada daya tampung ingatan saja. Untuk jenis-jenis tumbuhan yang tumbuh di lingkungan dekatnya saja barangkali belum dikenal semuanya. Ahli-ahli taksonomi pun tidak akan mampu mengenali semua jenis tumbuhan yang ada di bumi ini. Jumlahnya terlalu banyak, lagi pula memang belum semuanya teridentifikasi dan diidentifikasi. Kepulauan di Nusantara, yang kekayaan jenis tumbuhannya ditaksir meliputi 10 % kekayaan dunia, yaitu di antara 30- 40 ribu jenis tumbuh-tumbuhan yang belum semuanya dikenal. Tumbuhan yang sudah dikenali oleh para ahli termuat dalam karya karya ilmiah berupa flora atau monografi. Flora (yang berarti kekayaan berupa semua jenis tumbuhan yang ada di suatu wilayah), berarti sebuah buku yang memuat berbagai informasi mengenai semua jenis

tumbuhan yang ada di wilayah itu. Monografi merupakan suatu karya ilmiah yang memuat informasi mengenai jenis-jenis tumbuhan yang termasuk dalam unit (takson) tertentu. Baik flora maupun monografi seringkali disertai suatu sarana identifikasi berupa kunci atau tabel untuk dapat mengenali jenis-jenis tumbuhan yang nama dan berbagai informasi lainnya dimuat dalam buku itu. Kunci atau tabel tersebut memuat serentetan pertanyaan-pertanyaan, yang jika sudah terjawab akan memberitahukan nama jenis tumbuhan yang ditanyakan. Oleh karena itu, kunci atau tabel itu disebut kunci (tabel) determinasi atau kunci (tabel) identifikasi. Pertanyaan-pertanyaan yang tersusun dalam tabel determinasi merupakan pertanyaan yang sebagian besar mengenai sifat-sifat morfologi tumbuhan, hanya sebagian kecil saja mengenai hal-hal lain seperti misalnya mengenai habitat, dan lain sebagainya. Tumbuhan yang belum dikenal, tetapi telah dikenal oleh ahli-ahli tumbuhan dan termuat dalam suatu flora atau monografi, dapat dikenali dengan menggunakan kunci determinasi yang ada di dalam karya-karya itu. Untuk dapat menggunakan sarana pengenalan tumbuhan yang berupa kunci determinasi, mutlak diperlukan penguasaan morfologi dan terminologi, di samping ketajaman observasi dan ketelitian kerja. Menyusun deskripsi atau diagnosis suatu jenis tumbuhan atau takson lainnya, juga kunci determinasi, tidak dapat dilakukan dengan sembarangan, tetapi harus menggunakan cara yang tepat sehingga deskripsi atau diagnosis dan kunci determinasi tertata dengan metodis dan sistematis, sehingga memudahkan pemakainya.

B. RANGKUMAN

Kesimpulan Materi Morfologi Tumbuhan

1. Hubungan Morfologi Tumbuhan dan Farmasi:

Morfologi tumbuhan mempelajari bentuk, struktur, dan fungsi bagian-bagian tanaman. Pengetahuan ini penting dalam farmasi untuk identifikasi, ekstraksi, dan pemanfaatan tanaman sebagai sumber obat.

2. Identifikasi dan Autentikasi Tanaman Obat:

Penggunaan Karakter Morfologi: Bentuk daun, struktur bunga, jenis buah, dan pola venasi daun membantu dalam identifikasi tanaman obat. Ini memastikan keaslian bahan baku obat dan menghindari kesalahan identifikasi yang dapat berakibat fatal.

3. Ekstraksi dan Pemanfaatan Senyawa Aktif:

Bagian Tanaman yang Digunakan: Akar, batang, daun, bunga, dan biji sering mengandung senyawa aktif yang digunakan dalam obat. Misalnya, akar licorice mengandung glycyrrhizin untuk mengatasi radang.

Pentingnya Morfologi dalam Ekstraksi: Mengetahui bagian tanaman yang tepat untuk ekstraksi meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi obat.

4. Pengembangan dan Formulasi Obat:

Variasi Morfologi dan Kandungan Senyawa: Variasi dalam morfologi dapat mempengaruhi kandungan dan konsentrasi senyawa aktif. Misalnya, perbedaan dalam struktur daun dan akar dapat menyebabkan variasi dalam komposisi alkaloid pada tanaman tertentu.

Pemilihan Varietas: Varietas dengan morfologi tertentu dipilih untuk konsistensi produksi senyawa aktif yang tinggi.

5. Kualitas dan Keamanan Produk Farmasi:

Standar Morfologi untuk Kualitas: Pengetahuan tentang morfologi membantu menetapkan standar kualitas untuk bahan baku tanaman obat. Ini memastikan produk akhir memiliki konsistensi dan kemurnian yang diperlukan.

Deteksi Kontaminasi: Karakter morfologi juga membantu mendeteksi kontaminasi atau campuran bahan yang tidak diinginkan dalam produk farmasi.

6. Inovasi dalam Penggunaan Tanaman Obat:

Pemanfaatan Adaptasi Morfologi: Tanaman yang beradaptasi dengan lingkungan ekstrem sering mengembangkan senyawa unik yang dapat dimanfaatkan dalam obat baru. Misalnya, adaptasi tanaman di lingkungan kering mungkin mengarah pada penemuan senyawa antioksidan baru.

Pemahaman tentang morfologi tumbuhan sangat penting dalam bidang farmasi untuk identifikasi, ekstraksi, pengembangan, dan kontrol kualitas tanaman obat. Ini memastikan bahwa produk farmasi yang berasal dari tanaman memiliki keamanan, efektivitas, dan kualitas yang tinggi, serta mendukung inovasi dalam pengembangan obat berbasis tanaman.

C. TES FORMATIF

Berikut adalah soal tes formatif yang mencakup materi karakter morfologi tumbuhan:

Tes Formatif: Karakter Morfologi Tumbuhan

Pilihan Ganda

1. Bagian tanaman mana yang paling sering digunakan untuk mengidentifikasi tanaman obat?
 - a. Biji
 - b. Batang
 - c. Daun
 - d. Buah
2. Manakah di antara berikut ini yang merupakan karakter morfologi penting dalam memilih tanaman untuk ekstraksi senyawa obat?
 - a. Warna bunga

- b. Bentuk akar
 - c. Pola venasi daun
 - d. Ukuran buah
3. Mengapa morfologi daun penting dalam pengembangan obat herbal?
 - a. Menentukan waktu panen
 - b. Menentukan metode penyimpanan
 - c. Menentukan konsentrasi senyawa aktif
 - d. Menentukan harga pasar
 4. Senyawa yang ditemukan pada bunga tanaman tertentu sering digunakan sebagai bahan aktif dalam obat. Bagian morfologi bunga yang penting untuk identifikasi ini adalah:
 - a. Kelopak
 - b. Mahkota
 - c. Benang sari
 - d. Putik
 5. Dalam farmasi, akar tanaman sering digunakan untuk ekstraksi senyawa tertentu. Manakah di antara berikut yang merupakan fungsi utama dari akar ini?
 - a. Tempat fotosintesis
 - b. Menyimpan nutrisi
 - c. Menyerap karbon dioksida
 - d. Menarik penyerbuk

Isian Singkat

1. Bagian tanaman yang menghubungkan daun dengan batang disebut _____.
2. Untuk memastikan keaslian bahan baku obat, identifikasi morfologi _____ sering dilakukan pada tanaman obat.
3. Senyawa aktif pada tanaman biasanya terkonsentrasi pada bagian tanaman tertentu. Sebutkan salah satu bagian tanaman yang sering menjadi fokus dalam ekstraksi senyawa farmasi.
4. Struktur bunga yang menghasilkan serbuk sari dikenal sebagai _____.

5. Tanaman yang beradaptasi di lingkungan kering dan memiliki daun berbentuk duri disebut _____.

Benar atau Salah

1. Morfologi bunga tidak relevan dalam identifikasi tanaman obat. (Benar/Salah)
2. Daun yang memiliki venasi sejajar biasanya menunjukkan tanaman monokotil, yang dapat mempengaruhi kandungan senyawa aktifnya. (Benar/Salah)
3. Senyawa aktif pada tanaman sering ditemukan di bagian akar, sehingga morfologi akar menjadi penting dalam farmasi. (Benar/Salah)
4. Semua tanaman yang memiliki buah berdaging dapat digunakan sebagai sumber senyawa obat. (Benar/Salah)
5. Bagian batang tanaman yang menunjukkan adanya node dan internode membantu dalam identifikasi dan pengklasifikasian tanaman obat. (Benar/Salah)

Pertanyaan Essay

1. Jelaskan bagaimana morfologi tanaman dapat mempengaruhi kualitas dan efektivitas bahan baku obat. Berikan contoh.
2. Bagaimana adaptasi morfologi pada tanaman yang hidup di lingkungan ekstrem (misalnya, kering atau berair) dapat mempengaruhi kandungan senyawa aktifnya? Jelaskan dengan memberikan satu contoh.
3. Diskusikan pentingnya menggunakan karakter morfologi untuk memastikan keaslian dan kemurnian tanaman obat dalam produksi farmasi.
4. Bagaimana variasi dalam morfologi daun dapat mempengaruhi proses ekstraksi dan konsentrasi senyawa aktif dalam obat herbal?
5. Berikan contoh bagaimana morfologi bunga digunakan dalam identifikasi tanaman obat dan bagaimana ini dapat mempengaruhi pengembangan produk farmasi.

Pertanyaan Essay

Contoh jawaban essay harus mencakup penjelasan bagaimana karakter morfologi mempengaruhi identifikasi, kualitas, efektivitas, dan pengembangan obat dari tanaman serta aplikasi praktis dalam farmasi.

D. LATIHAN

Berikut adalah soal esai tentang morfologi tumbuhan. Soal-soal ini dirancang untuk menguji pemahaman, analisis, dan aplikasi terhadap konsep-konsep morfologi tumbuhan.

Soal Esai: Morfologi Tumbuhan

1. Deskripsikan peran utama masing-masing bagian tanaman (akar, batang, daun, bunga, dan buah) dalam morfologi tumbuhan. Jelaskan bagaimana setiap bagian berkontribusi terhadap fungsi keseluruhan tanaman dan berikan contoh spesifik dari setiap bagian.
2. Bagaimana variasi morfologi akar pada tanaman mempengaruhi kemampuan tanaman untuk menyerap air dan nutrisi dari tanah? Diskusikan adaptasi morfologi akar dalam berbagai lingkungan, seperti tanah kering dan tanah berair, serta berikan contoh tanaman yang menunjukkan adaptasi tersebut.
3. Analisis bagaimana morfologi batang mempengaruhi kemampuan tanaman untuk mendukung dan menyalurkan sumber daya. Berikan contoh tanaman dengan modifikasi batang khusus dan jelaskan manfaat morfologi batang tersebut bagi tanaman.
4. Jelaskan struktur morfologi daun yang mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan transpirasi. Diskusikan bagaimana variasi dalam bentuk, ukuran, dan venasi daun dapat mempengaruhi proses ini. Berikan contoh tanaman dengan adaptasi daun khusus dan jelaskan fungsinya.

5. Evaluasi bagaimana karakter morfologi bunga mempengaruhi proses reproduksi tanaman. Jelaskan bagaimana variasi dalam struktur bunga, seperti simetri, warna, dan ukuran, mempengaruhi penyerbukan dan keberhasilan reproduksi. Sertakan contoh tanaman dengan adaptasi morfologi bunga tertentu.
6. Diskusikan pentingnya morfologi buah dalam penyebaran biji dan kelangsungan hidup tanaman. Bagaimana variasi dalam bentuk dan struktur buah mempengaruhi metode penyebaran biji? Berikan contoh buah dengan adaptasi penyebaran khusus dan jelaskan bagaimana hal ini menguntungkan tanaman.
7. Bagaimana adaptasi morfologi pada tanaman yang hidup di lingkungan ekstrem, seperti gurun atau lahan basah, membantu tanaman bertahan hidup? Jelaskan karakter morfologi spesifik dan berikan contoh tanaman yang menunjukkan adaptasi ini.
8. Jelaskan bagaimana morfologi daun dapat membantu dalam identifikasi dan klasifikasi tanaman. Bagaimana variasi dalam bentuk, tepi, dan venasi daun digunakan dalam taksonomi tanaman? Berikan contoh spesifik dari tanaman yang sering diidentifikasi melalui karakter morfologi daunnya.
9. Bagaimana perubahan morfologi tanaman sebagai respons terhadap faktor lingkungan, seperti cahaya, air, atau suhu, dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman? Berikan contoh nyata dari tanaman yang menunjukkan perubahan morfologi sebagai respons terhadap kondisi lingkungan tertentu.
10. Jelaskan peran penting morfologi dalam evolusi dan adaptasi tanaman. Bagaimana karakter morfologi tertentu dapat memberikan keuntungan selektif dalam lingkungan tertentu? Berikan contoh dari tanaman yang menunjukkan evolusi morfologi.

KEGIATAN BELAJAR 3

STRUKTUR BAGIAN DALAM SEL TUMBUHAN

DESKRIPSI PEMBELAJARAN

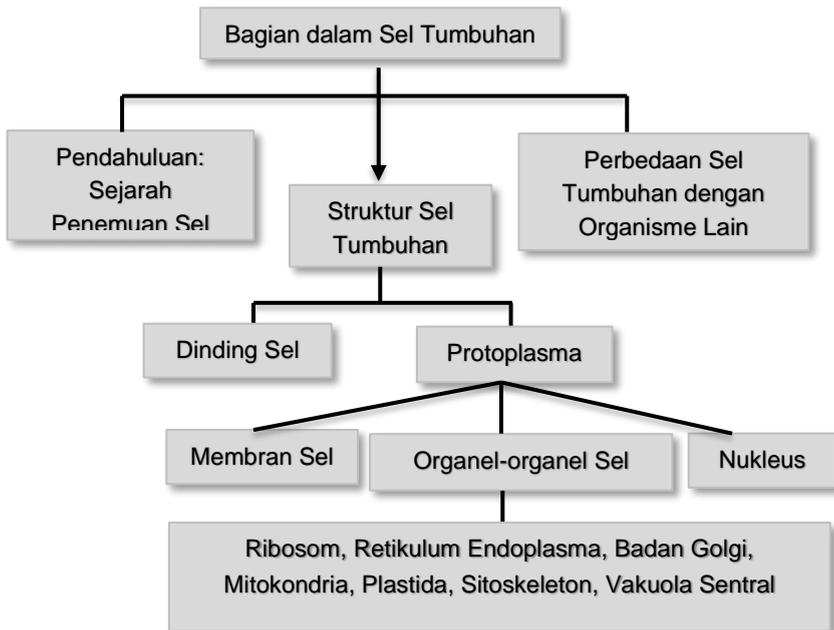
Pada bab ini mahasiswa mempelajari pengenalan dan konsep dasar struktur bagian dalam sel tumbuhan.

KOMPETENSI PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti perkuliahan ini diharapkan mahasiswa dan mahasiswi memiliki pengetahuan dan kemampuan:

1. Mampu menguraikan susunan bagian dalam sel tumbuhan
2. Mampu menjelaskan organel spesifik pada tumbuhan
3. Mampu menjelaskan perbedaan sel tumbuhan dengan organisme lain.

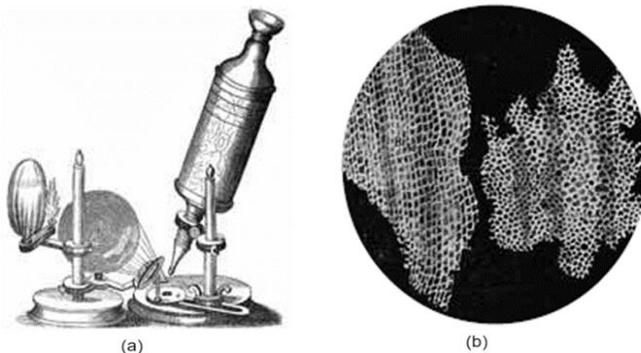
PETA KONSEP PEMBELAJARAN



A. PENDAHULUAN: SEJARAH PENEMUAN SEL

Setiap makhluk hidup tersusun atas sel, termasuk juga dengan tumbuhan. Sel tumbuhan tergolong sel multiseluler kompleks yang artinya tersusun atas banyak sel dengan tipe heterogen (berbeda-beda). Sel tumbuhan memiliki ukuran berkisar 10-100 μm yang dapat kita amati dengan bantuan mikroskop.

Penemuan sel pertama kali dikemukakan oleh Robert Hooke tahun 1665. Hooke mempelajari struktur irisan gabus dari kulit pohon oak dengan menggunakan mikroskop primitif (**Gambar 3.1a**). Hasil pengamatan yang ditemukan Hooke menunjukkan adanya unit-unit kecil berbentuk kotak-kotak yang berpori dan berlubang (seperti sebuah ruangan). Ruangan-ruangan tersebut dikenal dengan sel. Setelah itu, Hooke mencoba mengamati dari sel hidup pada tumbuhan paku dan hasil yang diperoleh menunjukkan pola yang sama (**Gambar 3.1b**). Penemuan dilanjutkan oleh peneliti-peneliti lain pada abad 17 dan 18 dengan menggunakan organisme lain hingga akhirnya dikemukakan teori sel yang menyatakan bahwa “sel adalah unit terkecil dari makhluk hidup”.



Gambar 3.1 Penemuan Sel oleh Robert Hooke Tahun 1665. (a) Mikroskop yang digunakan Robert Hooke untuk mengamati sel.

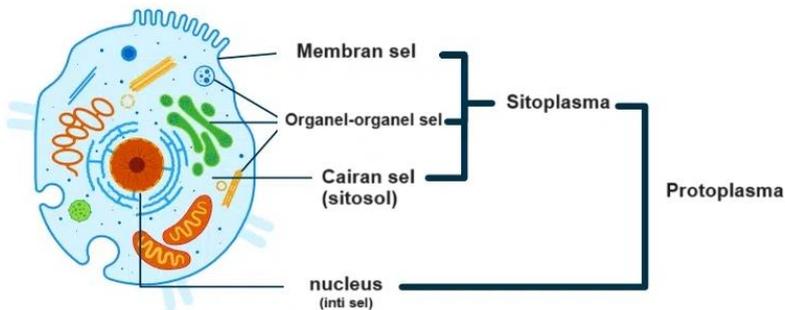
(b) Hasil pengamatan sel dari irisan gabus pohon oak

Sumber: Postletwait & Hopson 2006

B. STRUKTUR SEL TUMBUHAN

Sel tumbuhan terdiri atas dinding sel dan protoplasma. Dinding sel merupakan organel terluar dari sel yang berfungsi melindungi isi sel dan memberi bentuk pada sel, sedangkan protoplasma didefinisikan sebagai seluruh sel tumbuhan yang dikelilingi oleh dinding sel.

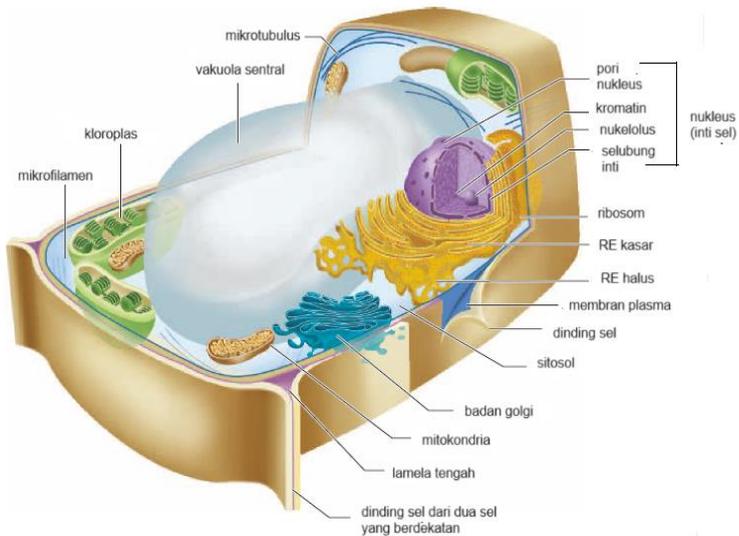
Protoplasma terdiri dari nukleus (inti sel) dan sitoplasma. Sitoplasma terdiri dari berbagai organel sel (struktur seluler) yang tersebar di sitosol (matriks sel yang berisi cairan, protein, molekul organik, dan ion-ion), sert jaringan mikrotubulus dan mikrofilamen yang membentuk sitoskeleton (berperan dalam menopang dan membentuk sel juga pergerakan sel) (**Gambar 3.2**).



Gambar 3.2 Diagram protoplasma

Sumber: Website <https://www.geeksforgeeks.org/protoplasm/>

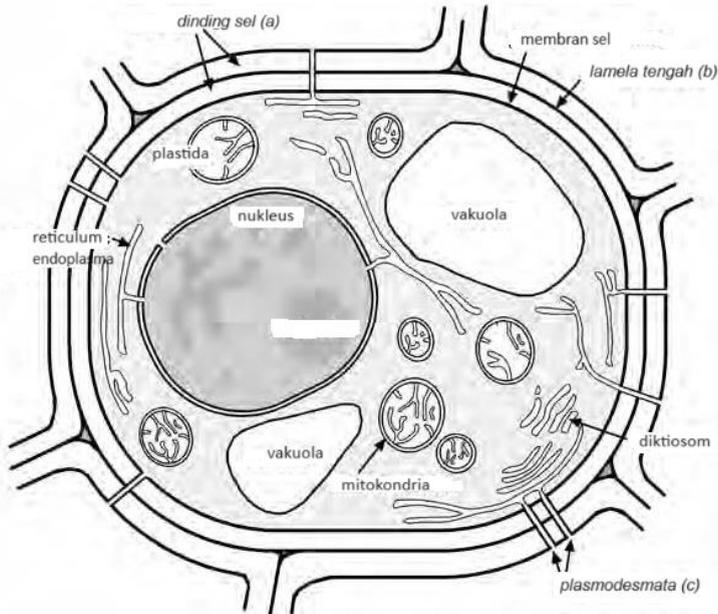
Sel tumbuhan memiliki struktur yang unik yang membedakannya dengan sel makhluk hidup lainnya. Struktur tersebut antara lain vakuola, plastida, dan dinding sel yang mengelilingi membran sel. Susunan sel tumbuhan dapat dilihat pada **Gambar 3.3** berikut.



Gambar 3.3 Gambaran Struktur Sel Tumbuhan Menggunakan Mikroskop Elektron
 Sumber: Levetin & McMahon 2008

1. Dinding Sel

Dinding sel merupakan lapisan paling luar dari sel tumbuhan yang kaku terletak di sebelah luar dari membran sel. Dinding sel menyelubungi seluruh bagian sel yang disebut sebagai protoplasma. Dinding sel tumbuhan tersusun atas beberapa komponen, yaitu: dinding sel primer, dinding sel sekunder, lamela tengah, pit/noktah, dan plasmodesmata (**Gambar 3.4**).



Gambar 3.4 Diagram sel tumbuhan yang menunjukkan komposisi dinding sel dan protoplasma.

Sumber: Rudall 2007

a. *Dinding sel primer dan sekunder*

Dinding sel dapat terdiri dari satu atau dua lapisan. Lapisan pertama disebut sebagai dinding sel primer yang terbentuk pada awal pertumbuhan sel tumbuhan. Dinding sel primer tersusun atas polisakarida terutama selulosa. Dinding sel kedua disebut sebagai dinding sel sekunder yang terletak di bagian dalam setelah dinding sel primer. Komposisi dinding sel sekunder selain selulosa adalah lignin, yaitu suatu molekul organik kompleks yang memiliki sifat keras. Pada tumbuhan kayu, lignin inilah yang menyusun kayu hingga menjadi keras. Selain lignin, dinding sel sekunder juga ada yang mengandung suberin yang tampak berlapis-lapis.

Proses terbentuknya dinding sel

Dinding sel yang terus bertumbuh disebut sebagai dinding sel primer. Selama proses pertumbuhan tersebut mikrofibril selulosa akan terus dibentuk dan terdeposit di dinding sel (proses ini disebut sebagai deposisi). Setelah proses deposisi selesai, dinding sel primer bisa kehilangan kemampuannya untuk tumbuh karena adanya peningkatan ketebalan dan kekakuan dinding sel. Dinding sel primer umumnya memiliki tebal sekitar 0,1 μm .

Setelah sel berhenti tumbuh, penambahan material tambahan di antara dinding sel primer dan membran sel terbentuk. Penambahan material ini yang akan membentuk dinding sel sekunder. Penyisipan bahan-bahan berupa lignin disebut sebagai lignifikasi. Lignin merupakan material paling banyak ditemukan pada dinding sel sekunder tumbuhan. Lignin akan bergabung dengan selulosa membentuk lignoselulosa yang merupakan polisakarida kompleks yang tidak mudah dirusak oleh patogen atau herbivor.

Selain lignin, penyisipan material pada dinding sel sekunder tumbuhan adalah berupa suberin (zat gabus) yang proses pembentukannya disebut sebagai suberinisasi. Proses pembentukan ini akan menyebabkan dinding sel kedap air dan tahan akan gesekan, maupun kerusakan yang disebabkan oleh mikroorganisme.

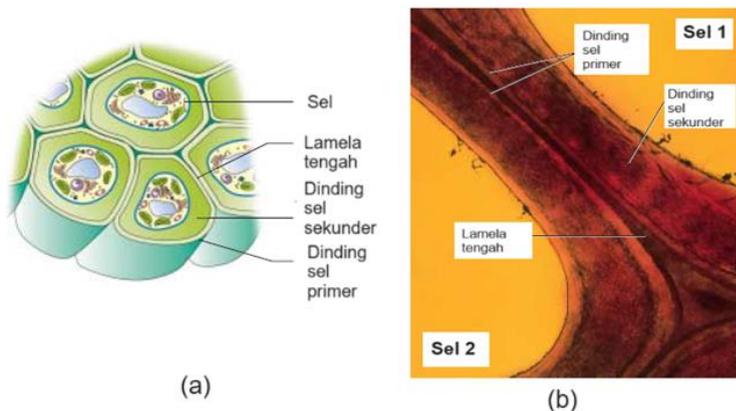
Beberapa tumbuhan dapat membentuk dinding sel sekunder hingga tiga lapis. Dinding sel sekunder jauh lebih tebal dari dinding sel primer (sekitar 10-20 μm), memberikan tambahan kekuatan namun mengurangi fleksibilitas dinding sel tumbuhan.

Selain itu, ada satu proses tambahan yang terjadi pada dinding sel tumbuhan, khususnya pada bagian epidermis,

yaitu adanya kutinisasi. Kutinisasi adalah pembentukan dinding sel dari bahan-bahan kutin yang akhirnya akan membentuk lapisan yang kita kenal kutikula. Kutikula awalnya berperan untuk memberi perlindungan dari kekeringan, yaitu dapat mencegah penguapan dan membantu pertukaran gas. Akan tetapi, fungsi kutikula kini makin berkembang yaitu memberi perlindungan terhadap kerusakan mekanisme dari lingkungan ataupun dari serangga dan mikroorganisme, serta mengurangi penyerapan sinar UV, dan pembentukan lingkungan mikro yang sesuai untuk organisme tertentu.

b. *Lamela tengah*

Lamela tengah merupakan suatu zat antar sel yang merupakan lapisan pembatas antara dua buah dinding sel yang bersebelahan (**Gambar 3.5**). Lamela tengah bertindak sebagai semen seluler dan merekatkan antar sel pada tumbuhan. Komposisi lamela tengah yang utama adalah pektin.



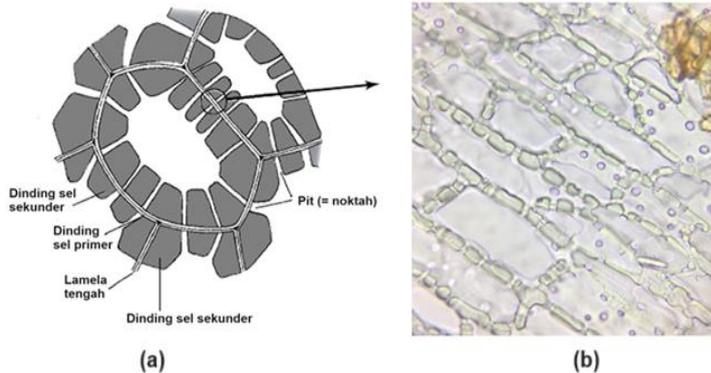
Gambar 3.5 Gambaran Lamela Tengah.

(a) Pengamatan dinding sel tumbuhan menggunakan elektron mikrograf. (b) Lamela tengah yang berada dia antara dua sel tumbuhan.

Sumber: Raven & Johnson 2001

c. *Pit (noktah)*

Dinding sel tumbuhan meskipun tersusun atas dua lapis, akan tetapi bukan merupakan struktur yang padat tidak bercelah. Pada bagian dinding sel tampak adanya celah atau yang disebut pit (= noktah) yang dapat diamati melalui mikroskop cahaya. Pit membantu dalam proses pertukaran zat material dari satu sel ke sel lainnya (Gambar 3.6).

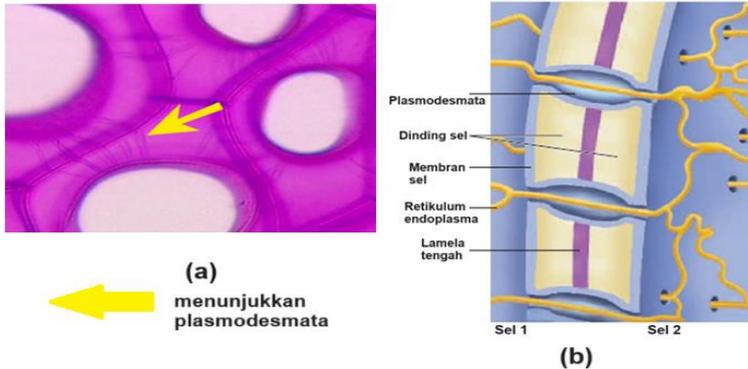


Gambar 3.6 Gambar Pit Sederhana dari Suatu Sel Tumbuhan. (a) Ilustrasi pit sederhana pada sel tumbuhan. (b) Hasil pengamatan mikroskopik pit sederhana dari preparat irisan melintang sel biji salak dengan perbesaran 10 x 10

Sumber: Raven *et al.* 2005 (Gambar a); Dokumentasi Pribadi (Gambar b)

d. *Plasmodesmata*

Selain pit, pada dinding sel tumbuhan juga ditemukan suatu benang protoplasmik yang dapat menembus pit dari dinding sel tumbuhan yang saling berdekatan sehingga protoplasma kedua sel dapat berhubungan (**Gambar 3.7**). Benang-benang tersebut dikenal sebagai plasmodesmata. Plasmodesmata memudahkan jalannya zat material dari satu sel ke sel tetangganya pada tumbuhan.



Gambar 3.7 Plasmodesmata. (a) Ilustrasi plasmodesmata di bawah pengamatan menggunakan mikroskop. (b) Ilustrasi dua buah sel yang berdekatan menunjukkan pembentukan lamela tengah dan adanya benang-benang protoplasmik yang disebut plasmodesmata
 Sumber: *unknown* (Gambar a); Levetin & McMahon 2008 (Gambar b)

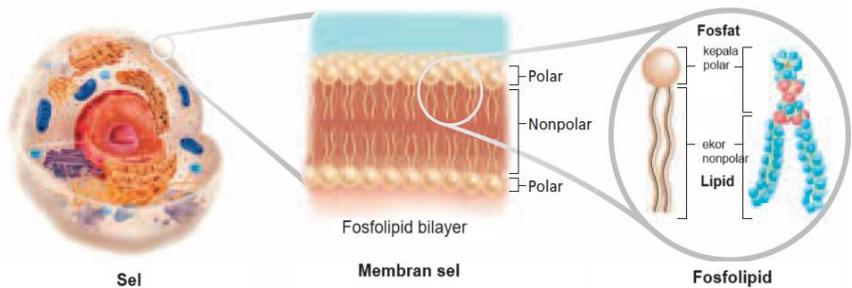
e. *Fungsi dinding sel*

- 1) Memberi bentuk dan melindungi sel. Komposisi dan struktur dinding sel memberi kekuatan fisik dan mekanik pada tumbuhan.
- 2) Menjaga tekanan turgor pada sel tumbuhan.
- 3) Membantu melewati molekul-molekul kecil yang larut dalam air serta ion-ion seperti oksigen, karbon dioksida, nitrat, fosfat, gula, dan asam amino.
- 4) Sebagai pertahanan bagi tumbuhan terhadap serangan patogen dan respons terhadap luka

2. Membran Sel

Membran sel merupakan lapisan terluar dari protoplasma yang memisahkan sel dengan lingkungan luarnya. Membran sel tersusun atas fosfolipid bilayer dan protein dengan tebal sekitar 5-10 nm. Fosfolipid terdiri dari fosfat yang bersifat polar pada

bagian kepala dan dua lipid yang nonpolar pada bagian ekor (**Gambar 3.8**). Kepala fosfat bersifat hidrofilik (menyukai air) selalu menghadap ke arah luar bertemu dengan lingkungan dalam sel atau luar sel yang berisi air, sedangkan lipid selalu menjauhi air karena bersifat hidrofobik (takut air).



Gambar 3.8 Susunan Fosfolipid Bilayer dari Membran Sel.

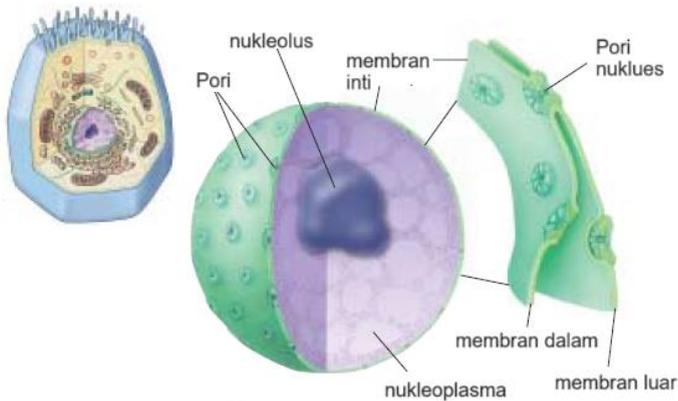
Sumber: Postletwait & Hopson 2006

Fungsi utama dari membran sel adalah mengatur lalu lintas ion dan molekul yang masuk atau keluar dari sel. Membran sel bersifat semi permeabel sehingga tidak akan memasukkan suatu zat jika tidak dibutuhkan oleh sel. Selain itu, membran sel juga berperan sebagai reseptor terhadap hormon-hormon dan zat kimia lain.

3. Nukleus (Inti sel)

Nukleus merupakan bagian paling penting dalam suatu sel karena berperan sebagai pusat pengendali kerja sel dan sebagai pembawa informasi materi genetik, yaitu kromosom, DNA, dan RNA. Nukleus berbentuk seperti bola dan diselubungi oleh membran inti ganda (membran dalam dan luar). Selubung tersebut memiliki struktur pori yang berdiameter sekitar 100 nm (**Gambar 3.9**). Pori-pori inti berperan memberikan jalan bagi RNA atau material lainnya untuk masuk dan keluar nukleus.

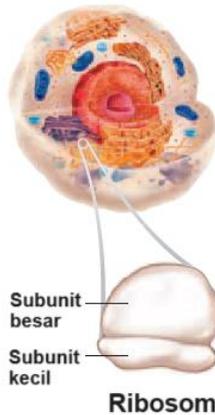
Seperti halnya sitoplasma, nukleus juga memiliki cairan kental yang tersimpan di dalamnya berbagai protein, enzim, air, ion, dan kromatin. Selain itu, di dalam nukleus terdapat nukleolus (anak inti sel). Nukleolus juga berbentuk seperti bola namun tidak terikat membran. Nukleolus merupakan tempat terkonsentrasinya DNA ketika dalam proses pembentukan RNA ribosomal.



Gambar 3.9 Struktur Nukleus
Sumber: Raven & Johnson 2001

4. Ribosom

Ribosom merupakan organel kecil yang berbentuk seperti bola. Ribosom tersusun atas sub unit kecil dan besar yang berperan dalam sintesis protein. Ribosom dapat ditemukan tersebar pada sitosol, namun ada juga yang melekat pada organel sel lainnya, yaitu retikulum endoplasma (**Gambar 3.10**).



Gambar 3.10 Struktur Ribosom
Sumber: Raven & Johnson 2001

5. Retikulum Endoplasma

Retikulum endoplasma (RE) merupakan suatu struktur yang berbentuk saluran pipih dan bermuara di inti sel, tampak seperti jala yang berongga. Fungsi RE berkaitan erat dengan transportasi material dalam sel, sintesis protein dan sintesis lemak.

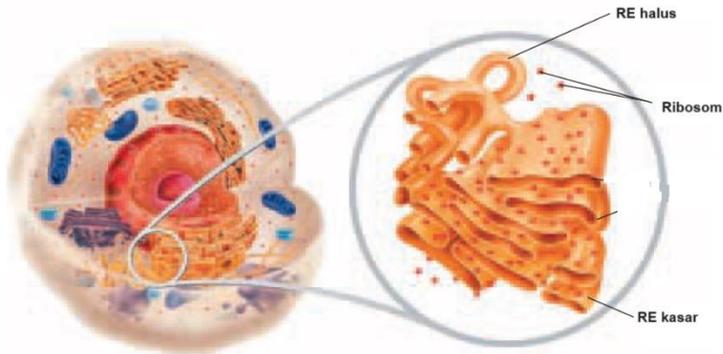
Terdapat dua macam RE, yaitu RE kasar (RE yang dilekati ribosom) dan RE halus (yang tidak dilekati ribosom) (**Gambar 3.11**).

a. *RE Kasar*

RE kasar merupakan saluran penghubung yang dilekati ribosom. RE kasar menghasilkan fosfolipid dan protein. RE tipe ini paling banyak ditemui di dalam sel.

b. *RE Halus*

RE halus tidak dilekati ribosom sehingga penampakkannya terlihat halus. RE halus berperan dalam sintesis lipid



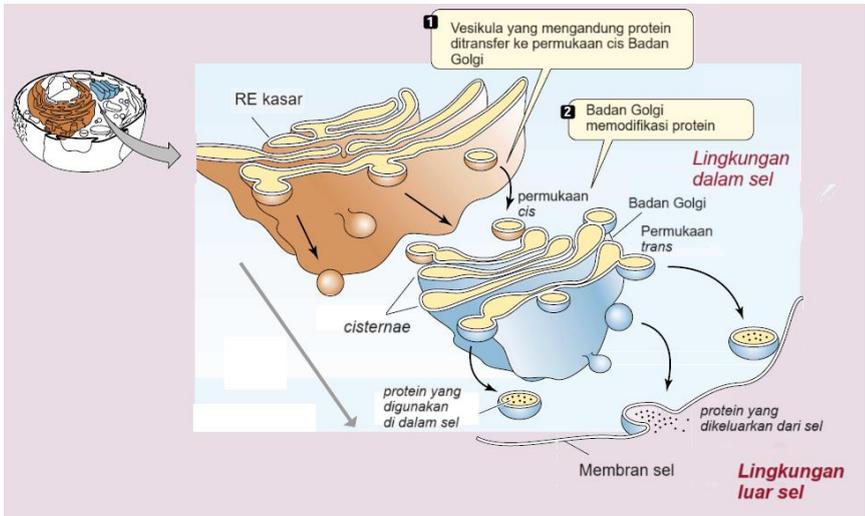
Gambar 3.11 Struktur Retikulum Endoplasma
Sumber: Raven & Johnson 2001

6. Badan Golgi

Badan Golgi berupa kantung membran pipih yang disebut *cisternae* dan vesikel kecil yang tertutup membran. *Cisternae* tampak terletak menyatu seperti tumpukan piring (**Gambar 3.12**). Badan golgi memiliki dua permukaan, yaitu *cis* dan *trans*. Permukaan *cis* berperan dalam pengambilan vesikula dari RE. Sebaliknya, permukaan *trans* untuk pembentukan dan pelepasan vesikula.

Fungsi Badan Golgi:

- Menerima protein dari retikulum endoplasma dan memodifikasinya.
- Mengkonsentrasikan mengemas, dan menyortir protein sebelum diantar ke bagian dalam atau luar sel.
- Tempat disintesisnya polisakarida penyusun dinding sel tumbuhan

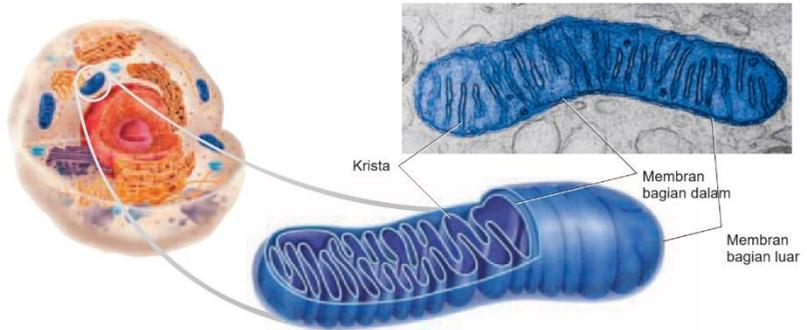


Gambar 3.12 Susunan Badan Golgi dan Transportasi Protein
Sumber: Purves *et al.* 2003

7. Mitokondria

Mitokondria merupakan organel yang berperan mengubah molekul organik menjadi Adenosin Trifosfat (ATP) sebagai sumber energi bagi sel. Semakin aktif suatu sel, maka akan semakin banyak mitokondria yang dimiliki. Begitupun sebaliknya, sel yang tidak terlalu aktif akan memiliki jumlah mitokondria yang lebih sedikit.

Mitokondria memiliki dua lapis membran, yaitu membran dalam dan membran luar. Membran luar memisahkan mitokondria dengan sitosol serta memberikan sedikit resistensi terhadap pergerakan zat masuk dan keluar mitokondria. Lapisan setelah membran luar adalah membran dalam yang mengalami pelekukan-pelekukan sehingga memiliki luas permukaan yang jauh lebih besar dibandingkan membran luar. Lipatan ini cenderung teratur dan membentuk struktur seperti rak yang disebut krista. Krista mengandung banyak molekul protein yang memanen sejumlah energi hasil dari reaksi kimia (respirasi sel) (**Gambar 3.13**).



Gambar 3.13: Struktur Mitokondria
 Sumber: Postletwait & Hopson 2006

Membran bagian dalam memiliki kontrol yang lebih besar terhadap apa yang masuk dan keluar dari mitokondria dibandingkan membran bagian luar. Daerah yang dikelilingi membran dalam disebut matriks mitokondria. Selain mengandung banyak protein, matriks tersebut mengandung beberapa ribosom dan DNA yang digunakan untuk sintesis protein yang dibutuhkan dalam respirasi sel.

8. Plastida

Plastida merupakan salah satu organel unik yang dimiliki tumbuhan yang berperan dalam fotosintesis. Plastida diselubungi dua membran dan memiliki DNA, sama halnya dengan mitokondria. Akan tetapi, ukuran plastida lebih besar dari mitokondria dan strukturnya lebih kompleks.

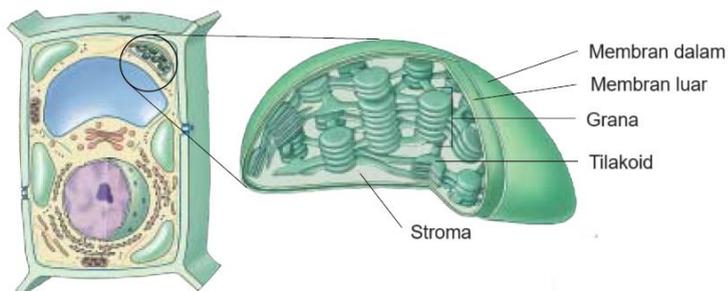
Ada beberapa tipe plastida, yaitu: kloroplas, kromoplas, dan leukoplas.

a. Kloroplas

Kloroplas mengandung pigmen hijau yang disebut klorofil yang berperan dalam fotosintesis. Sama halnya dengan mitokondria, kloroplas juga merupakan penghasil energi melalui fotosintesis. Fotosintesis mengubah energi cahaya

menjadi energi kimia. Molekul-molekul yang terbentuk dari hasil fotosintesis menjadi sumber makanan bagi tumbuhan serta organisme lain yang memakannya.

Struktur kloroplas seperti mitokondria, yaitu memiliki membran dalam dan luar. Di bagian membran dalam, terdapat kompartemen tertutup berupa membran bertumpuk yang disebut grana. Kloroplas bisa mengandung 100 atau lebih grana, dan setiap grananya berisi struktur berbentuk cakram yang disebut tilakoid. Membran pada tilakoid mengandung fosfolipid, protein, dan pigmen penangkap cahaya seperti klorofil. Tilakoid dari satu grana mungkin terhubung dengan grana lainnya. Di sekeliling tilakoid terdapat cairan matriks yang disebut stroma. Stroma kloroplas mengandung ribosom dan DNA yang digunakan untuk mensintesis beberapa protein pembentuk kloroplas (**Gambar 3.14**).

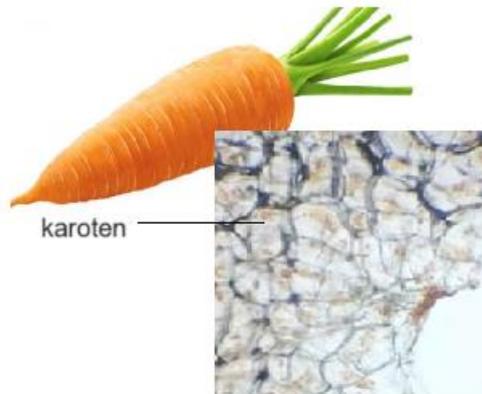


Gambar 3.14 Struktur Kloroplas
Sumber: Raven & Johnson 2001

b. Kromoplas

Kromoplas merupakan plastida yang mengandung pigmen berwarna selain hijau. Sebagai contoh sel-sel akar wortel mengandung kromoplas dengan pigmen orans karoten (**Gambar 3.15**). Kromoplas pada mahkota bunga bisa berupa pigmen merah, ungu, kuning, atau putih. Kromoplas

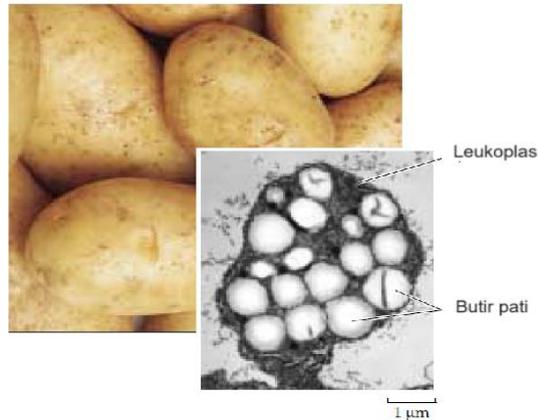
tidak mempunyai fungsi kimiawi yang diketahui di dalam sel, namun warna yang diberikannya pada beberapa kelopak bunga dan buah-buahan mungkin mendorong hewan untuk mengunjungi bunga sehingga dapat membantu proses penyerbukan.



Gambar 3.15 Pigmen Karoten pada Umbi Wortel
(perbesaran 10 x 10)
Sumber: Dokumentasi Pribadi

c. *Leukoplas*

Leukoplas merupakan organel pada tumbuhan yang kekurangan pigmen dan struktur internal kompleks yang kompleks. Pada sel akar dan beberapa sel tumbuhan lainnya, leukoplas dapat berfungsi sebagai tempat penyimpanan pati dan lemak. Leukoplas yang menyimpan pati disebut amiloplas, leukoplas penyimpan lemak disebut elaioplas, dan leukoplas penyimpan protein disebut proteoplas (**Gambar 3.16**).



Gambar 3.16 Leukoplas pada Kentang yang mengandung Pati
Sumber: Purves *et al.* 2003

9. Sitoskeleton

Sitoskeleton merupakan jaringan tubul (tabung) tipis dan filamen yang melintasi sitosol. Tubul dan filamen memberi bentuk pada sel dari dalam dengan cara yang sama seperti tiang tenda menopang bentuk tenda. Sitoskeleton juga bertindak sebagai system jalur internal, tempat benda-benda bergerak di dalam sel. Terdapat tiga jenis sitoskeleton berdasarkan strukturnya, yaitu mikrotubulus, mikrofilamen, dan filamen intermediat (**Gambar 3.17**).

a. Mikrotubulus

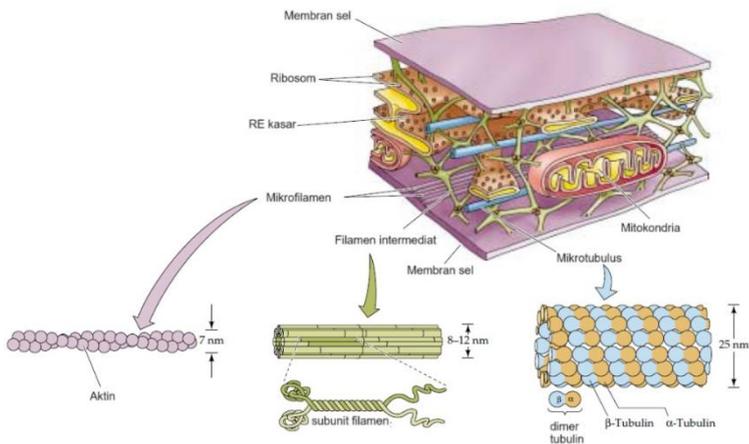
Mikrotubulus merupakan tabung berongga yang terbentuk dari protein yang disebut tubulin. Setiap molekul tubulin mengandung dua subunit berbeda, yaitu subunit α dan β . Mikrotubulus menahan organel di tempatnya, mempertahankan bentuk sel, dan bertindak sebagai jalur yang memandu organel dan molekul saat bergerak di dalam sel.

b. *Mikrofilamen*

Mikrofilamen adalah filamen panjang dari protein aktin yang dihubungkan ujung ke ujung dan dililitkan satu sama lain seperti dua helai tali. Mikrofilamen berperan dalam pergerakan sel.

c. *Filamen intermediat*

Filamen intermediat terdiri dari protein berserat yang disusun menjadi keras, kumpulan seperti tali yang menstabilkan struktur sel dan membantu mempertahankan bentuk, salah satunya mempertahankan bentuk nukleus.



Gambar 3.17 Struktur Sitoskeleton

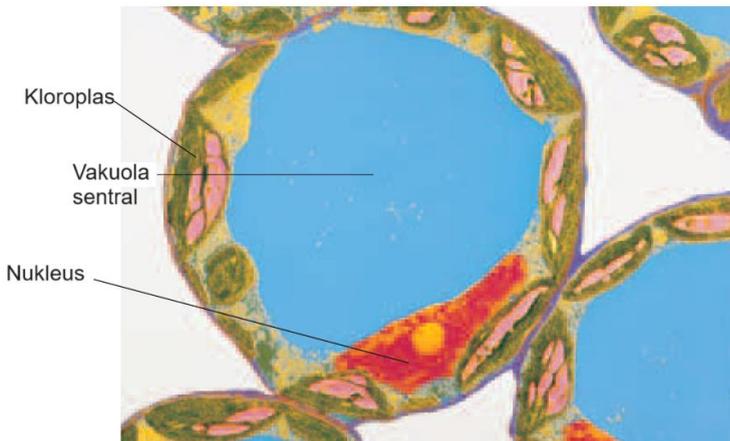
Sumber: Purves *et al.* 2003

10. Vakuola Sentral

Sel tumbuhan memiliki suatu organel yang besar sebagai tempat penyimpanan yang disebut vakuola sentral. Vakuola sentral pada tumbuhan merupakan organel paling besar bahkan bisa menempati 90% volume sitoplasma. Vakuola ini terdiri dari air dan material lain, seperti gula, ion, dan pigmen.

Vakuola sentral berperan sebagai pusat penyimpanan zat-zat penting pada tumbuhan dan membantu peningkatan rasio permukaan terhadap volume sel. Gambar 3.18 menunjukkan

bahwa vakuola sentral terbentuk ketika vakuola-vakuola kecil menyatu. Keberadaan vakuola ini dapat menekan organel-organel lain menjadi lapisan yang tipis ke arah membran sel. Ketika keberadaan air penuh, air akan mengisi vakuola sentral, sehingga sel akan membesar dan dapat berdiri tegak. Akan tetapi, ketika kondisi kering, vakuola akan kehilangan air sehingga sel mengerut dan tumbuhan menjadi layu.



Gambar 3.18 Vakuola Sentral pada Tumbuhan
Sumber: Postletwait & Hopson 2006

Selain vakuola sentral, ada juga vakuola-vakuola lainnya sebagai tempat penyimpanan tumbuhan. Sebagai contoh, vakuola dari pohon akasia menyimpan racun yang dapat berperan sebagai mekanisme pertahanan tumbuhan dari predator pemakan tumbuhan. Sel tumbuhan tembakau menyimpan racun nikotin dalam vakuolanya. Vakuola lainnya dapat juga menyimpan pigmen seperti pigmen berwarna-warni yang ditemukan pada mahkota bunga mawar.

Berikut ringkasan struktur bagian dalam sel tumbuhan beserta fungsinya (**Tabel 3.1**).

Tabel 3.1 Struktur Sel Tumbuhan dan Fungsinya

Struktur	Deskripsi	Fungsi
Dinding sel	Selulosa	Perlindungan dan penopang
Plasmodesmata	Seperti jembatan sitoplasma	Perpindahan zat dari satu sel ke sel lainnya
Membran sel	Fosfolipid bilayer beserta protein dan karbohidrat	Mengatur keluar masuknya zat ke dalam sel atau sebaliknya
Vakuola	Kantunng berisi air	Sebagai penyimpanan berbagai zat
Nukleus	Memiliki membrane inti ganda	Pusat pengendali sel, dan berperan dalam sintesis protein serta reproduksi sel
Ribosom	Sub unit kecil dan besar	Tempat terjadinya sintesis protein
Retikulum endoplasma	Saluran penghubung dalam sel	Transportasi dan sintesis protein
Badan Golgi	Berupa kantung membran pipih	Mengemas dan menyortir protein
Plastida	Memiliki membrane ganda dan mengandung pigmen	Fotosintesis dan sebagai penyimpan zat

Mitokondria	Memiliki mebran ganda	Respirasi sel
Sitoskeleton	Mikrotubulus, mikrofilamen, dan filamen intermediat	Penopang sel, pemberi bentuk sel, dan pergerakan sel

C. PERBEDAAN SEL TUMBUHAN DENGAN ORGANISME LAIN

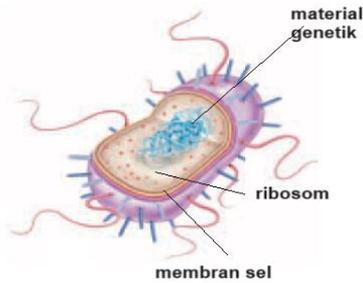
1. Sel Tumbuhan dengan Sel Hewan

Perbedaan utama sel hewan dan tumbuhan terletak pada keberadaan dinding sel. Sel hewan tidak memiliki dinding sel, sedangkan sel tumbuhan memiliki dinding sel dengan komposisi utamanya adalah selulosa. Perbedaan kedua adalah keberadaan plastida juga menjadi pembeda antara sel hewan dan tumbuhan. Plastida merupakan organel yang berperan dalam proses fotosintesis yang merupakan ciri khas dari tumbuhan, sedangkan sel hewan tidak memiliki plastida. Selain itu, sel tumbuhan memiliki vakuola yang besar, sedangkan pada sel hewan jika ditemukan vakuola umumnya kecil.

2. Sel Tumbuhan dengan Sel Bakteri (Prokariot)

Berdasarkan keberadaan membran pada nukleus, sel tumbuhan tergolong dalam sel eukariotik sedangkan bakteri masuk ke dalam sel prokariotik. Sel prokariotik tidak memiliki nukleus dikarenakan materi genetiknya tidak diselubungi oleh membran. Keberadaan material genetik pada sel bakteri terpusat di daerah inti yang disebut nukleoid.

Meskipun tergolong sel prokariotik, sel bakteri memiliki dinding sel seperti sel tumbuhan namun komposisi penyusun dinding selnya berbeda. Sel tumbuhan disusun oleh selulosa, sedangkan dinding sel bakteri disusun oleh peptidoglikan. Sel bakteri juga tidak memiliki organel sebanyak sel tumbuhan. Kesamaan isi sel yang dapat ditemui hanyalah ribosom, material genetik, dan membran sel (**Gambar 3.19**).



Gambar 3.19 Gambar Struktur Sel Bakteri
 Sumber: Postletwait & Hopson 2006

3. Sel Tumbuhan dengan Sel Fungi

Fungi merupakan mikroorganisme eukariotik yang juga memiliki dinding sel seperti tumbuhan. Akan tetapi, komposisi dinding selnya berbeda. Dinding sel fungi tersusun atas glukukan dan kitin. Selain itu, sel fungi tidak memiliki kloroplas sehingga tidak dapat melakukan fotosintesis.

Perbedaan sel tumbuhan dengan organisme lain dirangkum pada **Tabel 3.2**.

Tabel 3.2 Perbedaan Bagian-bagian Sel antar Mahluk Hidup

Struktur Sel	Sel Tumbuhan	Sel Hewan	Sel Fungi	Sel Bakteri
Tipe sel	Eukariotik	Eukariotik	Eukariotik	Prokariotik
Dinding sel	Selulosa	Tidak ada	Kitin dan glukukan	Peptidoglikan
Plastida	Ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
Vakuola	Besar mengandung air. Disebut vakuola sentral	Tidak ada, jika ada kecil-kecil	Tidak ada	Tidak ada

D. RANGKUMAN

Sel tumbuhan merupakan sel eukariotik dengan keunikan struktur yang berbeda dengan organisme lainnya. Sel tumbuhan memiliki keunikan pada komposisi dinding sel, keberadaan plastida, dan vakuola sentral. Dinding sel tumbuhan mengandung selulosa, memiliki pit dan plasmodesmata yang dapat membantu dalam transpor bahan material antar sel. Ciri khas sel tumbuhan juga memiliki plastida sebagai organel yang berperan dalam fotosintesis. Organel unik lainnya adalah keberadaan vakuola yang besar yang disebut sebagai vakuola sentral. Vakuola berperan sebagai tempat penyimpanan berbagai zat bagi tumbuhan.

E. TES FORMATIF

1. Tokoh yang pertama kali mengamati sel dari irisan gabus pohon oak adalah
 - a. Rudolf Virchow
 - b. Mathias Schleiden
 - c. Theodore Schwann
 - d. Robert Hooke
 - e. Carolus Linnaeus
2. Penyusun pada dinding sel sekunder tumbuhan yang membuat dinding sel keras dan kaku adalah ...
 - a. Selulosa
 - b. Suberin
 - c. Kutikula
 - d. Kitin
 - e. Lignin
3. Pernyataan berikut yang **tidak sesuai** dengan dinding sel tumbuhan adalah
 - a. Penyusun utamanya adalah selulosa
 - b. Berada di sisi luar membran sel
 - c. Berperan untuk menopang sel

- d. Dinding sel memisahkan antar sel yang saling berdekatan
 - e. Bersifat semirigid
4. Hubungan antara dua plasma sel tumbuhan yang berperan membantu jalannya bahan-bahan dari satu sel ke sel lainnya adalah
- a. Plasmodesmata
 - b. Sitoplasma
 - c. Membran plasma
 - d. Vakuola
 - e. Plastida
5. Berikut merupakan fungsi membran sel, **kecuali**
- a. Memberi bentuk pada sel
 - b. Melindungi isi sel
 - c. Sebagai pembatas antara isi sel dengan lingkungannya (barier)
 - d. Mengatur lalu lintas ion dan molekul ke dalam dan ke luar sel (selektif permeabel)
- e. Reseptor terhadap hormon-hormon dan zat kimia lain
6. Organel sel yang berfungsi mengendalikan seluruh aktivitas sel adalah
- a. Membran sel
 - b. Inti sel
 - c. Ribosom
 - d. Mitokondria
 - e. Badan golgi
7. Pernyataan berikut yang **tidak sesuai** dengan mitokondria adalah
- a. Mitokondria sebagai situs respirasi sel
 - b. Mitokondria memiliki matriks yang mengandung DNA dan ribosom
 - c. Membran bagian dalam mitokondria melekok membentuk krista
 - d. Mitokondria berwarna hijau karena memiliki klorofil
 - e. Mitokondria menghasilkan banyak ATP
8. Sitoskeleton tersusun dari

- a. Silia, flagella, mikrofilamen
 - b. Silia, mikrotubulus, mikrofilamen
 - c. Mikrotubulus, mikrofilamen, filamen intermediat
 - d. Flagella, filamen intermediat
 - e. Flagella, mikrotubulus, mikrofilamen
9. Pernyataan berikut yang sesuai dengan plastida adalah
- a. Ditemukan pada sel prokariotik
 - b. Diselubungi oleh membran tunggal
 - c. Merupakan situs untuk respirasi
 - d. Dapat ditemui pada Fungi
 - e. Terdiri dari beberapa tipe dengan fungsi masing-masing
10. (1) Kloroplas
 (2) Kromoplas
 (3) Elaioplas
 (4) Amiloplas
 (5) Proteoplas
- Yang merupakan komponen Leukoplas adalah
- a. 1,2,3
 - b. 2,3,4
 - c. 3,4,5
 - d. 1,2,5
 - e. 2,4,5

F. LATIHAN

Sel sebagai struktur terkecil dari tumbuhan telah memberi banyak pengetahuan dan perkembangan dalam dunia kesehatan dan farmasi. Berikan beberapa contoh pengembangan penelitian dalam dunia kesehatan berbasis pengetahuan sel tumbuhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminuddin, N. (2018). *Farmakognosi dan Fitokimia: Pengantar* (2nd ed.). Penerbit Universitas Indonesia (UI Press).
- Arifah, M. (2016). *Tumbuhan Obat dan Fitofarmaka*. Gadjah Mada University Press.
- Astuti, I. (2020). *Tanaman Obat untuk Kesehatan*. Penebar Swadaya.
- Bahri, S., & Nurhasanah. (2017). *Farmakognosi: Buku Ajar* (1st ed.). Penerbit Andi.
- Croteau, R., Kutchan, T. M., & Lewis, N. G. (2000). Natural Products: Secondary Metabolites. In *Biochemistry & Molecular Biology of Plants* (pp. 1250–1318). https://doi.org/10.1007/978-981-13-2023-1_33
- Dalimartha, S. (2008). *Atlas Tumbuhan Obat Indonesia* (Vols. 1-7). Puspa Swara.
- Darmono, S. (2001). *Tumbuhan Obat dan Khasiatnya*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Dominguez, Eva, et al. 2011. The Biophysical Design of Plant Cuticles: An Overview. *New Phytologist*. 189: 938-949.
- Evert, Ray F. 2006. *Esau's Plant Anatomy: Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Gembong Tjitrosoepomo. 2007. *Morfologi Tumbuhan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

- Hardjosuwarno, S & Wiryohardjo, S. 1979. Petunjuk Praktikum Morfologi Tumbuhan. Laboratorium Taksonomi Tumbuhan Fakultas Biologi UGM, Yogyakarta.
- Hartman, H. T. & D. E. Kester. 1983. Plant Propagation: Principle and Practices. New Jersey: 4th edition. Prantice-Hall Inc. Engle Wood Cliffs.
- Korniievskiy, Y. I., Korniievskaya, V. H., Kulichenko, A. K., Panchenko, S. V., & Mazulin, H. V. (2021). Pharmaceutical Botany. In Pharmaceutical botany /. Zaporizhzhia: Zaporizhzhia State Medical University. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.137024>
- Lawrence, G. H. M. 1959. Taxonomy of Vascular Plants. The Macmillan Company, New York.
- Levetin, Estelle & McMahon, Karen. 2008. Plants & Society, 5th Edition. The McGraw-Hill Companies.
- Li, R., He, Y., Chen, J., Zheng, S., & Zhuang, C. (2023). Research Progress in Improving Photosynthetic Efficiency. International Journal of Molecular Sciences, 24(11), 1–13. <https://doi.org/10.3390/ijms24119286>
- López-Pacheco, I. Y., Rodas-Zuluaga, L. I., Fuentes-Tristan, S., Castillo-Zacarías, C., Sosa-Hernández, J. E., Barceló, D., ... Parra-Saldívar, R. (2021). Phycocapture of CO₂ as an option to reduce greenhouse gases in cities: Carbon sinks in urban spaces. Journal of CO₂ Utilization, 53(November). <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2021.101704>
- Mardisiswojo, S. (2002). Tanaman Obat untuk Fitofarmaka*. Kanisius.

- Matsuura, H. N., Malik, S., de Costa, F., Yousefzadi, M., Mirjalili, M. H., Arroo, R., ... Fett-Neto, A. G. (2018). Specialized Plant Metabolism Characteristics and Impact on Target Molecule Biotechnological Production. *Molecular Biotechnology*, 60(2), 169–183. <https://doi.org/10.1007/s12033-017-0056-1>
- Moelyono, S. (2015). *Farmakologi dan Toksikologi Tumbuhan Obat*. Penerbit Universitas Brawijaya.
- Pagare, S., Bhatia, M., Tripathi, N., Pagare, S., & Bansal, Y. K. (2015). Secondary metabolites of plants and their role: Overview. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 9(3), 293–304.
- Postlethwait, John H & Hopson, Janet L. 2006. *Modern Biology*. Orlando: A Harcourt Education Company.
- Purves, William K, et al. 2003. *Life: The Science of Biology 7th Edition*. Sinauer Associates and W. H. Freeman.
- Purwaningsih, Ayu. 2024. Tatkala Orangutan Sumatra menjadi Dokter bagi diri sendiri. *Deutsche Welle*. 15 Mei 2024. <https://www.dw.com/id/tatkala-orang-utan-sumatra-jadi-dokter-buat-diri-sendiri/a-69077180>.
- Raven, Peter H & Johnson, George B. 2001. *Biology 6th Edition*. McGraw-Hill Science.
- Raven, Peter H, et al. 2005. *Biology of Plants*. W.H. Freeman.
- Reece, Jane B, et al. 2011. *Campbell Biology 10th Edition*. Boston: Pearson.

- Rudall, Paula J. 2007. *Anatomy of Flowering Plants: An Introduction to Structure and Development*. New York: Cambridge University Press.
- Sadikin, M. (2009). *Farmakognosi: Bahan Alam untuk Sediaan Farmasi* (1st ed.). Penerbit ITB.
- Serra, Olga & Geldner, Niko. 2022. The Making of Suberin. *New Phytologist*. 235: 848-866.
- Srivastava, V., McKee, L. S., & Bulone, V. (2017). Plant Cell Walls. *ELS*, (July), 1–17. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0001682.pub3>
- Srivastava, Vaibhav, et al. 2017. *Plant Cell Walls*. Chichester: eLS. John Wiley & Sons, Ltd.
- Terletskaya, N. V., Seitimova, G. A., Kudrina, N. O., Meduntseva, N. D., & Ashimuly, K. (2022). The Reactions of Photosynthetic Capacity and Plant Metabolites of *Sedum hybridum* L. in Response to Mild and Moderate Abiotic Stresses. *Plants*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/plants11060828>
- Thorpe, Trevor. 2012. History of Plant Tissue Culture. *Methods Mol Biol*. 877: 9-27.
- What is Protoplasm?. 203. Website: <https://www.geeksforgeeks.org/protoplasm/>
- Zandavar, H., & Babazad, M. A. (2023). Secondary Metabolites: Alkaloids and Flavonoids in Medicinal Plants. In *Herbs and Spices - New Advances* (pp. 1–28). <https://doi.org/10.5772/intechopen.108030>

TENTANG PENULIS



Desy Muliana Wenas, S.Si., M.Si.

Ia adalah dosen tetap Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi, Institut Sains dan Teknologi Nasional. Saat ini sedang menjalani Program Doktor Ilmu Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Indonesia dengan topik disertasi yakni tentang Antiaging dari bahan alam. Sebelumnya mengikuti Pendidikan Program S1 Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan Magister Herbal Estetik Fakultas Farmasi di Universitas Indonesia. Lahir pada tahun 1983 di Jakarta. Penulis adalah anak ke-dua dari lima bersaudara dari pasangan bapak Muliono dan (alm.) Ibu Sri.

Mengampu mata kuliah Botani Farmasi, Farmakognosi, Fitokimia, Mikrobiologi dan Parasitologi. Selama ini terlibat aktif sebagai dosen pembimbing mahasiswa dalam penelitian bidang dengan luaran publikasi jurnal Nasional Bereputasi dan jurnal Internasional berindeks Scopus. Telah menulis 4 Buku yakni Ilmu Gizi dan Diet, Farmakologi Sosial dan Pengelolaan Obat, Bakteriologi serta Senyawa Fitokimia : Uji Antiaging Kulit secara In Vitro.

Nurul Inayah Islandar, S.Si., Apt., M.M., M.K.M



Vilya Syafriana, S.Si., M.Si.

Seorang dosen tetap Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi, Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN), Jakarta. Penulis lahir di Jakarta pada 4 Januari 1982. Penulis merupakan seorang ibu dari dua anak dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh Pendidikan Sarjana (S1) dan Magister (S2) di Prodi Biologi Fakultas Ilmu Pengetahuan dan Matematika (FMIPA) Universitas Indonesia (UI). Saat ini penulis juga sedang menyelesaikan Program Doktor Biologi, FMIPA UI. Buku yang telah ditulis dan terbit berjudul di antaranya: Bakteriologi dan Fisiologi Reproduksi. Telah menulis sebanyak lebih dari 50 artikel baik di Jurnal Nasional maupun Internasional.

Penerbit :

PT. Sonpedia Publishing Indonesia

Buku Gudang Ilmu, Membaca Solusi
Kebodohan, Menulis Cara Terbaik
Mengikat Ilmu. Everyday New Books

SONPEDIA.COM
PT. Sonpedia Publishing Indonesia

Redaksi :

Jl. Kenali Jaya No 166

Kota Jambi 36129

Tel +6282177858344

Email: sonpediapublishing@gmail.com

Website: www.buku.sonpedia.com