

BIOLOGI DASAR

BAGIAN PERTAMA

Muhiddin Palennari

Hamka Lodang

Faisal

Abd. Muis

BIOLOGI DASAR
Bagian Pertama

Copyright@penulis 2016

Penulis

Muhiddin Palennari

Hamka Lodang

Faisal

Abd. Muis

Desain Cover

Muhammad Hidayat

Cover :

<http://yourshot.nationalgeographic.com/profile/165067/>.

<http://www.wallpapersxl.com/wallpaper/1366x768/powerpoint-free-hd-fresh-leaf-green-templates-74448.html>

<http://penyakit.id/wp-content/uploads/2016/07/Penyebab-Penyakit-Anemia.jpg>

<http://www.sahabatnuskin.com/medan/teh-hijau-dapat-mengatasi-penyakit-kanker/>

Hak Cipta dilindungi undang-undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara apapun, termasuk dengan cara penggunaan

vi+96 halaman

21 x 29.7 cm

Cetakan I : Oktober 2016

ISBN : 978-602-328-205-0



Alauddin University Press

Kampus I : Jalan Sultan Alauddin No. 63 Makassar

Kampus II : Jalan Sultan Alauddin No. 36 Samata – Gowa

Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, atas penyelesaian Buku Ajar Biologi Dasar Ini. Buku ini memuat materi perkuliahan Biologi Dasar yang mencakup lima bab perkuliahan bagian pertama, yaitu;

1. Bab I pendahuluan
2. Bab II Struktur dan Fungsi Sel
3. Bab III Organisasi Tubuh Tumbuhan
4. Bab IV Organisasi Tubuh Hewan
5. Bab V Reproduksi Mahluk Hidup

Buku ajar ini diperuntukkan bagi mahasiswa program sarjana (S1) semester pertama, sebagai salah satu sumber belajar bagi mahasiswa dalam mencapai kompetensi mata kuliah Biologi Dasar.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah membantu, baik secara moril maupun materi dalam penyelesaian buku ajar ini. Kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Makassar , Oktober 2016

Penulis

Daftar Isi

Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Bab I	
Pendahuluan	1
Biologi Sebagai Ilmu	2
Keterbatasan dan Keunggulan Metode Ilmiah	3
Asal Mula Kehidupan	4
Ciri Makhluk Hidup	6
Rangkuman	10
Soal-Soal Latihan	10
Bab II	
Struktur dan Fungsi Sel	11
Konsep dan Teori Sel	12
Sel Prokariotik Versus Sel Eukariotik	13
Sel Tumbuhan dan Sel Hewan	14
Kategorisasi Fungsi Sel	28
Rangkuman	34
Soal-Soal Latihan	34
Bab III	
Organisasi Tubuh Tumbuhan	36
Struktur Jaringan Pada Tumbuhan	37
Jaringan Muda	37
Jaringan Dewasa	38
Struktur Organ Pada Tumbuhan	48
Struktur Daun	48
Struktur Batang	48
Struktur Akar	49
Struktur Bunga	51
Rangkuman	51
Soal-Soal Latihan	52

Bab IV

Organisasi Tubuh Hewan	53
Jaringan Dasar Vertebrata	54
Jaringan Epitel	54
Jaringan Ikat	58
Jaringan Otot	62
Jaringan Saraf	63
Sistem Tubuh Vertebrata	64
Sistem Pencernaan	64
Sistem Pernapasan	69
Sistem Peredaran Darah	71
Rangkuman	74
Soal-Soal Latihan	75

Bab V

Reproduksi Mahluk Hidup	76
Reproduksi Pada Tingkat Seluler	77
Reproduksi Pada Bakteri	77
Siklus Sel	78
Pembelahan Meiosis	82
Reproduksi Pada Tingkat Organisme	86
Reproduksi Pada Tumbuhan Berbiji	86
Reproduksi Pada Manusia	89
Rangkuman	94
Soal-Soal Latihan	95
DAFTAR PUSTAKA	96

1 *Pendahuluan*

Sejak permulaan kehidupan di bumi, manusia telah dihadapkan pada berbagai masalah yang menyangkut hidupnya. Masalah tersebut antara lain adalah makanan yang aman dimakan dan tidak aman dimakan serta masalah penyakit, apa penyebabnya dan bagaimana cara mengatasinya. Sejak munculnya perasaan ingin tahu tentang masalah yang dialami manusia sejak itu pula biologi mulai berkembang. Rasa keingintahuan (kurirositas) salah satu sifat manusia yang menonjol jika dibanding dengan makhluk lainnya. Sifat tersebut mendorong manusia untuk mengenal dirinya sendiri dan alam lingkungannya bahkan bumi sebagai tempat tinggalnya. Keinginan untuk mengetahui merupakan tonggak kewujudan manusia. Jika kita mempelajari biologi karena alasan yang sama, mengapa kita mempelajari fisika, kimia, matematika, geografi, sejarah, seni dan budaya; adalah untuk memperoleh pengetahuan mengenai segi yang lain tentang kehidupan kita di bumi yang hanya satu ini.



Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan perkuliahan, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Menjelaskan sifat pengetahuan ilmiah.
2. Menyebutkan sifat kebenaran dalam IPA (Sains).
3. Menjelaskan kedudukan biologi diantara ilmu-ilmu lain.
4. Membedakan disertai contoh antara ilmu dasar dengan ilmu terapan.
5. Menjelaskan urutan langkah-langkah metode ilmiah.
6. Menjelaskan keterbatasan dan keunggulan metode ilmiah.
7. Menjelaskan alasan penolakan teori abiogenesis (generatio spontanea).
8. Melakukan percobaan Spallanzani.
9. Menjelaskan terjadinya evolusi kimiawi.
10. Menjelaskan hubungan evolusi kimiawi dengan awal evolusi biologi.
11. Menjelaskan alasan bahwa makhluk hidup di bumi berasal dari bumi sendiri.
12. Menjelaskan pengaruh hadirnya O₂ di bumi terhadap keadaan bumi sendiri.
13. Menyebutkan ciri-ciri makhluk hidup yang membedakannya dengan benda tak hidup.
14. Menjelaskan bukti adanya proses metabolisme dalam tubuh organisme.

Biologi Sebagai Ilmu

Biologi sebagai bagian dari ilmu pengetahuan alam (sains) mempelajari materi dan energi yang berhubungan dengan makhluk hidup dan proses-proses kehidupan. Pengetahuan pada manusia, sejak zaman purba sampai sekarang, diperoleh melalui berbagai cara, misalnya melalui pengalaman sendiri atau orang lain, melalui prasangka, mitos, intuisi, ataukah hasil *trial and error*. Pengetahuan yang didapatkan dengan cara-cara tersebut termasuk pada golongan pengetahuan yang non-ilmiah atau bukan pengetahuan ilmiah. Bagaimanakah pengetahuan yang ilmiah atau yang disebut ilmu pengetahuan itu?. Jawaban singkatnya adalah sebagai berikut :

Pengetahuan dapat dikatakan ilmiah bila memenuhi empat syarat yaitu Objektif, metodik, sistematis dan berlaku umum.

- a. Objektif artinya pengetahuan itu sesuai dengan objeknya, kesesuaian itu dapat dibuktikan dengan penginderaan atas dasar empiris (pengalaman).
- b. Metodik artinya pengetahuan itu diperoleh dengan menggunakan cara-cara tertentu yang teratur dan terkontrol.
- c. Sistematis artinya pengetahuan ilmiah itu tersusun dalam suatu sistem, tidak berdiri sendiri; satu dengan yang lain saling berkaitan, saling menjelaskan, sehingga seluruhnya merupakan satu kesatuan yang utuh.
- d. universal artinya pengetahuan ilmiah itu tidak hanya berlaku atau dapat diamati oleh seorang atau oleh beberapa orang saja, tetapi semua orang dengan cara eksperimentasi yang sama akan memperoleh hasil yang sama atau konsisten.

Salah satu syarat ilmu pengetahuan seperti tersebut diatas ialah bahwa materi pengetahuan itu harus diperoleh melalui metode ilmiah. Ini berarti bahwa cara memperoleh pengetahuan itu menentukan apakah pengetahuan itu termasuk ilmiah atau tidak. Metode ilmiah harus menjamin akan menghasilkan pengetahuan yang ilmiah, yaitu bercirikan objektivitas, konsisten dan sistematis.

Langkah-langkah operasionalnya adalah sebagai berikut :

- 1) Perumusan masalah yang merupakan pertanyaan mengenai obyek empiris yang jelas batas-batasnya serta dapat diidentifikasi faktor-faktor yang terkait di dalamnya.
- 2) Penyusunan kerangka berpikir dalam pengajuan hipotesis yang merupakan argumentasi yang menjelaskan hubungan yang mungkin terdapat antara berbagai faktor yang saling mengait dan membentuk konstelasi permasalahan kerangka berpikir ini disusun secara rasional berdasarkan premis-premis ilmiah yang telah teruji kebenarannya dengan memperhatikan faktor-faktor empiris yang relevan dengan permasalahan.
- 3) Perumusan hipotesis, yang merupakan jawaban sementara atau dugaan jawaban pertanyaan yang diajukan, yang materinya merupakan kesimpulan dari kerangka berpikir yang dikembangkan.
- 4) Pengujian hipotesis, yang merupakan pengumpulan fakta-fakta yang relevan dengan hipotesis yang diajukan untuk memperlihatkan apakah terdapat fakta yang mendukung hipotesis tersebut atau tidak (dari eksperimen dan / atau verifikasi).

-
- 5) Penarikan kesimpulan yang merupakan penilaian apakah hipotesis yang diajukan itu diterima atau ditolak. Sekiranya dalam proses penyajian terdapat fakta yang cukup mendukung hipotesis, maka hipotesis diterima. Sebaliknya bila dalam proses penyajian tidak terdapat fakta yang cukup mendukung hipotesis, maka hipotesis ditolak.
 - 6) Perumusan teori, generalisasi, pengabstrakan hipotesis yang diterima kemudian dianggap menjadi bagian dari ilmu pengetahuan, apakah memenuhi persyaratan keilmuan yakni mempunyai kerangka penjelasan yang konsisten dengan ilmu pengetahuan sebelumnya, serta teruji kebenarannya.

Keseluruhan langkah tersebut di atas harus ditempuh melalui urutan yang teratur, langkah yang satu merupakan landasan dari langkah berikutnya.

Keterbatasan dan Keunggulan Metode Ilmiah

Keterbatasan

Seperti telah diuraikan di atas bahwa dalam pengujian hipotesis yang diajukan, dikumpulkan fakta-fakta yang relevan, faktor-faktor ini dapat diperoleh melalui pengalaman langsung, atau melalui eksperimen, kemudian fakta-fakta itu dikumpulkan melalui penginderaan. Alat indera mempunyai keterbatasan kemampuan untuk menangkap suatu fakta, sehingga terbuka kemungkinan bahwa fakta-fakta yang dikumpulkan itu bisa keliru. Kesimpulan yang diambil dari fakta yang keliru akan keliru pula. Jadi kemungkinan keliru dari suatu kesimpulan ilmiah tetap ada. Oleh karena itu semua

kesimpulan ilmiah atau dengan kata lain kebenaran ilmiah bersifat relatif dan tentative. Artinya, kesimpulan itu masih ada peluang keliru dan sebelum ada kebenaran ilmu yang dapat menolak kesimpulan itu, maka kesimpulan itu dianggap benar. Sebaliknya kesimpulan ilmiah yang dapat menolak kesimpulan ilmiah terdahulu, menjadi kebenaran ilmu yang baru, sehingga mustahil kesimpulan ilmiah bisa saja berubah sesuai perkembangan ilmu itu sendiri.

Keunggulan

Seperti telah dijelaskan di depan, bahwa syarat pengetahuan ilmiah (termasuk IPA) ialah objektif, metodik, sistematis, dan berlaku umum. Semua itu akan membimbing kita pada sikap ilmiah yang terpuji sebagai berikut :

- 1) Mencintai kebenaran yang objektif dan bersikap adil.
- 2) Menyadari bahwa kebenaran ilmiah itu tidak absolut, hal ini dapat mengarahkan manusia mencari kebenaran terus menerus.
- 3) Dengan ilmu pengetahuan, orang lalu tidak percaya pada khayalan, karena segala sesuatu di alam semesta ini terjadi melalui suatu proses yang teratur.
- 4) Ilmu pengetahuan membimbing kita untuk ingin tahu lebih banyak.
- 5) Ilmu pengetahuan membimbing kita untuk tidak berpikir secara prasangka, tetapi berpikir secara terbuka, suka menerima pendapat orang lain atau bersikap toleran.
- 6) Metode ilmiah membimbing kita untuk tidak percaya begitu saja pada suatu kesimpulan tanpa adanya bukti-bukti yang nyata.
- 7) Metode ilmiah membimbing kita selalu bersikap optimis, teliti dan berani

membuat sesuatu pernyataan yang menurut keyakinan ilmiahnya adalah benar.

Perkembangan ilmu pengetahuan sekarang ini dibedakan antara ilmu-ilmu dasar dan ilmu-ilmu terapan. Perbedaannya hanya pada tujuan bukan pada metodenya. Kaidah-kaidah yang telah kita bicarakan berlaku bagi keduanya. Meskipun motivasi dibelakang karyanya agak berbeda. Para peneliti dalam ilmu terapan mempunyai suatu masalah praktis yang dihadapannya harus dipecahkan. Sebagian besar dari peneliti dalam bidang kedokteran, pertanian, peternakan adalah bersifat terapan. Sebaliknya peneliti dalam ilmu dasar, misalnya dalam bidang biologi terutama dikendalikan oleh keingintahuan tentang bagaimana alam ini bekerja.

Kedua macam bidang penelitian ini saling berkaitan. Ilmu terapan akan kehilangan momentum tanpa dukungan berkala oleh penemuan baru dari ilmu dasar. Sebaliknya banyak peneliti dasar bergantung pada perkembangan instrumen atau alat-alat baru yang dihasilkan dari penelitian terapan. Penelitian biologi masa kini sangat mengandalkan pada perkakas seperti mikroskopelektron, alat ukur pH dan sebagainya, serta pada azas dan prosedur yang dikembangkan dalam bidang kimia dan fisika serta bidang lainnya.

Asal Mula Kehidupan

Pertanyaan “ apakah hidup ” dan “ dari manakah asal kehidupan ” merupakan masalah dari abad ke abad. Aristoteles (384-322 SM) berpendapat bahwa bahwa makhluk hidup itu terjadi begitu saja. Pendapat ini dikenal sebagai teori abiogenesis atau teori *generatio spontanea*.

Beberapa ahli telah melakukan berbagai usaha untuk melakukan penelitian terhadap pandangan *generatio spontanea*, diantaranya Francesco Redi, Lazzaro Spallanzani (keduanya berkebangsaan Italia) dan Louis Pasteur (berkebangsaan perancis).

Setelah Louis Pasteur memperbaiki percobaan L. Spallanzani, dengan menggunakan tabung kaca yang berleher angsa, maka gagallah semua usaha mempertahankan pandangan *generatio spontanea* dan teori abiogenesis. Muncullah teori biogenesis yang berpandangan bahwa makhluk hidup berasal dari makhluk hidup sebelumnya.

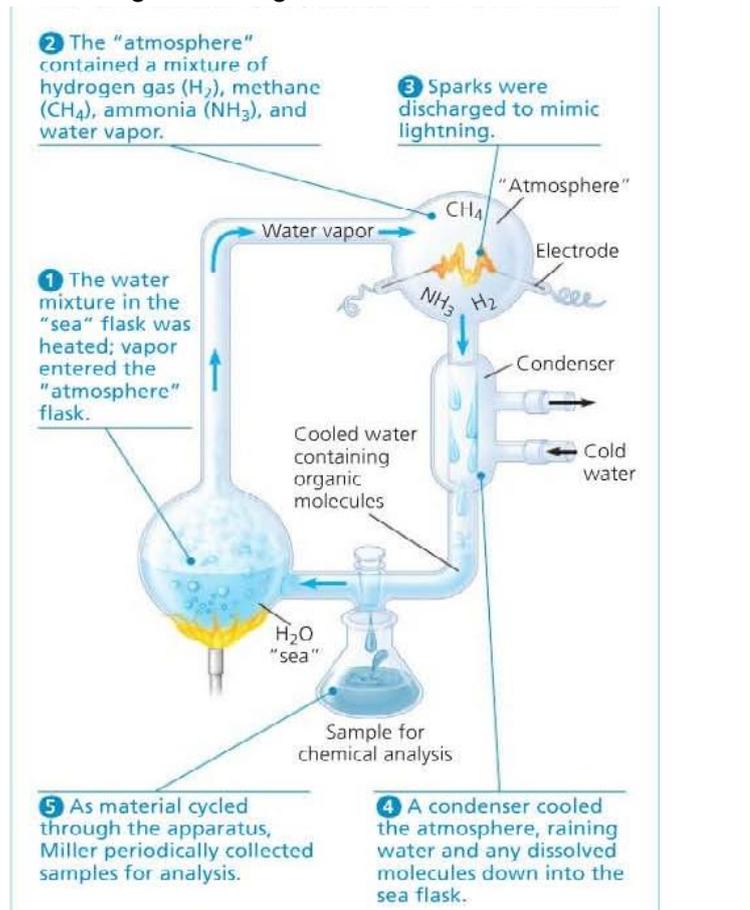
Masalah yang masih dipersoalkan adalah masalah tentang asal mula kehidupan yang pertama kali ada di bumi. Mengenai masalah ini sampai sekarang masih menjadi pemikiran para ahli. Sebagian ahli berpendapat bahwa kehidupan yang mula-mula timbul di bumi adalah akibat reaksi-reaksi kimia antara molekul-molekul yang berlimpa terdapat di dalam lautan yang ada pada suatu waktu suhunya cukup tinggi. Teori evolusi kimia ini didukung oleh beberapa ilmuwan, diantaranya A.I. Oparin (Rusia), J.B.S. Haldane (Inggeris), Harold Urey (Amerika), dan Stanley Miller (Amerika).

Pada mulanya unsur-unsur sederhana seperti hidrogen (H), carbon (C), nitrogen (N), dan oksigen (O) di atmosfer membentuk gas H₂, H₂O, CH₄, HCN, NH₃, dan sebagainya. Adanya panas dari berbagai sumber energi senyawa-senyawa sederhana ini saling bereaksi membentuk molekul-molekul yang lebih kompleks. Suatu keadaan terbentuk senyawa organik. Hasil reaksi ini makin lama-makin banyak dan terkumpul di lautan sehingga terbentuknya campuran berbagai senyawa, oleh Haldane

disebutnya semacam sup yang kaya materi-materi, dalam larutan yang masih panas. Bahan sup inilah yang merupakan bahan pembentuk protoplasma, yang selanjutnya membentuk sel awal.

Tahun 1935 Stanley Miller di Universitas Chicago melakukan percobaan untuk menguji hipotesis evolusi kimiawi tersebut dengan bahan gas hidrogen,

metan dan gas ammonia yang dimasukkan ke dalam alat percobaan, yang diberi percikan api dari arus listrik. Analisis terhadap hasil reaksi yang terjadi, ditemukan campuran dari 15 macam asam amino, asam lemak dan molekul organik sederhanalannya.



Gambar 1.1. Percobaan Stanley Miller dan Harold Urey (Chambell,1989)

Tahun 1951 Melvin Calvin di Universitas California membuat pula percobaan dengan menyinari campuran karbondioksida dan air dengan sinar gamma. Pada percobaan itu ditemukannya asam format (asam metan) dan formaldehid.

Perdebatan mengenai asal mula kehidupan sangat banyak. Simulasi yang dilakukan di laboratorium tidak dapat

membuktikan bahwa jenis evolusi kimia menciptakan kehidupan pada bumi primitif, akan tetapi simulasi dapat membuktikan sejumlah tahapan kunci yang mungkin telah terjadi. Asal mula kehidupan tetap merupakan spekulasi ilmiah dan ada beberapa pendapat alternatif mengenai beberapa proses kunci terjadi. Para peneliti terus berdebat mengenai cara dan tempat kehidupan berasal. Tiga pandangan

alternatif menggali sintesis abiotik molekul organik pada bumi versus melalui meteorit, gen RNA versus molekul yang lebih sederhana yang bereplikasi sendiri, dan asal mula kehidupan dalam suatu air dangkal versus lubang di laut dalam.

Ciri Makhluk Hidup

Organisasi Kehidupan yang Rumit

Jika memperhatikan sebuah batu (makhluk tak hidup), tampak rumit dengan bermacam-macam mineral yang berserakan di dalamnya. Namun demikian, organisasi ini sendiri merupakan kesederhanaan, apabila dibandingkan dengan organisasi-organisasi tubuh makhluk hidup yang manapun. Jika kita memeriksa setiap bagian kecil dari tubuh seekor anjing dengan mikroskop, maka kita akan menemukan bahwa bagian-bagian itu terdiri atas sel-sel. Satuan-satuan ini, yang umumnya terlampau kecil untuk dilihat dengan mata tanpa alat, tersusun menjadi jaringan yang pada gilirannya membentuk organ yang mudah dilihat seperti jantung dan lambung. Beberapa organ, umpamanya lambung dan usus, bekerja sama membentuk suatu sistem. Dengan demikian pola organisasi kehidupan mulai dari tingkatan paling rendah ke tingkatan yang paling tinggi secara berurutan adalah atom – molekul – sel – jaringan – organ – sistem organ- individu (organisme)- populasi – komunitas – ekosistem – biosfer.

Metabolisme

Anjing yang kita bicarakan di atas, senantiasa bertukar bahan secara berkelanjutan dengan lingkungannya. Kita lihat dia makan dan minum. Ia membuang tinja dan kencing. Setiap saat ia bernapas.

Dengan peralatan yang sesuai, dapat ditemukan bahwa udara yang dihembuskan berbeda dalam komposisi dengan udara yang dihirupnya. Semua makhluk hidup mempunyai sifat seperti anjing tadi. Apakah secara cepat atau lambat mereka itu mengambil bahan dari lingkungan dan mengembalikannya?. Selain itu, bahan yang dikembalikan itu tidak sama dengan bahan yang diambilnya. Banyak zat yang terdapat dalam bahan tinja dan air seni itu tidak ada dalam bahan makanan dan minuman yang ditelannya. Selama berada dalam tubuh anjing sebentar saja, maka bahan makanan mengalami transportasi yang ekstensif. Selama proses tersebut dikeluarkan energi. Pada akhirnya energi ini timbul sebagai panas dan menghangatkan tubuh anjing. Namun sebelum itu terjadi, energi itu dapat digunakan untuk beberapa aktivitas lain yang khas bagi kehidupan. Peristiwa tersebut disebut metabolisme.

Metabolisme meliputi 2 macam proses yaitu anabolisme atau pembentukan, seperti terjadi pada peristiwa fotosintesis yang membentuk bahan organik dari bahan anorganik dengan menggunakan energi sinar matahari. Proses katabolisme atau penghancuran terjadi pada proses respirasi di dalam sel yang mengurai sari bahan makanan menjadi lebih sederhana dan membebaskan energi untuk aktivitas makhluk hidup.

Perkembangbiakan (Reproduksi)

Makhluk hidup mengalami perkembangbiakan dengan Intisari pembiakan pada makhluk hidup adalah duplikasi terkendali sendiri pada struktur yang khas baginya. Hal ini terjadi apabila makhluk hidup tersebut mengambil bahan lebih banyak dari pada yang kembali

kepadanya dan mengatur bahan-bahan itu menjadi strukturnya sendiri. Kita menamakannya pertumbuhan.

Kadang-kadang pembiakan melibatkan juga produksi, kopi makhluk hidup tersebut yang dapat hidup secara sendiri-sendiri. Semua makhluk hidup pada suatu saat akan mati dan walaupun jenisnya akan bertahan hidup, mereka harus menghasilkan turunannya sebelum mati.

Ketanggapan (responsiveness)

Semua makhluk hidup mampu tanggap terhadap perubahan tertentu di sekitarnya. Perubahan dalam suhu, cahaya, gravitasi, kontak mekanik dan bahan kimia di sekelilingnya merupakan bahan stimuli agar tanggap terhadap stimuli ini, organisme itu harus memiliki suatu cara untuk mendeteksinya (biasa dinamakan alat indera).



(a) Unstimulated state (leaflets spread apart) (b) Stimulated state (leaflets folded)

Gambar 1.2. Tanggapan tumbuhan *Mimosa pudica* terhadap sentuhan

Supaya efektif, tanggap terhadap perubahan di sekitarnya harus dikoordinasikan. Organisme yang paling sederhana pun terdiri atas bagian-bagian, dan setiap bagian harus melakukan hal yang tepat pula untuk suatu tindakan yang sesuai. Bila anjing-anjing dipanggil untuk makan, maka beberapa ototnya harus berkontraksi, otot lainnya harus berelaksasi, kelenjar pencernaannya harus mulai bekerja, dan seterusnya. Sistem saraf dan sistem endokrin (hormon) mengkoordinasikan tindakan anjing dan banyak hewan lainnya. Tumbuhan bergantung sepenuhnya pada hormon untuk koordinasinya.

Evolusi

Apabila makhluk hidup memperbanyak diri, polanya dikopi dengan kecermatan luar biasa. Ciri-ciri khusus akan muncul kembali dari generasi ke generasi dalam satu garis keluarga, karena informasi yang disandikan di dalam gen-gen yang diteruskan kepada setiap generasi berikutnya.

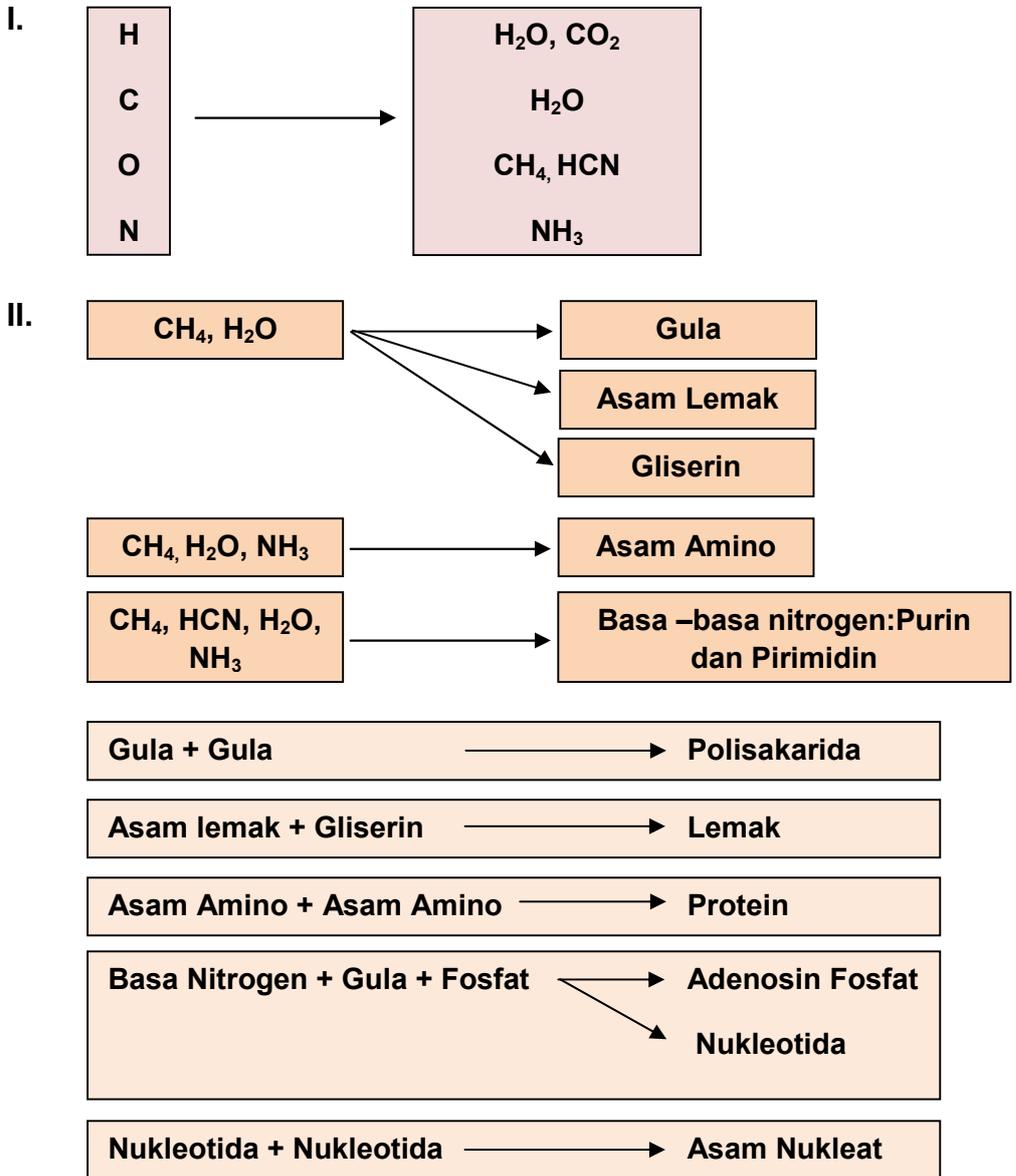
Perubahan evolusioner itu mungkin terjadi di dalam garis menurun acapkali adaptif; artinya perubahan-perubahan itu memungkinkan keturunannya hidup dalam lingkungan yang lebih efisien dibandingkan dengan moyangnya.

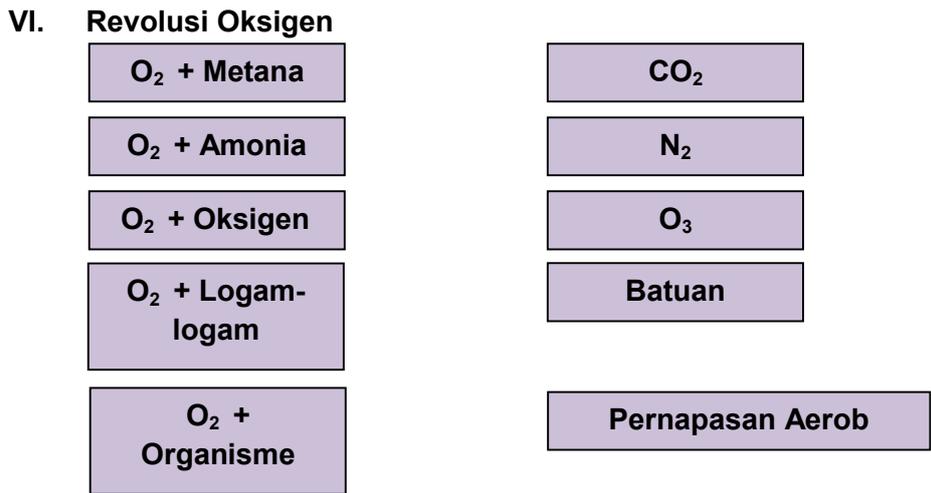
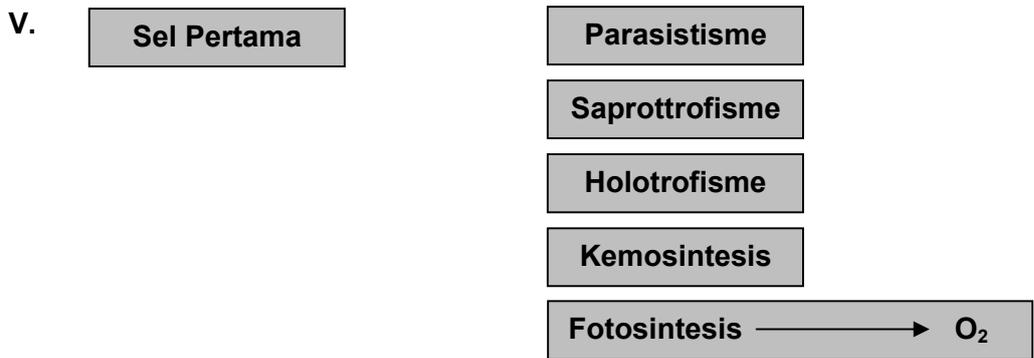
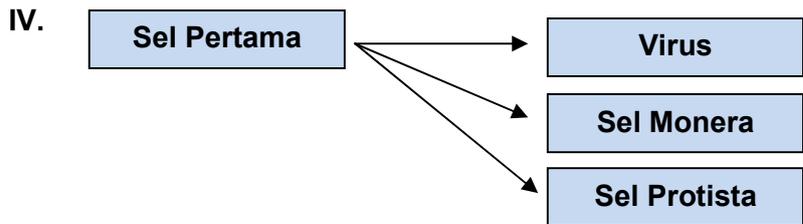
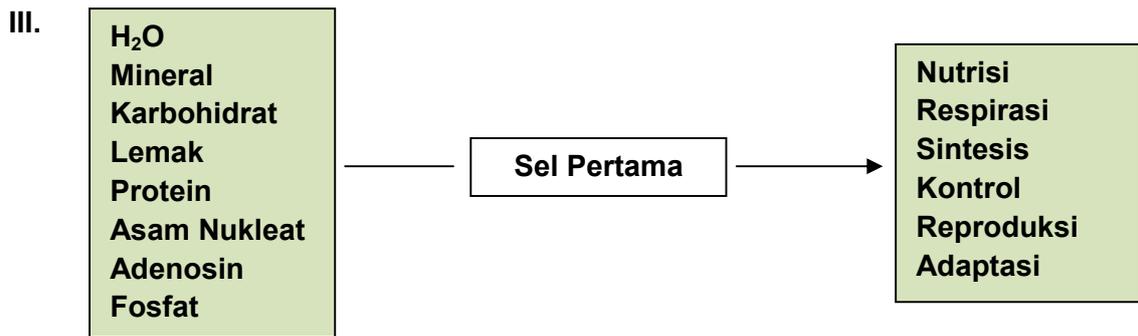
Evolusi melibatkan tidak saja perubahan di dalam garis tunggal

keturunan, tetapi juga melibatkan proliferasi macam-macam organisme sebagaimana kelompok tunggal organisme menghasilkan 2 atau lebih keturunan yang khas. Jumlah jenis organisme yang kini

hidup di muka bumi ini jauh lebih besar daripada jumlah yang ada selama satu billiun tahun yang pertama adanya kehidupan di bumi ini.

Babakan Evolusi Kimia





(Weisz, P.B. 1961, New York).

Rangkuman

Biologi sebagai bagian dari sains, memiliki kajian mengenai materi dan energi yang berhubungan dengan makhluk hidup dan proses-proses kehidupannya. Perkembangan ilmu pengetahuan Biologi diperoleh melalui metode ilmiah, yang terdiri atas tahapan perumusan masalah, penyusunan kerangka berpikir, perumusan hipotesis, pengujian hipotesis, penarikan kesimpulan untuk mengetahui apakah hipotesis yang diajukan itu diterima atau ditolak, dan diakhiri dengan perumusan teori, generalisasi, pengabstrakan hipotesis yang ditera kemudian dianggap menjadi bagian dari ilmu pengetahuan. Pengetahuan dapat dikatakan ilmiah apabila memenuhi empat syarat yaitu objektif, metodik, sistematis dan universal atau berlaku umum. Saat ini ilmu pengetahuan dapat dibedakan antara ilmu-ilmu dasar dan ilmu-ilmu terapan,

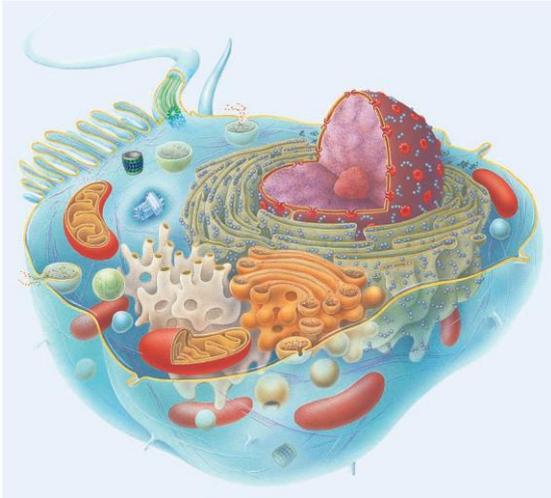
meskipun keduanya memiliki kaidah-kaidah sama. Salah satu objek kajian Biologi yang masih menjadi perdebatan sampai saat ini, yaitu mengenai asal mula kehidupan. Beberapa ahli memiliki pendapat yang berbeda mengenai hal tersebut. Aristoteles (384-322 SM) berpendapat bahwa makhluk hidup itu terjadi begitu saja atau yang dikenal dengan istilah *generatio spontanea*, sedangkan Francesco Redi, Lazzaro Spallanzani, dan Louis Pasteur memiliki pandangan yang berbeda, mereka berpandangan bahwa makhluk hidup berasal dari makhluk hidup sebelumnya. Biologi juga membahas mengenai ciri-ciri makhluk hidup, beberapa diantaranya melakukan metabolisme, bereproduksi, bergerak, membutuhkan makanan, dan ketanggapan terhadap rangsangan.

Soal-Soal Latihan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini

1. Jelaskan tahapan yang mesti dilakukan untuk memperoleh ilmu pengetahuan!
2. Jelaskan kelebihan ilmu pengetahuan dibandingkan dengan jenis pengetahuan yang lainnya!
3. Tuliskan lima contoh cabang ilmu Biologi beserta objek kajiannya!
4. Tuliskan 3 contoh ilmuwan yang berperan penting terhadap perkembangan awal ilmu Biologi beserta hasil temuan mereka!
5. Jelaskan saling keterhubungan antara kebutuhan makhluk hidup terhadap makanan dengan proses pertumbuhan dan perkembangan pada diri makhluk hidup!

2 Struktur dan Fungsi Sel



Pada tubuh manusia, terdapat sekitar 200 jenis sel yang telah terspesialisasi dan menjalankan fungsi yang beragam dan kompleks, untuk mendukung proses kehidupan. Pada saat yang bersamaan, seluruh sel-sel tubuh kita saling bekerjasama untuk mendukung fungsi-fungsi yang mereka jalankan. Sel-sel yang membangun tubuh suatu makhluk hidup, berasal dari sel-sel sebelumnya yang mengalami pembelahan, dari satu sel menjadi dua sel, dan seterusnya, yang kemudian mengalami diferensiasi sampai menghasilkan jutaan jenis sel dengan struktur

dan fungsi yang begitu beragam. Pada bab ini, akan dibahas mengenai teori tentang sel, struktur sel prokariotik dan eukariotik, struktur sel tumbuhan dan sel hewan, dan terakhir mengenai proses-proses biologis yang berlangsung di dalam sel.

Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan perkuliahan, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Menjelaskan berbagai konsep tentang teori sel.
2. Membedakan antara sel prokariotik dengan sel eukariotik.
3. Membedakan antara sel tumbuhan dengan sel hewan.
4. Menguraikan struktur dinding sel.
5. Menganalisis struktur membran sel.
6. Membedakan antara transpor pasif dengan transpor aktif
7. Menjelaskan proses pengangkutan makromolekul melewati membran sel
8. Menjelaskan fungsi 4 organel-organel sel.

Konsep dan Teori Sel

Ilmuan Inggris Robert Hook pada tahun 1665 mengamati irisan gabus botol dengan menggunakan mikroskop sederhana, ia melihat struktur seperti rumah lebah kemudian diberi nama "sel" (*cellula* (Latin) = bilik kecil. Ia juga menyatakan bahwa setiap bagian yang terlihat dibatasi oleh dinding, yang tidak lain adalah dinding-dinding sel yang sudah mati dari tumbuhan.

Ilmu yang mempelajari tentang sel adalah sitologi. Pengetahuan tentang struktur dan fungsi sel terus berkembang hingga kini, seiring dengan teknik dan peralatan analisis yang digunakan, baik secara *in vitro* maupun secara *in vivo*. Pada awalnya ilmuan dapat mengamati berbagai tipe sel tumbuhan dan hewan serta organisme bersel tunggal. Setelah tahun 1830-an dipahami bahwa semua makhluk hidup baik tumbuhan maupun hewan tersusun atas sel, berdasarkan temuan Mathias Schleiden pada sel tumbuhan dan temuan Theodor Schwann pada sel hewan, yang selanjutnya dikenal dengan teori sel.

Pernyataan-pernyataan tersebut di atas dikenal dengan nama Teori sel yang terdiri atas:

1. Setiap makhluk hidup terdiri atas satu atau lebih sel
2. Sel merupakan unit struktural dan fungsional semua makhluk hidup. Sel merupakan unit terkecil makhluk hidup khususnya pada organisme multiseluler.
3. Semua kehidupan berasal dari sel-sel sebelumnya melalui pembelahan

4. Sel mengandung material genetik yang akan diturunkan kepada generasinya melalui pembelahan.

Teori yang diajukan tersebut menunjukkan bahwa sel merupakan kesatuan struktural makhluk hidup. Sel sebagai unit struktural terkecil mengandung makna bahwa sel merupakan penyusun yang mendasar bagi tubuh makhluk hidup. Dikenal ada makhluk hidup yang terdiri atas satu sel dan disebut organisme *uniseluler*, dan ada pula yang tersusun atas banyak sel dan disebut sebagai organisme *multiseluler*.

Bentuk dan ukuran sel bervariasi. Sel-sel prokariot mempunyai bentuk sederhana, misalnya bakteri berbentuk bulat, batang, atau spiral. Sel-sel eukariot bentuknya sangat bervariasi, misalnya sel tumbuhan ada yang bentuk peluru, kubus, prisma, dan serabut. Bentuk sel biasanya disesuaikan dengan fungsinya, misalnya sel epidermis bentuknya pipih dan tersusun rapat berfungsi untuk melindungi sel/jaringan yang ada di sebelah dalam, sel saraf memiliki juluran sitoplasma yang panjang berupa dendrit dan akson yang berfungsi untuk menghantar impuls pada jarak yang jauh. Pelajari bentuk sel yang lain dalam kaitannya dengan kesesuaian dengan fungsinya.

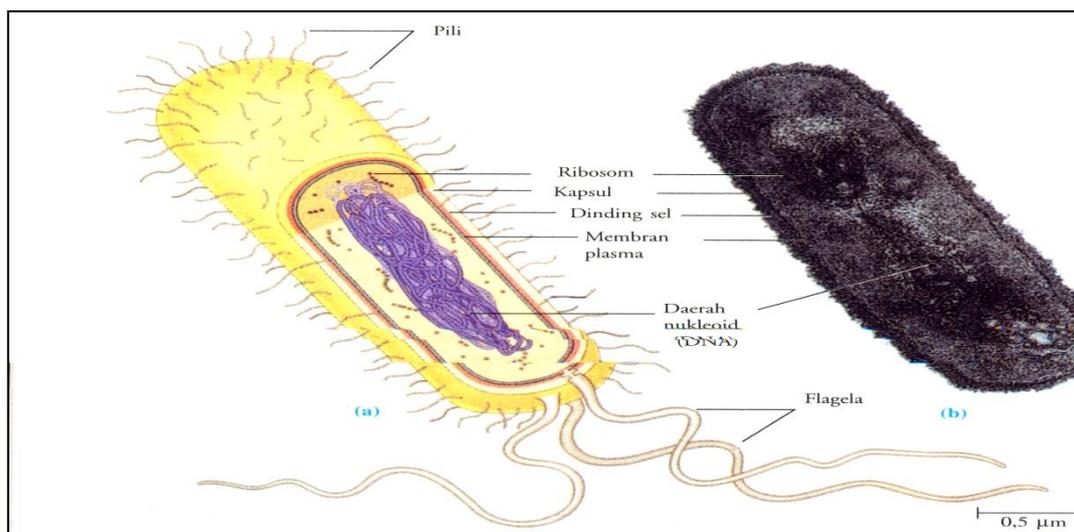
Ukuran sel bervariasi, pada umumnya sangat kecil biasanya hanya beberapa mikron, dan hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop. Sel Amoeba berukuran rata-rata $\approx 300 \mu\text{m}$ ($1\mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$). Pengecualian pada sel telur, sel-sel serabut (beberapa ratus mm), dan sel-sel getah (beberapa meter), umumnya berukuran relatif lebih besar/panjang dan dapat dilihat dengan mata tanpa menggunakan mikroskop. Sel-sel prokariot umumnya berukuran $1\text{-}10 \mu\text{m}$,

sedangkan sel eukariot umumnya berukuran 10 sampai 100 μm .

Sel Prokariotik Versus Sel Eukariotik

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap struktur berbagai sel baik dari organisme uniseluler maupun organisme multiseluler TERDAPAT SEL YANG MEMILIKI MEMBRAN INTI DAN SEL YANG TIDAK MEMILIKI MEMBRAN INTI, maka sel dibedakan atas dua golongan; yaitu sel Prokariot dan sel Eukariot. Pengelompokan sel dapat pula dilakukan berdasarkan kriteria-kriteria tertentu, seperti cara mendapatkan energi dari lingkungan sekitarnya, aktivitas biokimianya, kedudukannya dan lain-lain.

Sel prokariotik adalah sel tanpa membran inti, sehingga materi inti berbatasan langsung dengan sitoplasmanya, dan tersebar di dalam sitoplasma. sehingga tidak memiliki nukleus. Sel prokariot juga tidak memiliki organel yang bermembran, sehingga strukturnya relatif lebih sederhana dibanding dengan sel eukariot. Contoh sel prokariot adalah bakteri, Mycoplasma (Pleuropneumonia-Like Organism=PPLO) berukuran sangat kecil dan tidak ber dinding sel, dan Cyanobacteria. Sel ini memiliki materi genetik berupa DNA yang sirkuler, tidak dibungkus oleh membran inti dan disebut *nukleoid*. Selain nukleoid terdapat DNA lainnya yang juga sirkuler dengan ukuran yang lebih kecil disebut *plasmid*. Sebagian besar sel prokariot mempunyai dinding sel.



Gambar 2.1. Contoh Sel Prokariot (Bakteri)

Sebuah sel harus memiliki beberapa kriteria yaitu memiliki membran plasma, mengandung materi genetik yang penting untuk mengkode berbagai jenis RNA, termasuk untuk sintesis protein, mengandung “mesin biosintesis” tempat dimana sintesis berlangsung.

Sel eukariot adalah sel yang memiliki membran inti, sehingga terjadi pemisahan ruang (kompartemen) antara inti sel dengan sitoplasma. Materi genetik (DNA) sel eukariot berada dalam inti dan dibungkus oleh membran inti. Sel eukariot mempunyai sejumlah organel dengan fungsi tertentu yang spesifik. Diantara

organel yang dimiliki adalah inti sel, retikulum endoplasma, badan Golgi, lisosom, mikrobodi, mitokondria, dan kloroplas. Contoh sel eukariot diantaranya adalah sel ragi (khamir), sel protozoa (Amoeba, Paramecium, Flagellata, dan Ciliata), sel epidermis (sel tumbuhan), dan sel otot (sel hewan).

Untuk lebih jelasnya berikut ini dirangkum beberapa ciri sel prokariot dan sel eukariot yang menunjukkan perbedaannya.

Tabel 2.1. Perbandingan ciri sel prokariotik dan sel eukariotik

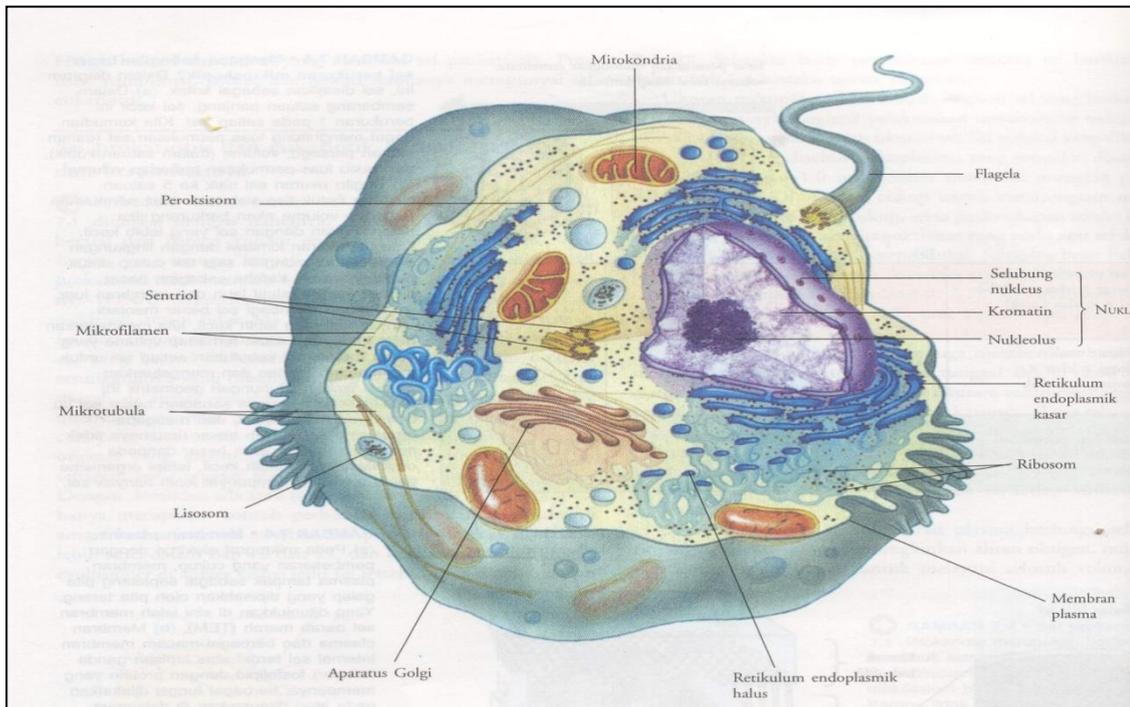
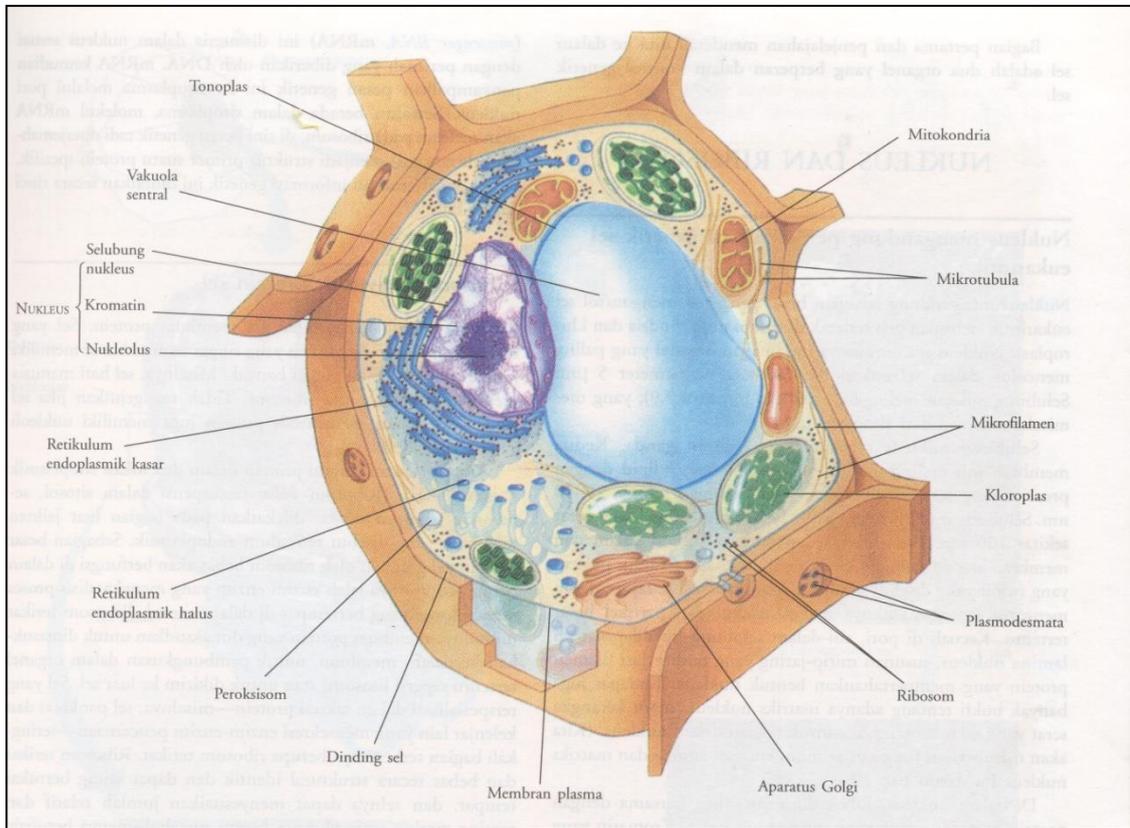
Sel Prokariot	Sel Eukariot
Tidak memiliki selubung inti	Memiliki selubung inti
DNA telanjang	DNA terikat protein
Kromosom tunggal	Kromosom ganda
Tidak ada nukleolus	Terdapat nukleolus
Pembelahan secara amitosis	Pembelahan secara mitosis/meiosis
Ribosom 70S (50S + 30S)	Ribosom 80S (60S + 40S)
Tidak memiliki organel bermembran	Memiliki organel bermembran
Tidak memiliki mitokondria	Memiliki mitokondria
Metabolisme anaerob atau aerob	Metabolisme aerob
Tanpa sitoskelet, tidak ada gerakan sitoplasma	Memiliki sitoskelet, terjadi aliran sitoplasma

Sel Tumbuhan dan Sel Hewan

Peran fungsional tumbuhan adalah pembuat makanan, sedangkan hewan adalah sebagai pemakan tumbuhan atau hewan lainnya. Oleh karena itu sel tumbuhan berbeda dengan sel hewan dalam beberapa hal, meskipun struktur dasarnya memiliki pola umum yang sama. Perbedaan sel tumbuhan dan sel hewan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2. Perbedaan struktur sel tumbuhan dan sel hewan

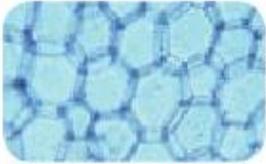
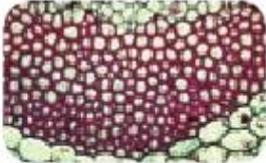
Sel Tumbuhan	Sel Hewan
Mempunyai dinding sel	Tidak mempunyai dinding sel
Mempunyai vakuola sentral yang besar	Tidak mempunyai vakuola sentral
Mempunyai plastida (kloroplas, kromoplas, dan leukoplas)	Tidak mempunyai plastida
Tidak mempunyai sentriol	Mempunyai sentriol
Tidak mempunyai lisosom	Mempunyai lisosom
Tidak mempunyai silia	Mempunyai silia



Gambar 2.2. Struktur (a) Sel Tumbuhan dan (b) Sel Hewan.

Beberapa tipe sel tumbuhan bergerak dalam sel dengan adanya aliran beserta contoh dan fungsinya dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2.3 Tipe-Tipe Sel Tumbuhan dan Fungsinya

Cell Type	Example	Functions	
Parenchyma	 <p>Without chloroplasts LM Magnification: 400 X</p>	 <p>With chloroplasts Stained LM Magnification: 80 X</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Storage • Photosynthesis • Gas exchange • Protection • Tissue repair and replacement
	 <p>Cell wall Collenchyma LM Magnification: 100 X</p>		
Sclerenchyma	 <p>Sclereid LM Magnification: 400 X</p>	 <p>Fibers LM Magnification: 100 X</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Support • Transport of materials

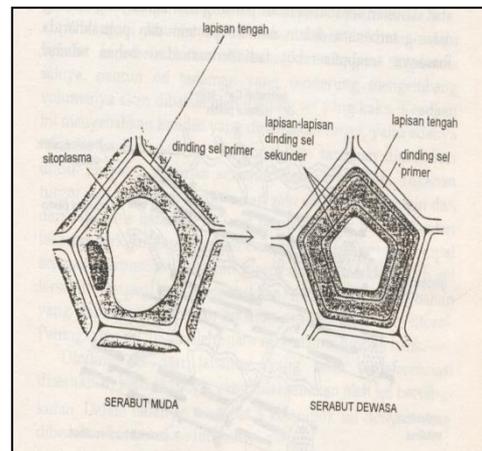
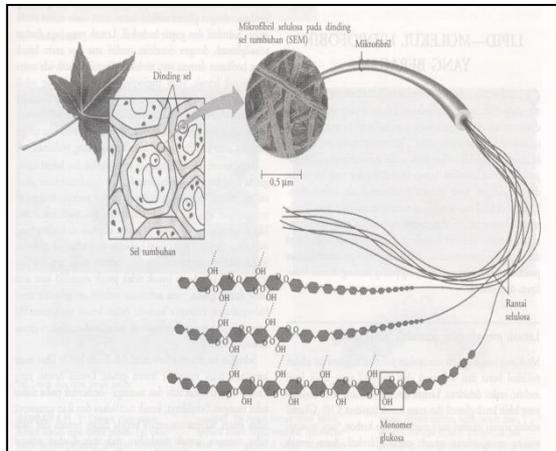
Bagian-Bagian Sel

Sitoplasma adalah matriks yang berada di dalam membran plasma dan di luar nukleus. Sitoplasma tersusun dari sitosol yang bersifat koloid dan mengandung nutrisi, ion, enzim, garam, molekul organik dan air, dan organel bermembran dan tidak bermembran.

Fungsi sitoplasma adalah tempat berlangsungnya metabolisme sitosolik (glikolisis dan sintesis protein oleh ribosom), tempat penyimpanan bahan kimia kimia yang berguna bagi metabolisme sel (enzim, protein, dan lemak), sarana bagi organel tertentu untuk

2.4.1. Dinding Sel

Dinding sel adalah matriks ekstraseluler yang menyelubungi sel tumbuhan dan berada di luar membran plasma. Dinding sel dapat dijumpai pada sel tumbuhan. Bahan utama penyusun dinding sel adalah selulosa yang tersusun dari unit-unit glukosa. Selain selulosa dinding sel juga mengandung pektin, hemiselulosa, dan glikoprotein.



Gambar 2.3. Susunan Dinding Sel Tumbuhan

Dinding sel berfungsi sebagai penyokong mekanik dan memberi bentuk pada sel. Dalam hal tertentu dinding sel berperan untuk melindungi sel agar tidak mengalami lisis. Dinding sel ketebalannya berkisar antara 0,1 mikron sampai beberapa mikron, sehingga dapat menghambat pergerakan sel itu sendiri.

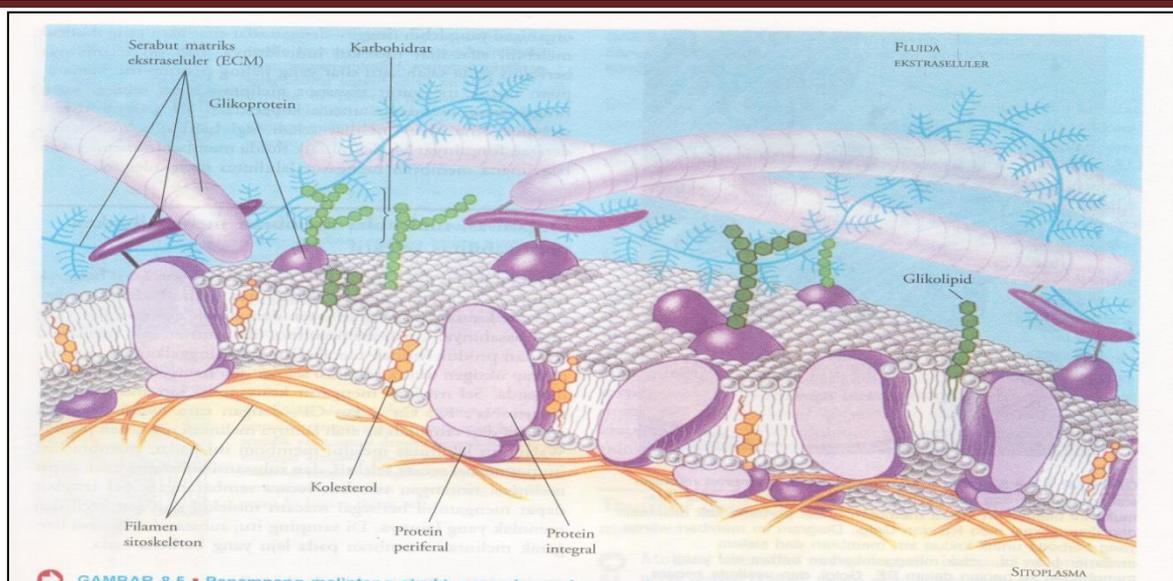
Secara umum dinding sel pada tumbuhan terdiri atas dua, yaitu : dinding primer dan dinding sekunder. Diantara dinding sel primer suatu sel dengan dinding primer dari sel yang bertetangga terdapat lamella tengah yang terbentuk saat pembelahan sel. Dinding sel biasanya bersifat kaku, tetapi bukan merupakan pemisah absolut antara isi sel dengan lingkungannya. Hal ini disebabkan karena pada dinding sel terdapat suatu saluran yang menghubungkan antara satu sel dengan sel lainnya yang disebut plasmodesmata. Plasmodesmata berperan dalam melayani pengangkutan bahan-bahan interseluler dan komunikasi antar sel.

2.4.2. Membran Plasma

Membran plasma (membran sel) memisahkan sitoplasma dan organel seluler dari lingkungannya secara fisik,

sehingga semua zat yang masuk dan keluar dari sel harus melintasi membran sel dengan berbagai mekanisme. Pada sel tumbuhan, membran plasma berada di sebelah dalam dinding sel. Fungsi biologis membran plasma bergantung pada molekul-molekul penyusunnya yaitu protein, lipid dan karbohidrat dalam bentuk glikoprotein dan glikolipid, yang membentuk suatu lapisan dengan sifat dinamis dan asimetris. Sifat dinamis dimiliki karena membran sel mempunyai struktur seperti fluida (zat cair), sehingga molekul lipid dan protein dapat bergerak. Sifat asimetris membran sel dimiliki karena komposisi protein dan lipid sisi luar tidak sama dengan sisi dalam.

Molekul-molekul lipid menyusun matriks lapisan posfolipid rangkap (lipid bilayer) yang disisipi oleh protein membran. Protein membran terdiri atas dua macam, yaitu protein integral (terbenam) dan protein perifer (menempel) pada lapisan posfolipid. Satu unit posfolipid terdiri atas bagian kepala (fosfat) dan ekor (asam lemak). Bagian fosfat merupakan sisi hidrofilik (suka air) yang menghadap keluar, Bagian asam lemak merupakan sisi hidrofobik (tidak suka air) yang tersembunyi di bagian dalam membran sel.



Gambar 2.4. Model Mozaik Cair Membran Plasma Menurut Singer dan Nocolson.

.Protein membran sel merupakan protein globuler yang terdapat pada dua lapis posfolipid, berfungsi memberikan kekuatan struktural pada membran, bekerja sebagai enzim (biokatalisator) misalnya protein integral pada membran dalam mitokondria dan kloroplas yang berperan dalam transpor elektron untuk pembentukan ATP (Adenosin Triposfat). Protein membran juga dapat bekerja sebagai protein pembawa (carrier) untuk transpor materi melewati membran. Dapat bekerja sebagai protein saluran yang terbentuk dari gabungan beberapa molekul protein membran, sehingga dapat dilewati berbagai materi melintasi membran. Protein memisahkan antar lipid membran sehingga menyisakan pori pada membran.

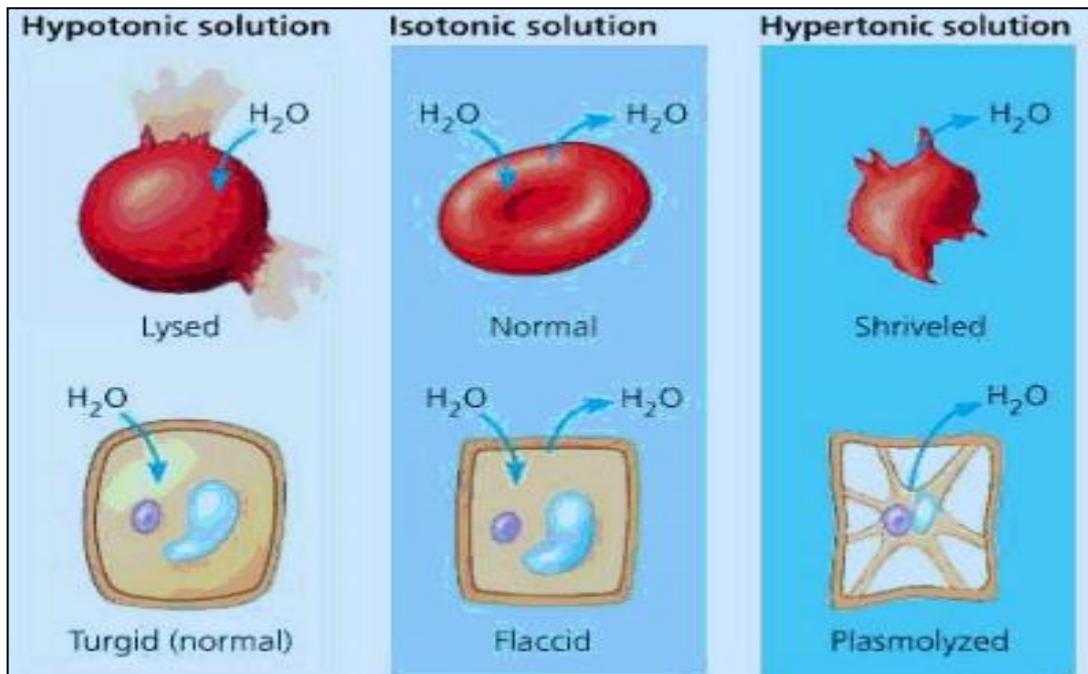
Lipid membran plasma hampir seluruhnya berupa posfolipid, berfungsi menstabilkan kesatuan fisik membran plasma sehingga merupakan penghalang yang efektif terhadap materi hidrofilik (misal air dan ion). Dua lapis posfolipid yang menyusun membran plasma merupakan tempat melekatnya protein dan akan membantu proses fusi vesikel maupun endositosis.

Karbohidrat pada membran plasma melekat pada bagian kepala posfolipid atau pada protein yang berada pada sisi membran plasma yang menghadap ke luar sel. Karbohidrat yang berikatan dengan lipid membran disebut glikolipid. Glikolipid berfungsi sebagai sinyal pengenalan untuk interaksi antar sel. Misalnya glikolipid sel yang bersifat kanker akan berubah strukturnya dan dikenali oleh sel darah putih, sehingga dapat dihancurkan. Karbohidrat yang berikatan dengan protein disebut glikoprotein. Glikoprotein pada membran plasma dapat mengikat protein dari membran sel-sel tetangga maupun sel lain sehingga terjadi ikatan antar sel.

Membran plasma pada beberapa sel-sel jaringan biasanya mengalami modifikasi tertentu membentuk tonjolan yang disebut mikrovili, misalnya pada sel-sel epitel usus halus yang berfungsi untuk meningkatkan luas permukaan sel, sehingga dapat meningkatkan pelaluan materi melintasi membran plasma. Membran plasma antara satu sel dengan sel lainnya dapat saling berhubungan melalui struktur khusus yang disebut Junction, misalnya tigh junction, gap junction, dan desmosom.

Substansi atau materi yang melalui membran sel dapat ditranspor secara aktif atau pasif. Transpor pasif adalah transpor ion, molekul, dan senyawa yang tidak memerlukan energi untuk melewati membran sel. Transpor pasif meliputi osmosis dan difusi. Difusi terbantu/dipermudah dibedakan atas difusi dipermudah dengan saluran protein dan difusi dipermudah dengan protein pembawa.

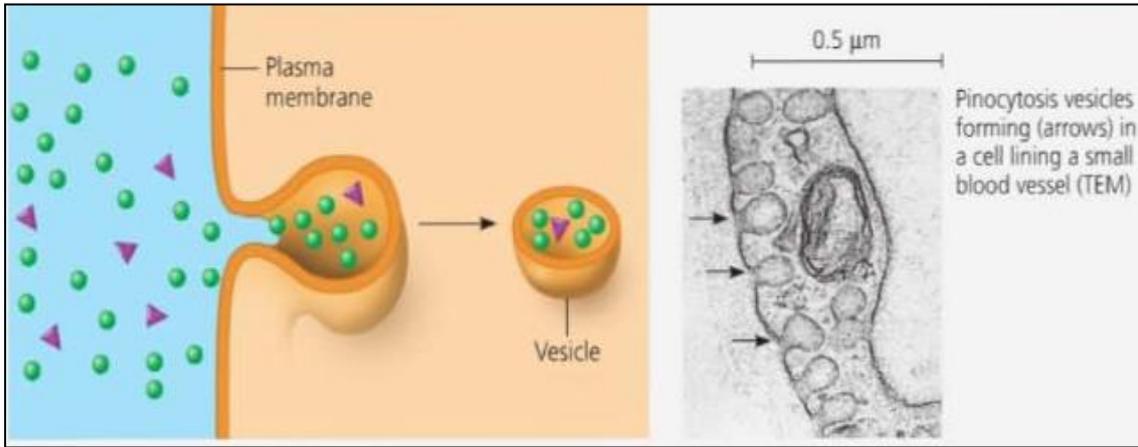
Transpor makromolekul seperti polisakarida dan asam nukleat terlalu besar untuk dapat melewati membran plasma, sehingga diperlukan mekanisme lain untuk itu. Transpor makromolekul ke dalam sel melalui proses endositosis, yaitu dengan cara membran plasma melingkupi makromolekul dari luar sel sehingga terbentuk tunas pada permukaan dalam membran, kemudian dilepaskan sebagai vesikel ke dalam sel. Transpor



Gambar 2.5. Peristiwa Plasmolisis dan Krenasi Sebagai Contoh Osmosis

Transpor aktif adalah transpor materi yang memerlukan energi untuk membawa molekul dari satu sisi membran ke sisi lainnya. Transpor aktif juga membutuhkan protein membran yang berperan sebagai pembawa untuk melewati membran. Transpor aktif terjadi dengan cara membawa molekul melawan gradien konsentrasi. Transpor aktif melibatkan tiga jenis protein pembawa, yaitu unipor, simpor, dan antipor.

makromolekul ke luar sel melalui proses eksositosis, yaitu dengan cara membran vesikel berfusi dengan membran plasma, kemudian makromolekul didalamnya dibebaskan keluar sel.



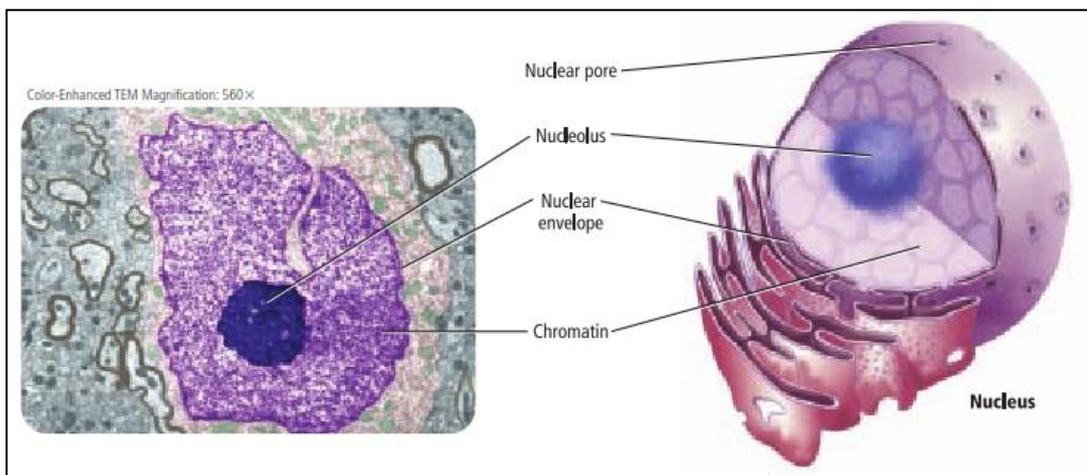
Gambar 2.6. Pinositosis Sebagai Proses Pengangkutan Secara Endositosis

2.4. 3. Nukleus

Inti sel (nukleus) merupakan bagian sel yang paling mencolok di antara organel-organel di dalam sel. Nukleus dibatasi oleh membran ganda yang memiliki pori (hasil fusi membran luar dan dalam) berukuran 60 nm yang berguna untuk pertukaran materi (nukleoprotein) antara nukleoplasma dengan sitoplasma. Nukleoplasma mengandung kromosom dan nukleolus (anak inti). Nukleolus merupakan bagian yang kaya dengan RNA ribosomal.

Struktur kromosom terlihat dengan jelas pada saat sel melakukan pembelahan (metafase). Pada sel yang tidak membelah (interfase) hanya benang-benang kromatin saja yang terlihat.

Fungsi inti sel adalah mengendalikan proses berlangsungnya metabolisme di dalam sel, menyimpan informasi genetik (gen) dalam bentuk DNA, mengatur kapan dan di mana ekspresi gen harus dimulai, dijalankan, dan diakhiri, dan tempat terjadinya replikasi dan transkripsi.

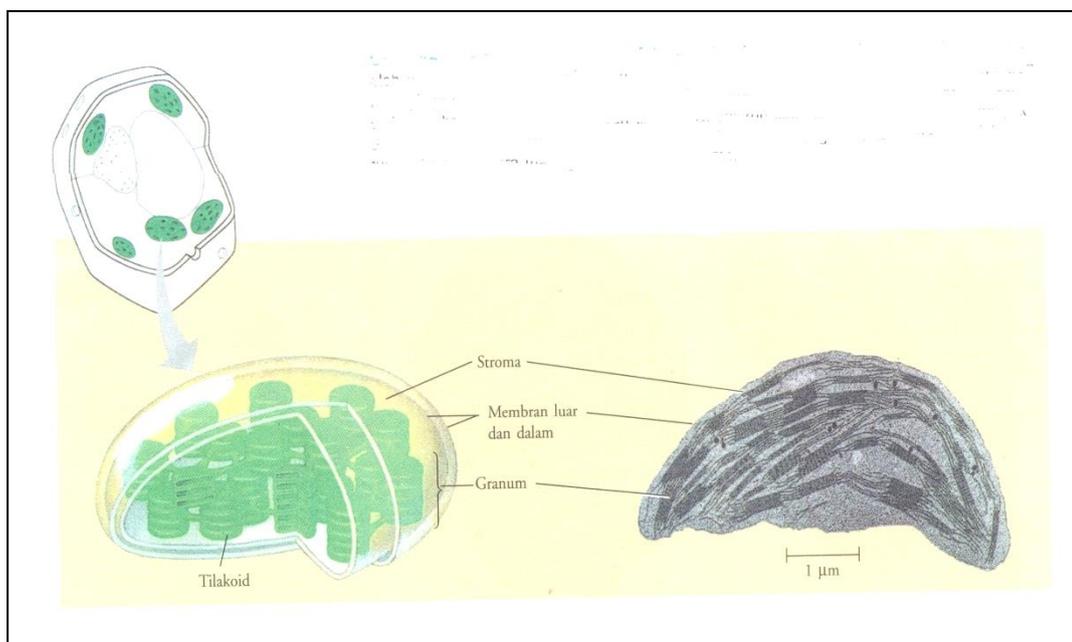


Gambar 2.7. Struktur Nukleus

2.4.4. Kloroplas

Kloroplas adalah salah satu bentuk plastida yang terdapat dalam sitoplasma sel eukariotik. Kemampuan sel tumbuhan menggunakan cahaya sebagai sumber energi untuk mengubah CO_2 dan H_2O menjadi karbohidrat dan oksigen melalui proses fotosintesis disebabkan karena adanya organel kloroplas yang dimilikinya. Kloroplas berbentuk agak lonjong dan dibatasi oleh dua membran yaitu membran luar yang kontinyu dan relatif rata dan

berlangsungnya reaksi gelap fotosintesis). Membran-membran yang tersusun berupa kantong-kantong tipis, disebut tilakoid (tempat berlangsungnya reaksi terang fotosintesis) yang dapat menumpuk satu dengan yang lainnya membentuk struktur yang disebut grana/ granum. Membran lamella yang menghubungkan grana disebut lamella stroma. Stroma kloroplast mengandung DNA dan ribosom seperti halnya pada mitokondria. Tilakoid mengandung klorofil.



Gambar 2.8. Struktur Kloroplas Dengan Beberapa Bagian Fungsional

membran dalam (membran internal) mempunyai banyak lipatan dan tonjolan.

Membran kloroplas seperti membran lainnya mengandung banyak protein integral pada dwi lapis lipid yang meliputi berbagai enzim, protein pembentuk sitokrom dan pembentuk ATP (ATP-ase), dan pigmen. Membran internal kloroplas terdiri atas rangkaian-rangkaian membran yang tersusun berupa lempeng-lempeng paralel, disebut lamella dan didukung oleh suatu matriks yang bersifat homogen, disebut stroma (tempat

2.4.5. Mitokondria

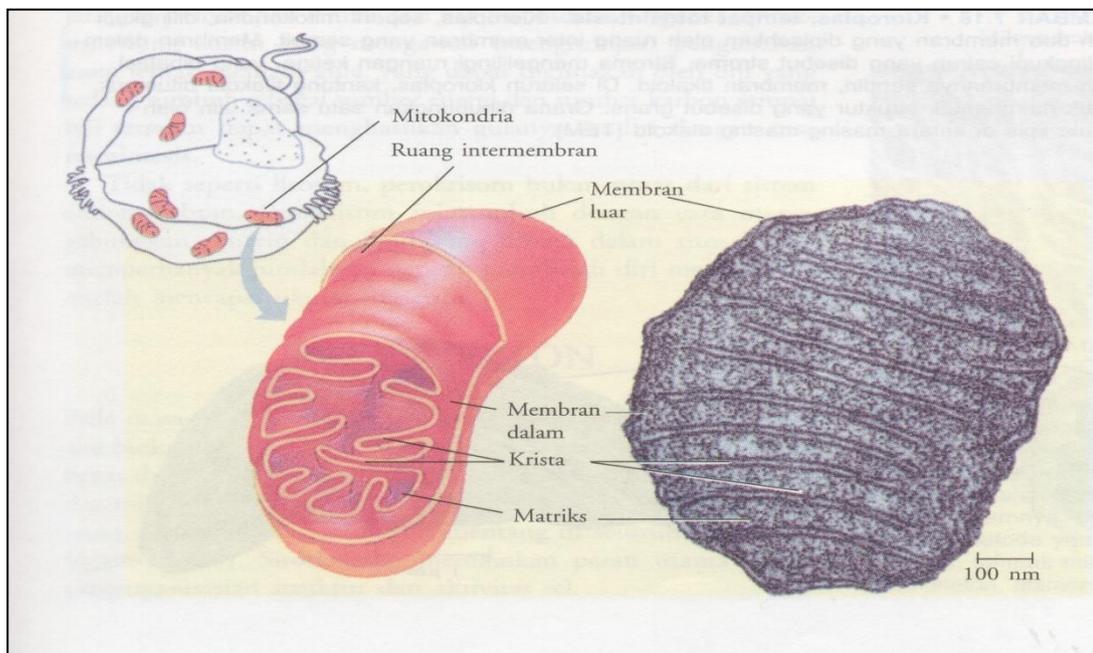
Mitokondria umumnya tersebar merata dalam sitoplasma karena terkait dengan fungsinya sebagai penghasil energi. Mitokondria berbentuk bulat panjang atau lonjong dengan ukuran panjang sekitar 1 – 10 μm.

Mitokondria dibungkus oleh suatu selubung yang terdiri dari dua membran, masing-masing merupakan bilayer posfolipid yang mempunyai kumpulan protein tertanam yang unik. Membran luar halus dan rata, tetapi membran dalamnya

berlekuk-lekuk dan disebut **krista**. Membran dalam membagi mitokondria menjadi dua ruangan internal, yang pertama berupa ruang intermembran berupa daerah sempit antara membran dalam dan membran luar. Ruang kedua matriks mitokondria yang dilingkupi oleh membran dalam. Sebagian langkah metabolisme respirasi seluler terjadi dalam matriks ini, tempat banyak enzim yang berbeda dikonsentrasikan, DNA sirkuler dan sejumlah ribosom seperti pada kloroplas. Protein lain yang berfungsi dalam respirasi termasuk enzim yang membuat ATP, sudah terdapat dalam membran dalam. Krista membuat membran dalam mitokondria mempunyai permukaan yang luas untuk meningkatkan produktivitas respirasi seluler. Ini merupakan contoh lain korelasi antara struktur dan fungsi.

dalam sel-sel eukariotik. Retikulum endoplasma terdiri dari jalinan tubula dan gelembung membran yang disebut **sisterna**. Membran retikulum endoplasma memisahkan ruangan internal, yaitu ruang sisterna dari sitosol. Membran retikulum endoplasma bersambungan dengan selubung nukleus, ruang di antara kedua membran selubung itu bersambung dengan ruang sisterna.

Terdapat dua daerah retikulum endoplasma yang struktur dan fungsinya berbeda jelas, sekalipun bersambungan, yaitu retikulum endoplasma kasar dan retikulum endoplasma halus. Retikulum endoplasma halus diberi nama demikian karena permukaan sitoplasmiknya tidak terikat ribosom. Retikulum endoplasma kasar tampak kasar karena di permukaan sitoplasmik membran terikat ribosom yang



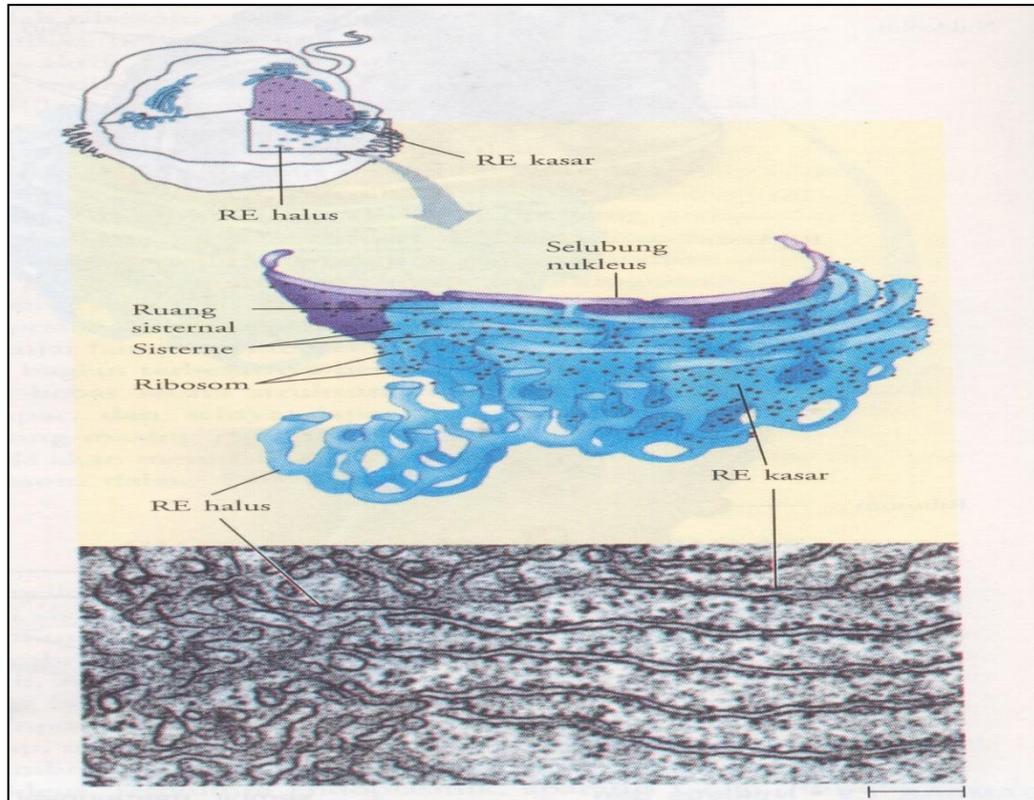
Gambar 2.9. Struktur Mitokondria

2.4.6. Retikulum Endoplasma

Retikulum endoplasma merupakan labirin membran yang demikian banyak, sampai separuh lebih dari total membran

terlihat menonjol. Ribosom juga dilekatkan pada sisi sitoplasmik membran luar selubung nukleus yang bertemu dengan retikulum endoplasma kasar.

membran tunggal. Kompleks golgi pada sel tumbuhan biasanya tersebar secara acak, disebut diktiosom, jumlahnya dalam sel sangat bervariasi, tergantung jenis jaringan



Gambar 2.10. Struktur Retikulum Endoplasma Halus Dan Kasar.

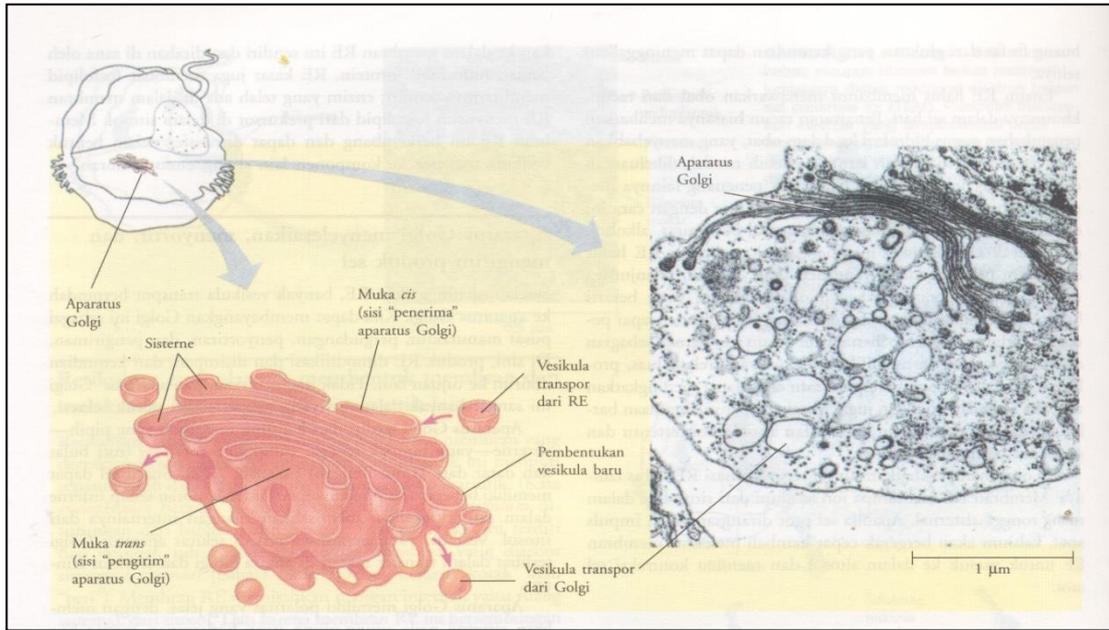
Retikulum endoplasma halus dan spesies organisme yang berbagai jenis sel berfungsi dalam bermacam-macam proses metabolisme, termasuk sintesis lipid, karbohidrat, dan menawarkan obat dan racun. Banyak jenis sel terspesialisasi mensekresi protein yang dihasilkan oleh ribosom yang dilekatkan pada Retikulum endoplasma kasar, misalnya sel-sel pankreas mensekresi protein insulin.

2.4.7. Badan Golgi

Badan golgi sering juga disebut kompleks golgi atau apparatus golgi, yang terdiri atas kumpulan vesikel pipih yang berbentuk kantong dan dibungkus oleh

dan spesies organisme yang bersangkutan.

Badan golgi biasanya dikelilingi oleh vesikula-vesikula dengan berbagai ukuran yang dilepaskan dari bagian tepi badan golgi atau dari retikulum endoplasma kasar. Badan golgi antara lain berfungsi memodifikasi produk sekresi, sekresi enzim-enzim, glikosilasi protein produk RE kasar, pembuatan membran untuk vesikula, membran plasma, dan membran internal lainnya termasuk lisosom primer.



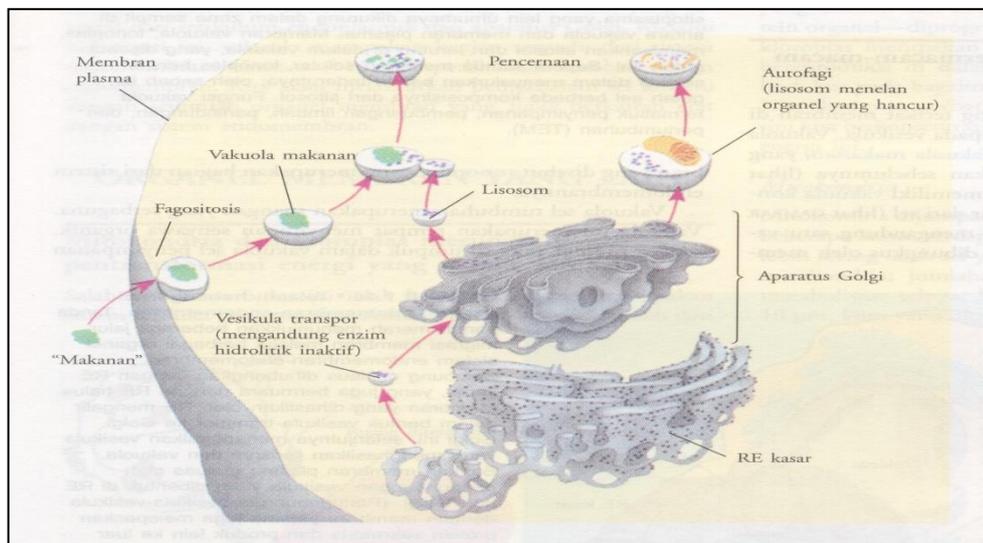
Gambar 2.11. Struktur Kompleks Golgi

Aparatus golgi sangat penting terutama dalam sel yang terlibat aktif dalam sekresi, dimana protein yang disintesis dalam RE kemudian berkumpul dalam golgi untuk dibubuhi karbohidrat. Setelah penuh akan bergerak dalam bentuk vesikel ke permukaan sel untuk melakukan sekresi. Fungsi ini dapat dibayangkan sebagai pusat manufaktur, pergudangan, penyortiran, dan pengiriman.

kompleks golgi pada sel tumbuhan berfungsi dalam penyusunan dinding sel dan mengubah protein yang berasal dari RE kasar, sebagai tempat memproses dan menyimpan hasil metabolit yang dibuat oleh sel.

2.4.8. Lisosom

Lisosom merupakan struktur agak bulat, lebih kecil dari mitokondria, berbatas



Gambar 2.12. Struktur Lisosom

membran tunggal, dibentuk dari aparatus golgi, kaya akan protein enzim yakni enzim-enzim hidrolitik. Terdapat enzim untuk menghidrolisis protein, lipid, karbohidrat, asam nukleat, dan bahan lainnya, yang bekerja sangat baik pada pH 5. Lisosom berfungsi dalam pencernaan intraseluler pada berbagai keadaan, baik secara heterofagi maupun secara otofagi.

Enzim hidrolitik dan membran lisosom dibuat oleh retikulum endoplasma kasar dan kemudian ditransfer ke badan golgi untuk proses lebih lanjut. Beberapa lisosom terbentuk melalui pertunasan permukaan *trans* aparatus golgi.

Berdasarkan kegiatan fisiologis yang dilakukan lisosom, dibedakan atas lisosom primer, lisosom sekunder (heterolisosom dan otolisosom), dan badan-badan residu (telolisosom). Lisosom dapat melakukan perusakan sel yang terprogram untuk keperluan perkembangan organisme bersangkutan. Jika membran lisosom pecah, enzim-enzim yang dilepaskan dapat menghancurkan sel.

2.4.9. Vakuola

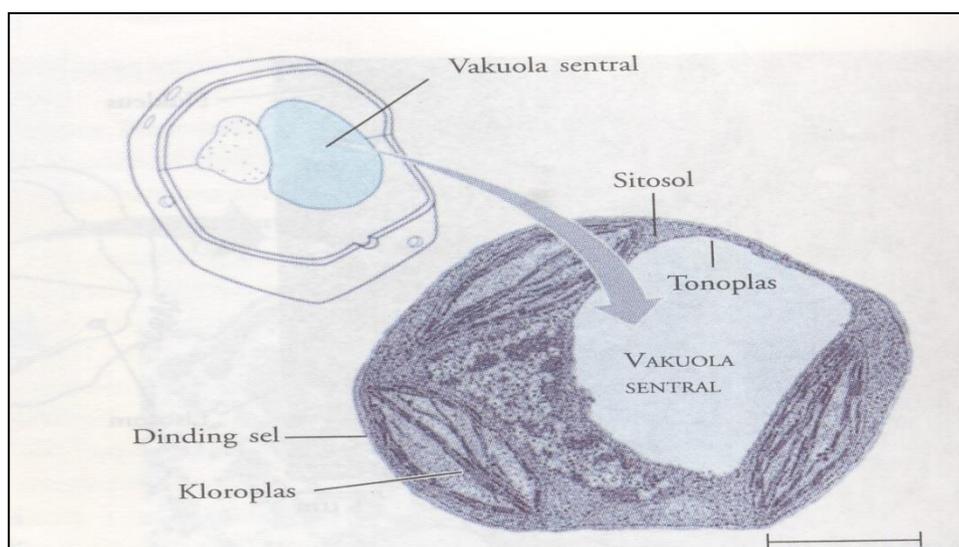
Vakuola dibatasi oleh membran

tunggal, dibentuk dari penggabungan vakuola-vakuola kecil selama pertumbuhan dan perkembangan sel tumbuhan. Vakuola berfungsi sebagai tempat penyimpanan air dan produk-produk sel atau metabolit intermediet.

Oleh karena itu, vakuola mempunyai bermacam-macam fungsi, vakuola makanan yang dibentuk oleh fagositosis berfungsi untuk menampung dan mencernakan serta mengedarkan makanan, vakuola kontraktil yang memompa air berlebih ke luar sel.

Sel tumbuhan dewasa umumnya mengandung satu vakuola sentral yang besar yang dibungkus oleh membran yang disebut tonoplas, yang merupakan bagian dari sistem endomembrannya. Vakuola sel tumbuhan merupakan ruangan yang serbaguna untuk penyimpanan berbagai senyawa baik yang berguna bagi sel maupun zat sisa.

Sel meristematik memiliki banyak vakuola-vakuola kecil, seiring dengan pertumbuhan dan diferensiasi sel, vakuola tersebut bergabung satu dengan yang lainnya untuk mempertahankan turgor sel.



Gambar 2.13. Struktur Vakuola

Mikrobodi terdapat pada sel hewan maupun sel tumbuhan. Terdapat dua jenis mikrobodi berdasarkan fungsi metaboliknya, yaitu peroksisom dan glioksisom. Organel ini dibatasi oleh membran tunggal dan mengandung sejumlah enzim-enzim yang berfungsi dalam metabolisme hidrogen peroksida dan asam glioksilat.

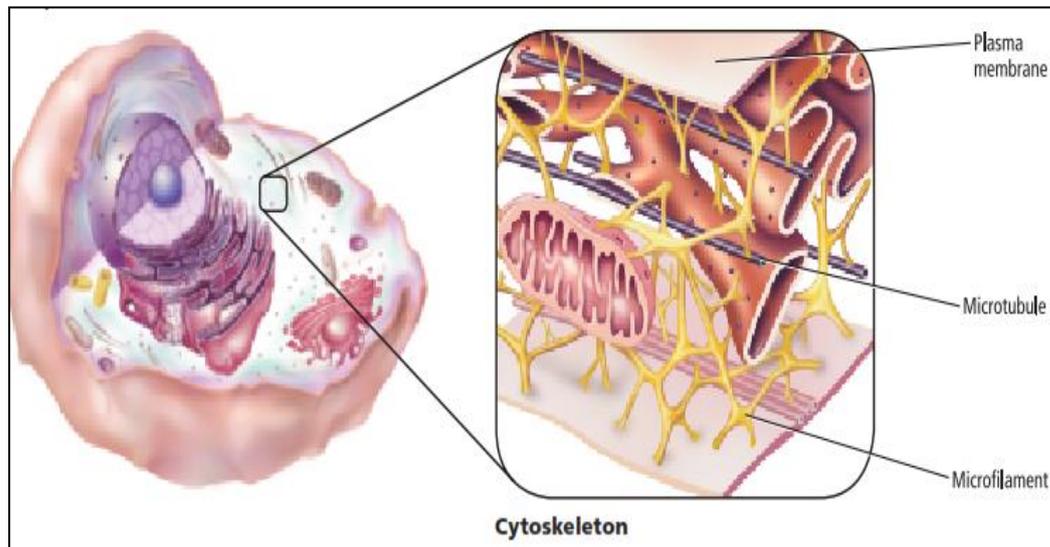
Tidak seperti lisosom, mikrobodi bukan hasil pertunasan endomembran, melainkan tumbuh dengan cara menggabungkan protein dan lipid yang dibuat dalam sitosol dan memperbanyak jumlahnya dengan cara membelah diri menjadi dua setelah mencapai ukuran tertentu.

Peroksisom mengandung enzim yang mentransfer hidrogen dari berbagai substrat ke oksigen dan menghasilkan hidrogen peroksida sebagai produk samping. Reaksi ini memiliki beberapa

menginisiasi perubahan asam lemak menjadi gula, yang dapat digunakan oleh biji yang sedang tumbuh sebagai sumber energi dan sumber karbon sampai biji tersebut dapat menghasilkan gulanya sendiri melalui fotosintesis.

2.4.10. Sitoskelet

Sitoskelet adalah jalinan serabut yang membentang di seluruh sitoplasma yang memainkan peran utama dalam pengorganisasian struktur dan aktivitas sel. Fungsi yang paling jelas dari sitoskelet adalah memberikan dukungan mekanis pada sel dan mempertahankan bentuknya, terutama bagi sel hewan. Sitoskeleton juga terlibat dalam beberapa jenis motilitas (gerak) sel, terutama silia, flagel, dan sel otot.



Gambar 2.14. Susunan Sistem Sitoskeleton

fungsi yang berbeda, misalnya memecah asam lemak, menawarkan alkohol dan racun lainnya.

Glioksisom dijumpai dalam jaringan penyimpanan lemak dari biji tumbuhan. Organel ini memiliki enzim yang

Sitoskeleton dibangun oleh tiga jenis serabut yaitu mikrotubula, mikrofilamen dan filamen intermedia. Mikrotubula ditemukan pada semua sel eukariot, berupa batang lurus dan berongga berdiameter sekitar 25 nm dengan panjang

200 nm sampai 25 μm . Dinding dibangun oleh protein globuler yang disebut tubulin. Setiap molekul tubulin terdiri atas dua sub unit polipeptida yang serupa, yaitu α -tubulin dan β -tubulin. Mikrotubul memanjang dengan cara menambah molekul tubulin di ujung-ujungnya, dan dapat dibongkar untuk disusun kembali dalam sel.

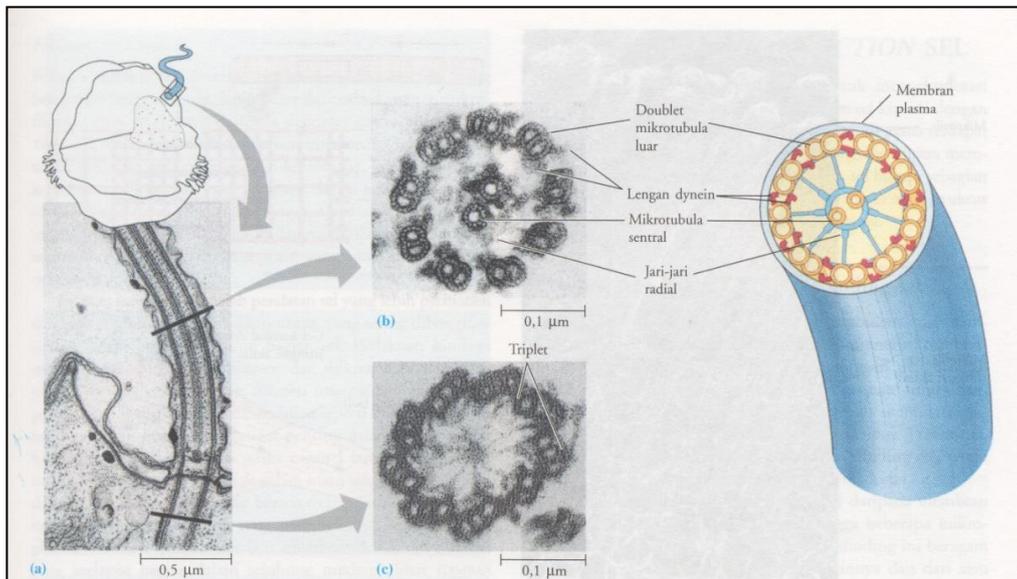
Mikrofilamen adalah serabut tipis berdiameter 5 – 6 nm, terdiri dari protein yang disebut aktin, berperan dalam pergerakan sel baik di dalam maupun pergerakan pindah suatu sel. Selain itu juga telah ditemukan adanya struktur mikrotrabekuler.

Filamen intermedia merupakan serat sitoplasmik yang panjang dengan diameter sekitar 10 nm. Filamen ini terdapat pada semua tipe sel otot polos yang berfungsi mengikat bagian kontraktif

dalam sitoplasmanya mengandung sentriol di dekat permukaan sebelah luar nukleus. Dalam banyak sel, mikrotubula tumbuh dari sentrosom di dekat nukleus yang berfungsi sebagai balok penahan tekanan sitoskeleton. Di dalam sentrosom sel hewan terdapat sepasang sentriol, masing-masing tersusun atas sembilan pasang triplet mikrotubul yang tersusun dalam suatu cincin. Apabila sel membelah sentriol ini bereplikasi menjadi dua. Kedua sentriol biasanya berhadapan dengan sudut tegak lurus. Pada saat pembelahan sel, terbentuk spindle diantara kedua sentriol tersebut.

2.4.12. Silia dan flagel

Bagi sel eukariot, susunan khusus mikrotubul bertanggungjawab untuk menggetarkan flagella dan silia, suatu alat bantu pergerakan yang menonjol dari



Gambar 2.15. Struktur Silia

sel pada tempat yang tetap. Fungsi umum sebagai kerangka penunjang dalam sel, sebagai penguat pada akson neuron.

2.4.11. Sentriol dan Sentrosom

Sel hewan, sel tumbuhan tingkat rendah dan beberapa mikroorganisme

sebagian sel. Banyak organisme eukariotik uniseluler bergerak di air dengan bantuan silia dan flagel, dan sperma hewan, algae, serta sejumlah tumbuhan mempunyai flagel.

Silia biasanya muncul dalam jumlah banyak pada permukaan sel. Silia ini

berdiameter 0,25 μm dan panjang sekitar 2 – 20 μm . Flagel berdiameter sama dengan silia, tetapi lebih panjang daripada silia, yaitu panjang sekitar 10 – 200 μm . Selain itu jumlah flagel biasanya terbatas, hanya satu atau beberapa untuk setiap sel.

2.4.13. Ribosom

Ribosom terdapat pada semua sel, bahkan terdapat dalam mitokondria dan kloroplas, berfungsi sebagai tempat sintesis protein. Ribosom berbentuk partikel padat hampir bulat dengan diameter 150 – 200 Å, ada yang melekat pada retikulum endoplasma kasar dan ada yang bebas dalam sitosol (polisom).

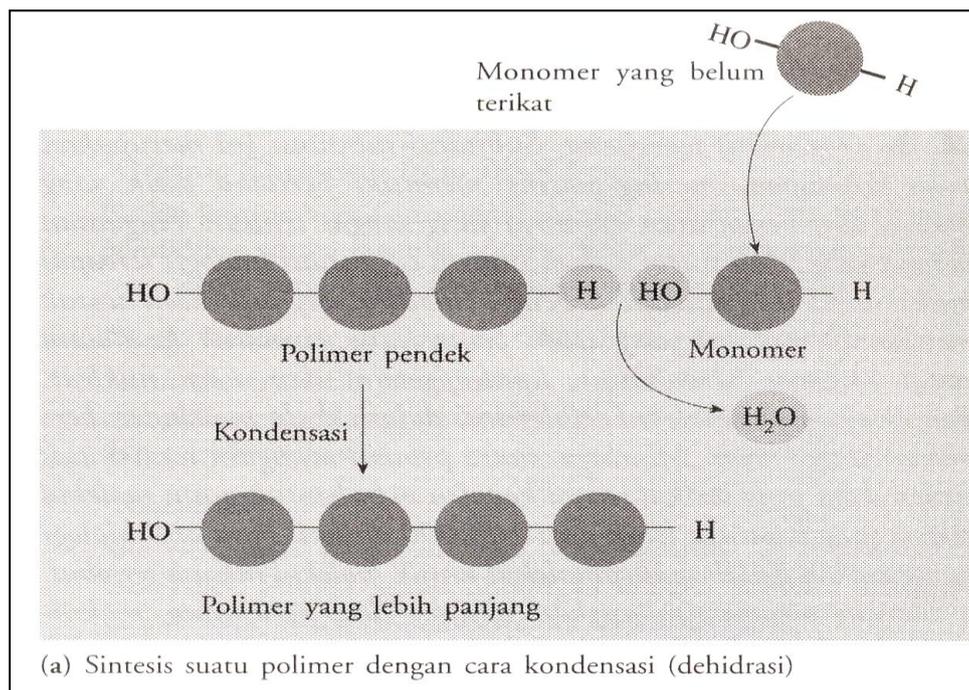
Setiap ribosom terdiri atas dua sub unit, yaitu sub unit besar dan sub unit kecil.

dalam sintesis protein, sedang yang lainnya membentuk struktur ribosom bersama dengan r-RNA.

Kategorisasi Fungsi Sel

2.5.1. Sintesis Makromolekul

Pertanyaan mendasar tentang struktur dan fungsi makromolekul kehidupan adalah bagaimana sel menyusun molekul-molekul besar dari molekul-molekul yang lebih kecil?. Karbohidrat, lipid, protein, dan asam nukleat merupakan empat kategori senyawa organik kehidupan. Kecuali lipid, ketiga senyawa lainnya menyerupai rantai yang disebut polimer. Polimer adalah suatu molekul panjang yang terdiri atas banyak blok penyusun yang identik, yang



Gambar 2.16. Skema Sintesis Makromolekul

Ribosom unit 80 S pada sel eukariot terdiri dari sub unit 60 S dan 40 S. Secara kimiawi ribosom terdiri atas asam ribonukleat (r-RNA) dan protein dalam jumlah yang seimbang. Beberapa protein tersebut berupa enzim yang berperan

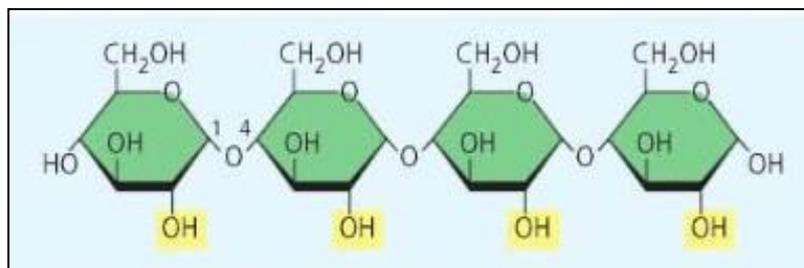
dihubungkan dengan ikatan-ikatan kovalen, mirip seperti kereta api yang terdiri atas rangkaian gerbong. Unit-unit yang disusun berulang-ulang yang berfungsi sebagai blok penyusun suatu polimer adalah molekul kecil yang disebut monomer.

Makromolekul berbeda sifatnya dari monomer penyusunnya, akan tetapi mekanisme kimiawi yang digunakan sel untuk mensintesis dan memutus polimer secara mendasar adalah sama. Monomer-monomer dihubungkan melalui suatu reaksi dimana dua molekul berikatan secara kovalen satu sama lain melalui pelepasan satu molekul air (reaksi dehidrasi). Ketika suatu ikatan terbentuk antara dua monomer, setiap monomer menyumbangkan bagian dari molekul air yang hilang itu: satu molekul memberikan gugus hidroksil (-OH) sementara yang lainnya memberikan hidrogen (-H).

Untuk membuat suatu polimer, reaksi tersebut dilakukan secara berulang saat monomer ditambahkan ke rantai itu satu demi satu. Sel harus mengeluarkan energi untuk melaksanakan reaksi kondensasi tersebut, dan proses ini terjadi hanya dengan bantuan enzim. Logika

tunggal atau gula sederhana. Disakarida adalah gula ganda, yang terdiri atas dua monosakarida yang dihubungkan melalui kondensasi/dehidrasi dengan ikatan glikosidik. Karbohidrat yang merupakan makromolekul adalah polisakarida; polimer yang terdiri dari banyak glukosa.

Monosakarida umumnya memiliki rumus molekul dengan beberapa kelipatan CH_2O . Glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) merupakan monosakarida paling umum, memiliki peranan penting yang utama dalam kimia kehidupan. Pembentukan ikatan antara dua unit glukosa membentuk maltosa, ikatan glikosidik menghubungkan karbon nomor 1 dari satu glukosa dengan karbon nomor 4 dari glukosa kedua. Demikian seterusnya untuk membentuk suatu polisakarida. Penggabungan monomer glukosa dengan cara yang berbeda akan menghasilkan suatu disakarida yang berbeda.



Gambar 2.17. Amilum dengan Monomer Glukosa

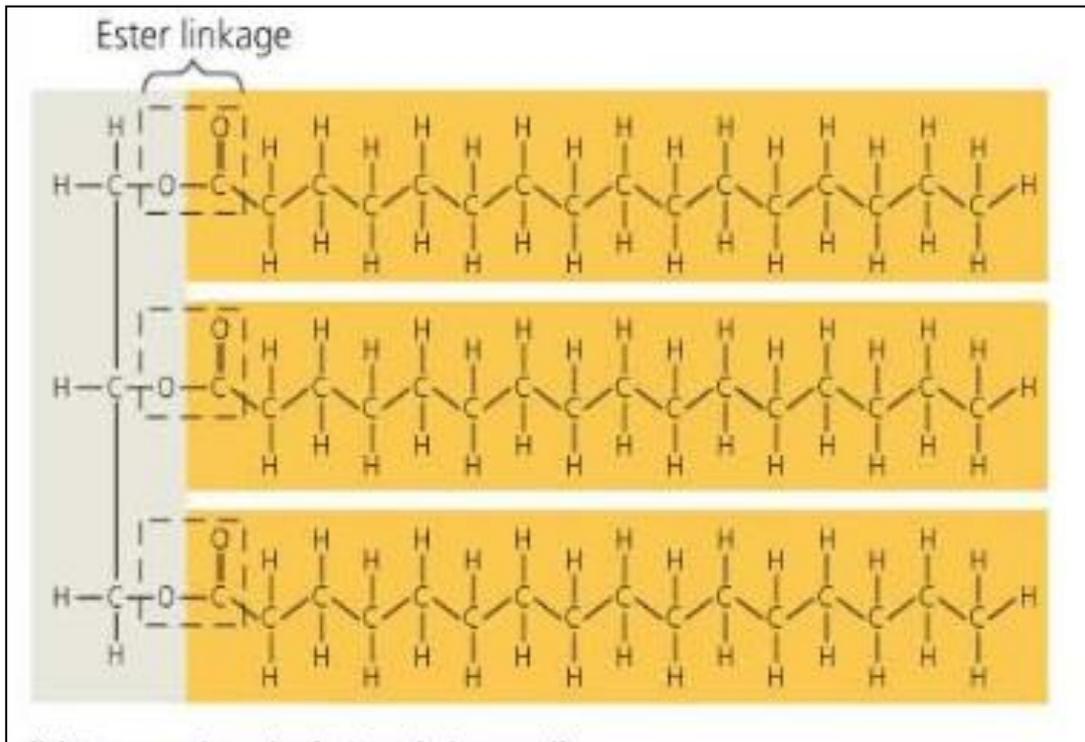
molekuler dari kehidupan sebenarnya sederhana, yaitu molekul-molekul kecil yang dimiliki oleh semua organisme disusun menjadi makromolekul yang unik. Molekul yang besar memiliki sifat-sifat baru yang tidak ditemukan dalam unit-unit penyusunnya.

2.5.1.1. Karbohidrat

Karbohidrat meliputi gula dan polimernya. Karbohidrat yang paling sederhana adalah monosakarida; gula

2.5.1.2. Lipid

Lipid adalah salah satu kategori molekul biologis yang besar, yang tidak mencakup polimer, lebih kecil bila dibandingkan dengan makromolekul sesungguhnya. Lipid meliputi lemak, fosfolipid, steroid, dan lilin.



Gambar 2.18. Molekul Lemak: Triasilgliserol

Lemak merupakan molekul yang besar dan terbentuk dari molekul yang lebih kecil melalui reaksi dehidrasi. Lemak disusun dari dua jenis molekul yang lebih kecil yakni gliserol dan asam lemak.

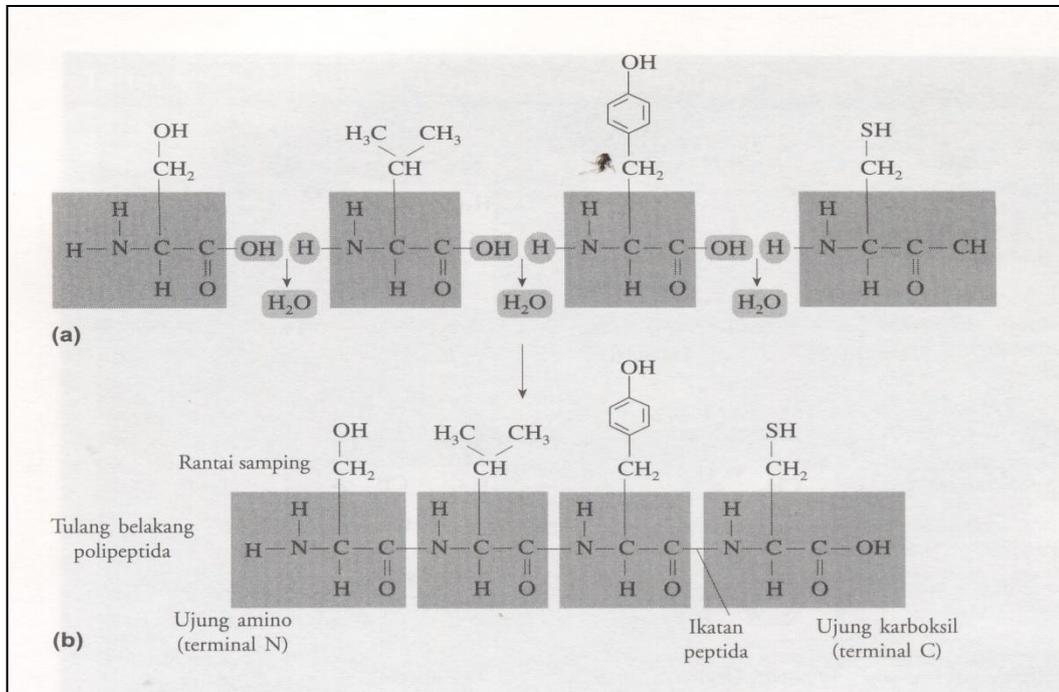
Dalam sintesis lemak, tiga molekul asam lemak masing-masing berikatan dengan gliserol yang sama melalui ikatan ester; suatu ikatan antara gugus hidroksil dan gugus karboksil, sehingga disebut triasilgliserol atau trigliserida. Asam lemak-asam lemak dalam suatu molekul lemak dapat ketiga-tiganya sama atau berbeda.

2.5.1.3. Protein

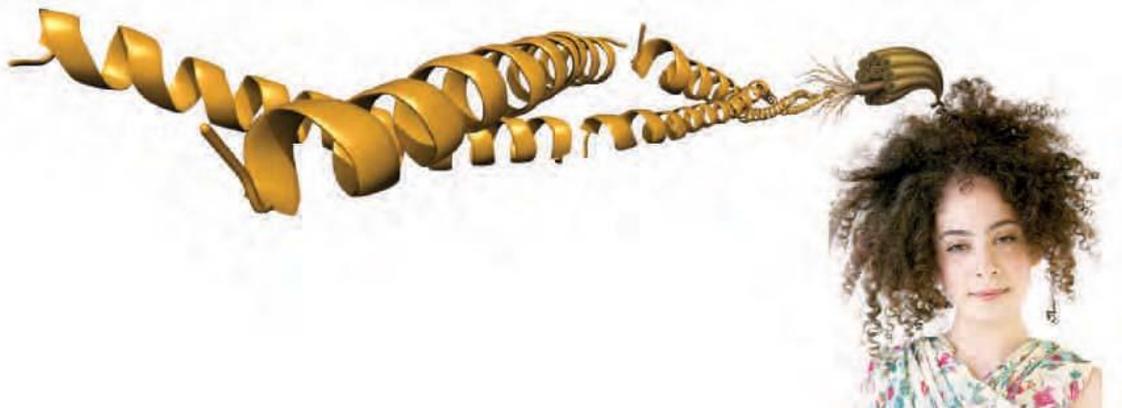
Protein meliputi lebih dari 50% bobot kering sebagian besar sel. Protein merupakan molekul dengan struktur rumit dan sangat beragam sebagaimana ragam fungsinya. Setiap jenis protein memiliki

bentuk tiga dimensi atau konformasi yang unik. Meskipun protein beragam, semua molekul protein merupakan polimer yang dibangun dari kumpulan 20 macam asam amino yang sama (monomer). Polimer asam amino disebut polipeptida. Suatu protein terdiri atas satu atau lebih polipeptida yang terlipat dan terbelit membentuk suatu kesesuaian yang spesifik.

Jika dua asam amino diposisikan sedemikian rupa sehingga gugus karboksil dari satu asam amino berdekatan dengan gugus amina dari asam amino yang lain, suatu enzim akan dapat menyatukan kedua asam amino itu melalui reaksi dehidrasi. Ikatan kovalen yang terbentuk diantara keduanya disebut ikatan peptida, dan senyawanya disebut dipeptida. Jika dilakukan berulang-ulang, proses ini akan menghasilkan polipeptida yang merupakan polimer.



Gambar 2.19. Skema Pembentukan Rantai Polipeptida.



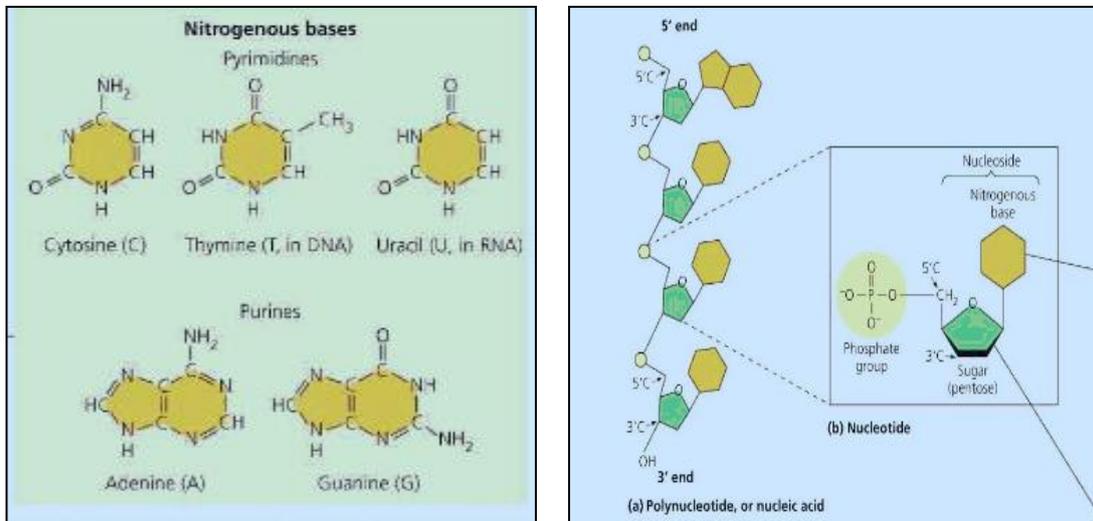
Gambar 2.20. Rambut Disusun oleh Protein

2.5.1.4. Asam Nukleat

Terdapat dua jenis asam nukleat, yaitu asam deoksiribonukleat (AND) dan asam ribonukleat (ARN). Asam nukleat merupakan polimer dari monomer-monomer yang disebut nukleotida. Nukleotida sendiri terdiri atas tiga bagian, yaitu satu molekul basa nitrogen, satu

molekul gula pentosa dan gugus fosfat.

Basa nitrogen dibedakan atas purin dan pirimidin. Purin terbagi atas dua macam yaitu Adenin (A), dan Guanin (G), sedangkan pirimidin terbagi atas tiga macam yaitu Sitosin (C), Timin (T), dan Urasil (U). Adenin, guanin, dan sitosin ditemukan pada kedua jenis asam nukleat.



Gambar 2.21. Struktur Asam Nukleat

Timin hanya ditemukan dalam DNA, dan urasil hanya ditemukan dalam RNA.

Pentosa yang berikatan dengan basa nitrogen adalah ribosa pada molekul ARN dan deoksiribosa pada DNA. Perbedaan diantara kedua gula pentosa ini adalah hanya pada atom karbon nomor dua tidak memiliki atom oksigen.

Gabungan antara gula pentosa dengan basa nitrogen disebut nukleosida, jika ditambahkan gugus fosfat pada atom karbon nomor lima gula itu maka dihasilkan suatu nukleotida. Dalam suatu polimer nukleotida (polinukleotida), setiap nukleotida dihubungkan dengan ikatan kovalen yang disebut ikatan posfodiester antara posfat dari suatu nukleotida dan gula dari nukleotida berikutnya. Pengikatan ini menghasilkan suatu tulang belakang dengan suatu pola gula-posfat-gula-posfat yang berulang.

2.5.2. Eliminasi dan Perombakan Materi Sel

Polimer akan diuraikan menjadi monomernya melalui hidrolisis, suatu proses yang pada prinsipnya merupakan kebalikan dari reaksi dehidrasi. Hidrolisis

berarti memutuskan dengan air. Ikatan antara monomer-monomer diputuskan dengan penambahan molekul air, hidrogen dari molekul air terikat dengan satu monomer, dan gugus hidroksil terikat dengan monomer di dekatnya.

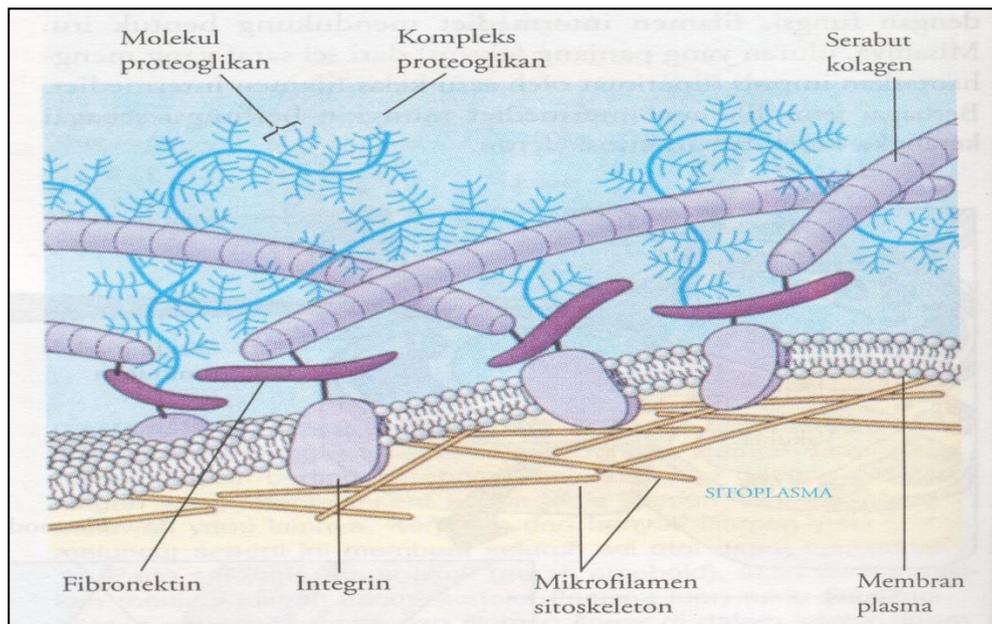
2.5.3. Pendukung, Penggerak untuk Hubungan dengan Lingkungan Ekstraseluler

Walaupun membran plasma biasanya dianggap sebagai batas sel hidup, sebagian sel mensintesis dan mensekresi suatu jenis lapisan atau struktur yang lain yang berada di luar membran. Meskipun sel hewan tidak memiliki dinding yang sejenis dengan dinding sel tumbuhan, sel hewan memiliki matriks ekstraseluler (MES) yang kuat. Bahan penyusun utama MES adalah glikoprotein (kolagen, proteoglikan, dan fibronectin). Glikoprotein yang paling melimpah pada MES sebagian besar sel hewan adalah kolagen yang tertanam dalam jalinan proteoglikan. Beberapa sel terikat pada MES oleh fibronectin. Fibronectin ini terikat pada protein reseptor yang disebut integrin yang terdapat dalam membran plasma.

Integrin membentangi membran dan melekatkan sisi sitoplasmiknya ke mikrofilamen sitoskelet. Dengan demikian integrin berada dalam posisi untuk menghantarkan perubahan-perubahan yang terjadi dalam MES ke sitoskeleton, dan sebaliknya untuk mengintegrasikan perubahan-perubahan yang terjadi di luar dan di dalam selnya. Sel berkomunikasi dengan MES melalui integrin dan dapat mengatur perilaku sel. Pensinyalan mekanis melibatkan fibronektin, integrin dan sitoskeleton.

Dinding sel mati tumbuhan sepertinya mengisolasi sel yang satu dari sel yang lainnya. Sebenarnya tidak karena dinding itu mempunyai lubang-lubang berupa saluran yang disebut plasmodesmata. Sitoplasma lewat melintasi plasmodesmata dan menghubungkan sitoplasma sel yang bersebelahan. Ini akan menyatukan sebagian besar bagian tumbuhan itu menjadi satu rangkaian hidup.

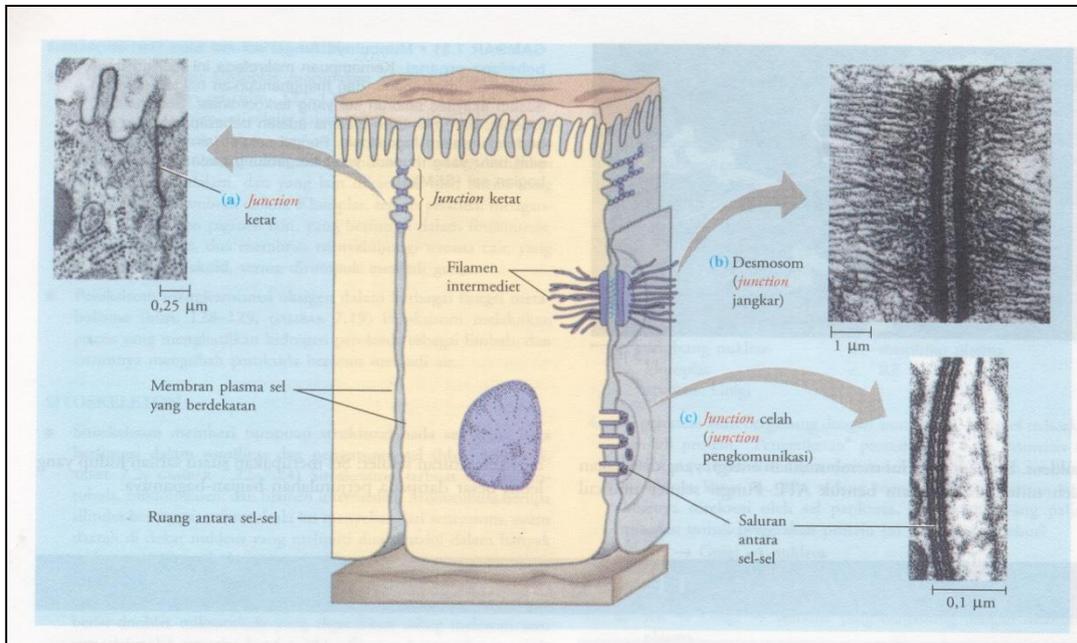
Pada sel hewan terdapat tiga jenis utama junction interseluler, yaitu junction



Gambar 2.22. Skema Matriks Ekstraseluler Sel Hewan

Perubahan pada sitoskeleton selanjutnya dapat memicu jalur pensinyalan kimiawi di dalam sel tersebut. Dengan cara ini MES jaringan tertentu dapat membantu mengkoordinasikan perilaku semua sel di dalam jaringan itu. Sel-sel hewan dan tumbuhan dalam jumlah besar diorganisasi menjadi jaringan, organ dan sistem organ. Sel yang bersebelahan sering melekat, berinteraksi, dan berkomunikasi melalui tambahan khusus yang berupa kontak fisik langsung.

ketat, desmosom, dan junction celah seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.23.



Gambar 2.23. Skema Ketiga Jenis Junction Pada Sel Hewan.

Rangkuman

Sitology adalah cabang ilmu Biologi yang kajiannya mengenai sel. Konsep sel pertama kali dikemukakan oleh ilmuwan Inggris Robert Hook pada tahun 1665, setelah mengamati irisan gabus botol dengan menggunakan mikroskop sederhana. Selanjutnya konsep tentang sel mengalami perkembangan, seperti yang dikemukakan oleh Mathias Schleiden pada sel tumbuhan dan temuan Theodor Schwann pada sel hewan, yang selanjutnya dikenal dengan teori sel. Teori mereka menyatakan bahwa setiap makhluk hidup terdiri atas satu atau lebih sel, Sel merupakan unit struktural dan fungsional semua makhluk hidup, semua kehidupan berasal dari sel-sel sebelumnya melalui pembelahan, dan sel mengandung material genetik yang akan diturunkan kepada generasinya. Eksplorasi terhadap sel semakin berkembang, saat ini kita mengenal istilah sel prokariot dan sel eukariotik. Sel prokariotik adalah sel tanpa membran inti, tidak memiliki organel yang bermembran, dan sebagian besar sel prokariot mempunyai dinding sel. Bakteri

termasuk jenis sel prokariotik. Sel eukariot adalah sel yang memiliki membran inti dan sejumlah organel dengan fungsi yang spesifik. Diantara organel yang dimiliki adalah inti sel, retikulum endoplasma, badan Golgi, lisosom, mikrobodi, mitokondria, dan kloroplas. Sel penyusun tubuh hewan dan tubuh tumbuhan termasuk jenis sel eukariotik. Sel juga melakukan beberapa fungsi, diantaranya sintesis makromolekul, pergerakan, sekresi, dan ekskresi.

Soal-Soal Latihan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini!

1. Tuliskan dua teori tentang sel yang dikemukakan oleh ahli.
2. Tuliskan tiga perbedaan antara sel prokariotik dengan sel eukariotik.
3. Jelaskan tiga organel yang terdapat pada sel tumbuhan yang tidak

ditemukan pada sel hewan, beserta fungsinya.

4. Jelaskan tiga organel yang terdapat pada sel hewan yang tidak ditemukan pada sel tumbuhan, beserta fungsinya.
5. Jelaskan dua ciri struktural dari membran sel dalam mendukung proses transportasi molekul.

3 Organisasi Tubuh Tumbuhan



Tumbuhan atau tanaman dapat kita jumpai dengan mudah di sekitar lingkungan kita. Tumbuhan memiliki banyak fungsi bagi kehidupan manusia, sebagai penyedia oksigen yang sangat penting untuk kehidupan, sumber makanan dan obat-obatan, digunakan sebagai tanaman hias, dan masih banyak fungsi lainnya. Bagian tumbuhan yang dapat kita lihat dengan mudah hanya bagian luarnya saja, seperti akar, batang, daun, bunga, ataupun buah. Bagian-bagian tumbuhan tersebut tersusun atas struktur yang lebih kecil lagi yang hanya dapat diamati dengan menggunakan mikroskop, struktur tersebut adalah jaringan yang menyusun organ-organ tubuh tumbuhan. Pada bab ini, kita akan membahas struktur dan fungsi jaringan yang menyusun tubuh tumbuhan dan organ-organ tubuh tumbuhan, seperti akar, batang, dan daun.

Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan perkuliahan, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Menjelaskan pengertian jaringan pada tumbuhan
2. Membedakan jaringan muda dengan jaringan dewasa pada tumbuhan
3. Menjelaskan karakteristik jaringan meristem
4. Menunjukkan letak jaringan meristem
5. Mendeskripsikan jaringan epidermis
6. Mendeskripsikan jaringan dasar (parenkim)
7. Mendeskripsikan jaringan penguat (sklerenkim dan kolenkim)
8. Membedakan antara xylem dengan floem.
9. Menunjukkan bagian- bagian anatomi akar.
10. Membedakan bagian-bagian anatomi akar monokotil dengan dikotil.
11. Menunjukkan bagian –bagian antomi batang.
12. Membedakan struktur batang monoktil dengan dikotil.
13. Menunjukkan bagian- bagian anatomi daun.

STRUKTUR JARINGAN PADA TUMBUHAN

Jaringan ialah kumpulan sel-sel (protoplas yang berding) yang *sama bentuk dan fungsinya*. Pada organisme tingkat rendah yang masih sederhana tubuhnya belum mempunyai jaringan, malah ada yang selama hidupnya hanya terdiri dari satu sel saja. Makin tinggi tingkat perkembangan organisme makin nampak adanya differensiasi sel-sel tubuhnya sehingga tampak adanya berbagai penyusun organ tubuhnya. Jaringan tubuh tumbuhan terbentuk karena adanya pembelahan sel.

Jaringan penyusun tubuh tumbuhan tingkat tinggi dapat dibedakan atas dua bagian menurut usianya yaitu Jaringan muda (meristem atau titik tumbuh) dan Jaringan dewasa (jaringan tubuh tua). Berikut ini akan dijelaskan secara singkat kedua jenis jaringan tersebut.

A. Jaringan Muda (Meristem atau Titik Tumbuh)

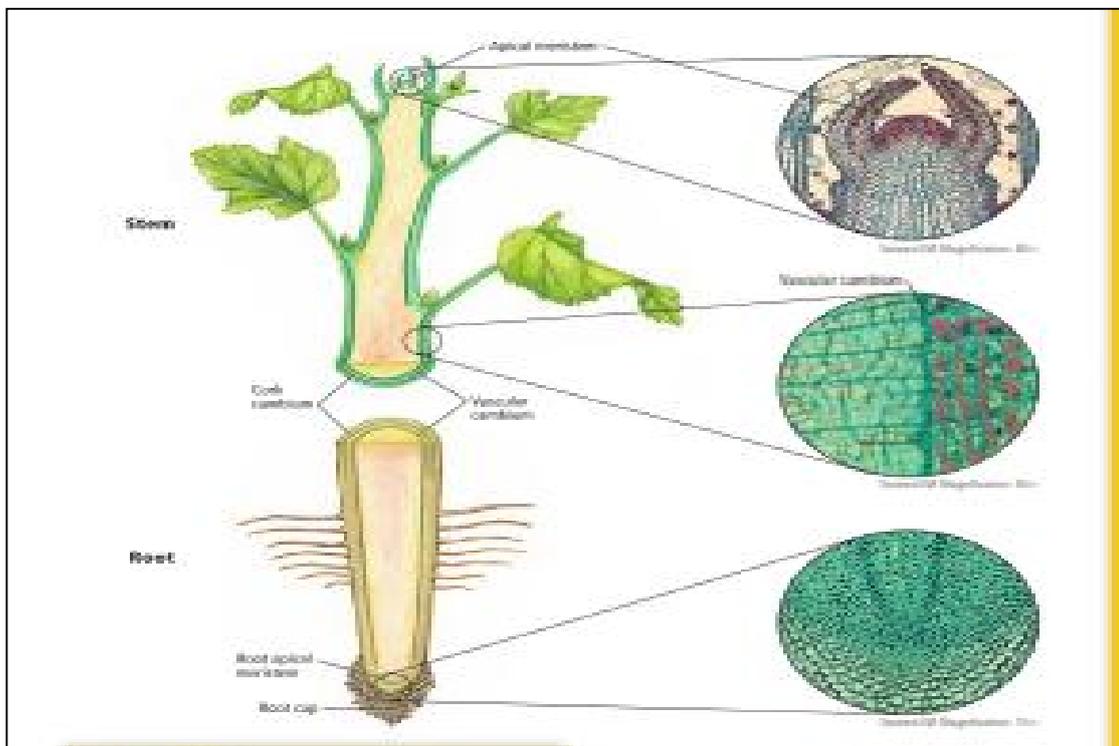
Jaringan ini terdiri dari sel-sel yang masih embrional, dindingnya tipis, kaya akan plasma, vakuolanya kecil-kecil. Sel-sel jaringan ini bila dilihat dari segala arah kurang lebih sama besar, jadi bentuk sel seperti kubus.

Jaringan meristem berfungsi untuk membelah dan berdiferensiasi menjadi sel-sel jaringan dewasa. Dari itulah, maka jaringan meristem selalu membelah atau berkembang biak.

Menurut letak dan asal pertumbuhan meristem, jaringan meristem itu dapat dibedakan atas dua:

1. Meristem primer (titik tumbuh primer atau promeristem).
2. Meristem sekunder (titik tumbuh sekunder atau kambium)

Meristem primer terdapat pada titik tumbuh di ujung batang dan akar, sehingga disebut juga titik tumbuh apikal (ujung).



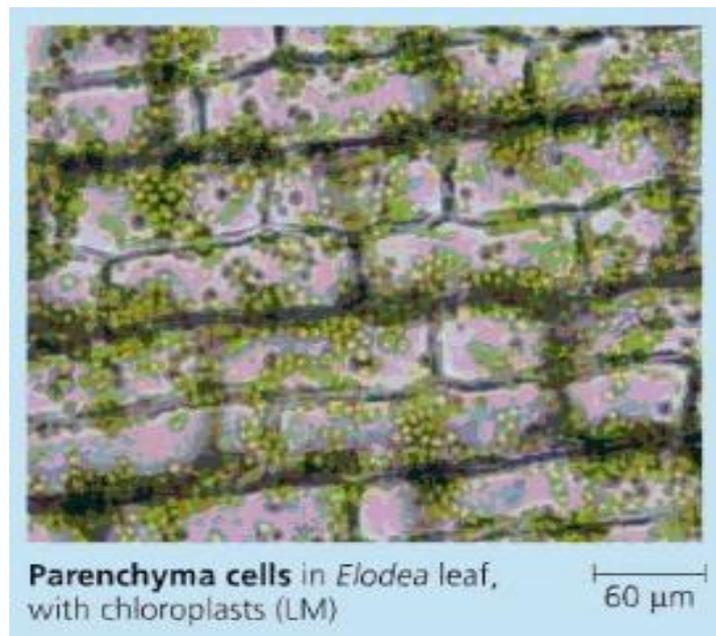
Gambar 3.1. Diagram posisi meristem pada tumbuhan

karena adanya titik tumbuh ujung ini maka ujung akar dan batang tumbuhan dapat bertambah panjang. Di belakang titik tumbuh, berbatasan dengan sel-sel meristem ini terdapat sel-sel yang sedang bertumbuh membesar, kemudian berdiferensiasi. Agak jauh ke belakang lagi sel-selnya telah dewasa, sehingga sudah jelas kelihatan adanya jaringan yang terdiri dari sel-sel dewasa yang telah mempunyai bentuk dan sifat yang tertentu sesuai

Berdasarkan struktur dan fungsi jaringan dewasa dibedakan atas empat yaitu 1) jaringan dasar (parenkim), 2) jaringan penutup (jaringan pelindung), 3) jaringan penguat (mekanik) dan 4) jaringan pengangkutan

Jaringan Dasar (Parenkim)

Jaringan ini terdapat pada semua bagian organ tumbuhan seperti empulur, korteks akar dan batang, mesofil daun, endosperm biji, buah berdaging, jari-jari



Gambar 3.2. Jaringan Parenkim yang disusun oleh sel-sel parenkim

dengan fungsinya. Letak meristem pada titik tumbuh primer ditunjukkan pada Gambar 3.1.

B. Jaringan Dewasa (Jaringan Tubuh Tua)

Sel-sel jaringan dewasa bentuknya lebih besar dari sel-sel meristem, plasmanya lebih sedikit, vakuola lebih besar, kadang-kadang sel jaringan dewasa telah mati dan terisi dengan udara atau air serta dinding selnya mempunyai penebalan yang bermacam-macam.

empulur, dan juga terdapat sebagai elemen xilem dan floem baik primer maupun sekunder.

Parenkim merupakan sel yang hidup, dinding tipis, bentuk sel bermacam-macam, antara lain isodiametris, bulat seperti tiang, seperti bunga karang, seperti bintang. Sel-sel parenkim aktivitas yang fungsional antara lain fotosintesis, bernafas, menyimpan cadangan makanan, sekresi. Sel-sel parenkim sering mengandung kristal-kristal, lemak, minyak, dan sekresi lain, zat tepung, butir aleuron dan plastida. Parenkim yang mengandung kloroplas

disebut klorenkim. Klorenkim terdapat pada daun dan permukaan batang yang masih muda. Tipe-tipe parenkim ditunjukkan pada Gambar 3.2.

Parenkim digolongkan menjadi beberapa macam berdasarkan fungsinya yaitu

a. Parenkim asimilasi:

Terdapat pada bagian tubuh tumbuhan yang berwarna hijau. Pada daun bentuk parenkim asimilasi ada 2 macam yaitu bentuk tiang yang disebut jaringan tiang dan bentuk bunga karang yang disebut jaringan bunga karang.

b. Parenkim udara

Terdapat pada alat pengapung, misalnya pada daun *Canna*, empulur batang *Juncus*. Biasanya sel-selnya bercabang membentuk jari-jari, atau berbentuk bintang. Sel parenkim yang berfungsi untuk menyimpan udara disebut aerenkim.

c. Parenkim penimbun

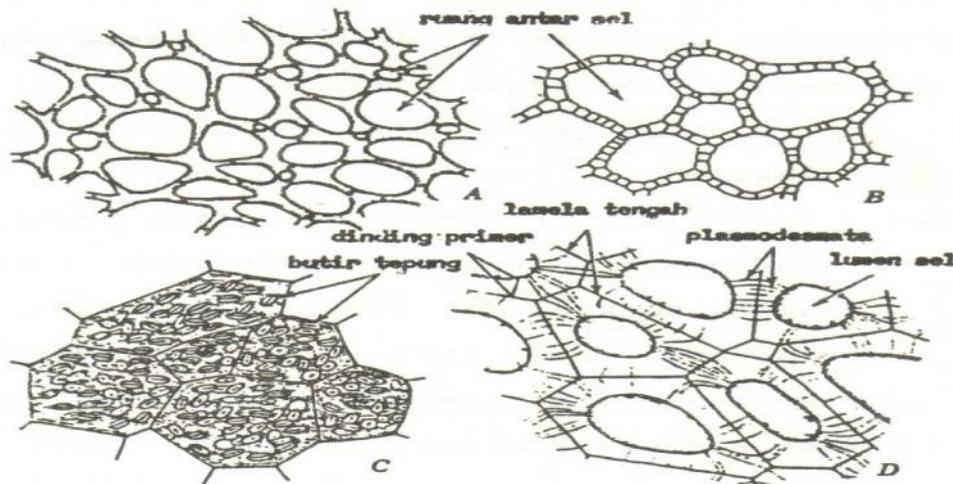
Sel-sel parenkim ini berisi cadangan makanan terdapat pada endosperm, daun lembaga, tuber, atau umbi. Pati merupakan bahan cadangan yang paling umum pada tumbuhan dan didapati pada endosperm, kotiledon, umbi kentang, buah, parenkima xilem serta floem, korteks.

d. Parenkim air

Sel-sel parenkim penuh dengan air, untuk mempertahankan diri terhadap kekeringan. Selnya mempunyai vakuola besar yang mengandung cairan agak berlendir

a. Parenkim pengangkut

Terdapat pada jaringan pengangkutan. Pada jaringan ini dinding parenkim dapat mengalami penebalan sekunder.

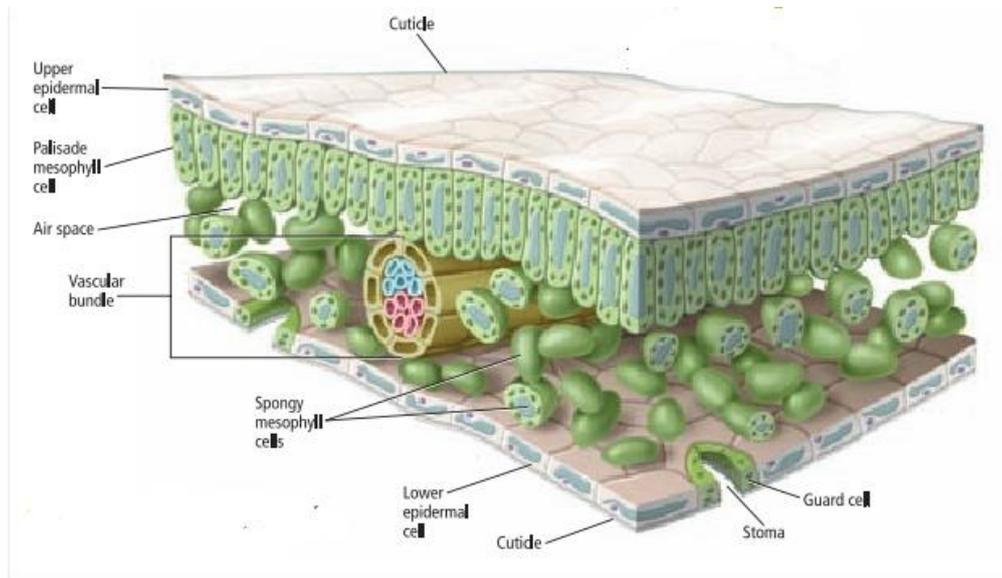


Gambar 3.3. Tipe-tipe parenkim, A. Parenkim udara daun *Canna*, parenkim bercabang seperti bintang dengan ruang antar sel besar, B. Parenkim udara pada tangaki daun *Zantedeshia*, C. Parenkim pada endosperm *Secale*, berisi butir-butir tepung, D. Parenkim pada endosperm *Diospyros*.

Jaringan Penutup (Epidermis)

Tumbuhan yang bersel banyak yang hidup di darat, seluruh atau sebagian tubuhnya memerlukan pelindung terhadap keadaan lingkungan kurang

mencegah penguapan air yang berlebihan. Selain itu dapat pula jumpai zat lilin contoh pada daun pisang. Jaringan epidermis dapat ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.4. Anatomi Daun yang Memperlihatkan Beberapa Jenis Jaringan

menguntungkan seperti kekurangan air, kerusakan akibat pengaruh mekanik, suhu yang terlalu tinggi/rendah dan juga terhadap kehilangan zat makanan. Untuk memenuhi tugas tersebut maka pada tubuh tumbuhan terdapat sel-sel yang tersusun yang berlapis-lapis dan mempunyai struktur yang khusus.

Epidermis merupakan selubung yang meliputi seluruh tubuh tumbuhan sebelum mengalami pertumbuhan sekunder. Biasanya sel-sel epidermis ini hanya terdiri atas satu sel saja yang tersusun rapat sehingga sering kali dapat dilepaskan berupa kulit yang tipis

Lapisan kutin yang berupa kutikula merupakan selaput tipis pada lapisan terluar yang menutupi jaringan epidermis dari luar. Lapisan kutikula tidak dapat atau sedikit sekali melewati gas dan uap air; sehingga kutikula mempunyai peranan

Pada epidermis juga dijumpai sel penutup stomata yang sel-selnya masih hidup dan di dalam protoplasmanya terdapat klorofil, sehingga sel itu mempunyai melakukan fotosintesis.

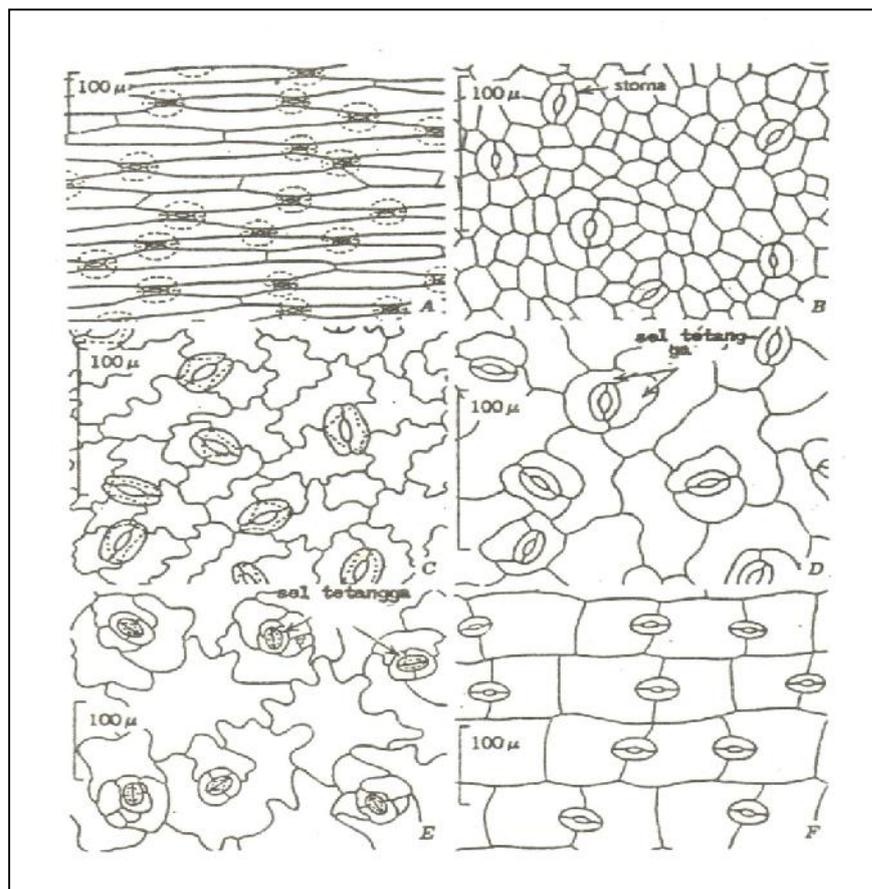
a. Stomata

Stomata terdapat hampir pada semua bagian permukaan tanaman, walaupun jumlah terbanyak ditemukan pada daun dan batang yang muda. Suatu stomata terdiri dari lubang yang dikelilingi oleh 2 sel penutup (sel penjaga). Pada kebanyakan tumbuhan, sel penjaga secara umum berbentuk ginjal. Pada Gramineae, Cyperaceae berbentuk halter.

Secara morfologi, ada empat tipe utama stomata (Gambar 3.3) pada dikotil berdasarkan susunan sel epidermis yang berdekatan dengan sel penjaga yaitu:

1. **Tipe anomositik** yaitu sel penjaganya dikelilingi oleh sejumlah sel tertentu

- yang tidak berbeda dengan sel epidermis yang lain dalam bentuk maupun ukuran. Tipe ini dapat ditemukan pada Cucurbitaceae, Malvaceae.
2. **tipe anisositik**, yaitu setiap sel penjaga dikelilingi oleh tiga sel tetangga yang ukurannya tidak sama. Misalnya pada *Nicotiana* dan *Solanaceae*.
 3. **Tipe parasitik**, yaitu setiap sel penjaga bergabung dengan satu atau lebih sel tetangga, sumbu membujur sejajar dengan sumbu sel penjaga dan apertur. Misalnya pada *Arachis* dan *Phaseolus*.
 4. **Tipe diasitik** yaitu setiap stomata dikelilingi oleh dua sel tetangga, umumnya dinding sel itu membuat sudut siku-siku terhadap sumbu membujur stomata. Misalnya pada Caryophyllaceae.
 5. **Tipe aktinositik** yaitu stomata dikelilingi oleh lingkaran sel yang menyebar dalam radius.



Gambar 3.5. Stomata pada permukaan bawah daun, A. Daun *Iris*, stomata pada Det logitudinal; B. Daun *Vitis*, stomata menyebar; C. Daun *Capsicum*, stomata menonjol; B.C. Tanpa sel tetangga (anomositik); D-F. Dengan sel tetangga; D. Daun *Vigna*, tipe parasitik; E. Daun *Sedum*, anisositik; F. Daun *Dianthus*, tipe diasitik.

b. Trikoma

Trikoma merupakan tonjolan epidermis ke arah luar. Trikoma dapat bersifat kelenjar atau bukan kelenjar. Yang bukan kelenjar dapat berupa rambut sisik, papila, atau rambut.

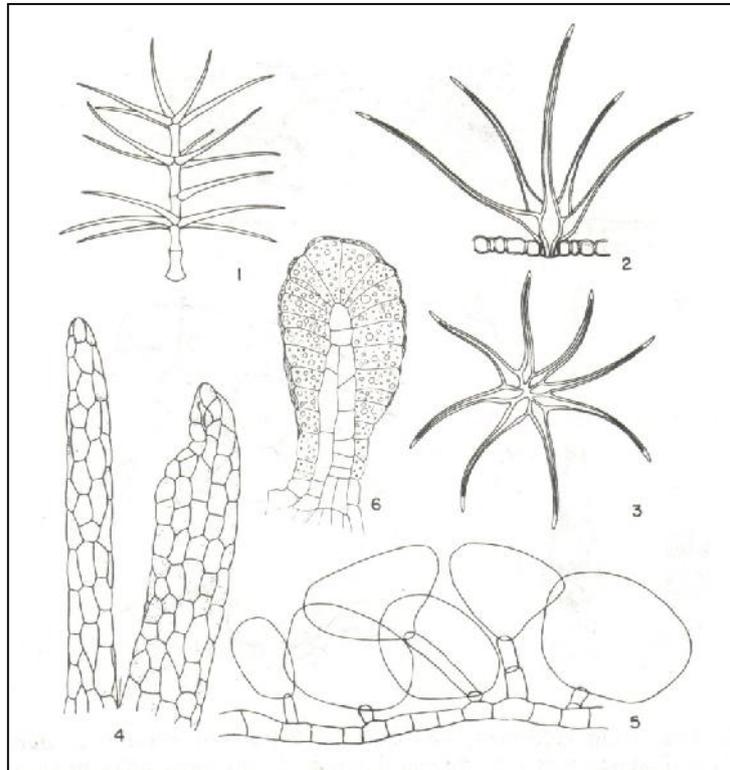
Trikoma mempunyai fungsi bermacam-macam antara lain: sebagai pelindung terhadap gangguan dari luar, untuk mengurangi penguapan. Trikoma ditunjukkan pada Gambar 3.5.

Biasanya sangat sederhana, dapat terdiri atas satu sel atau banyak sel.

2. Trikoma glandular (kelenjar), mengeluarkan berbagai sekret antara lain: larutan garam. Larutan gula (nektar), terpenin dan gom.

Jaringan Mekanik (Jaringan Penguat)

Makin besar tubuh suatu tumbuhan, maka tubuhnya harus semakin kuat. Kekuatan dari tumbuhan disebabkan karena adanya tegangan dari dinding sel



Gambar 3.6. Berbagai tipe trikoma, 1. Trikoma multiseluler, 2. Trikoma multiseluler berbentuk bintang, 3. Trikoma multiseluler dilihat dari atas, 4. Rambut kasar, 5. Rambut vesikula, 6. Koleter

Bentuk dan fungsi trikoma bermacam-macam, dapat terdiri atas satu sel atau banyak sel.

1. Trikoma non glandular (rambut-rambut biasa) yang tidak menghasilkan sekret.

sebagai akibat adanya tegangan turgor pada sel-sel jaringan tubuh tumbuhan. Jaringan mekanik dibedakan atas dua yaitu kolenkim dan sklerenkim

a. Kolenkim

Kolenkim merupakan bagian terluar pada korteks batang, sel-sel kolenkim bersifat hidup, kadang-kadang mengandung kloroplas. Kolenkim merupakan jaringan penguat pada bagian batang yang masih muda, tangkai daun, ibu tulang daun (jarang dijumpai di akar). Kolenkim ditunjukkan pada Gambar 3.5.

Menurut tipe penebalan dinding sel, ada tiga tipe utama kolenkim yang dapat dibedakan:

1. **Kolenkim menyudut (angular)** yaitu penebalan dinding sel terjadi secara mebulur di sudut-sudut sel. Contoh ini dapat ditemukan pada *Cucurbita*, *Begonia* dan batang *Solanum tuberosum*.
2. **Kolenkim lamelar**, penebalan terjadi pada dinding tangensial selnya. Contoh tipe ini ditemukan pada korteks batang *Sambucus nigra*.
3. **Kolenkim lakunar**, penebalan di bagian dinding sel yang menghadap ke ruang interselular. Ini dapat dilihat pada tangkai daun spesies *Compositae*, *Salvia*.

4. **Kolenkim cincing**, pada penampang lintang lumen sel berbentuk lingkaran. Pada waktu menjelang dewasa terlihat bahwa karena pada tipe sudut penebalan bersambungan pada dinding sel maka lumen tidak menyudut lagi.

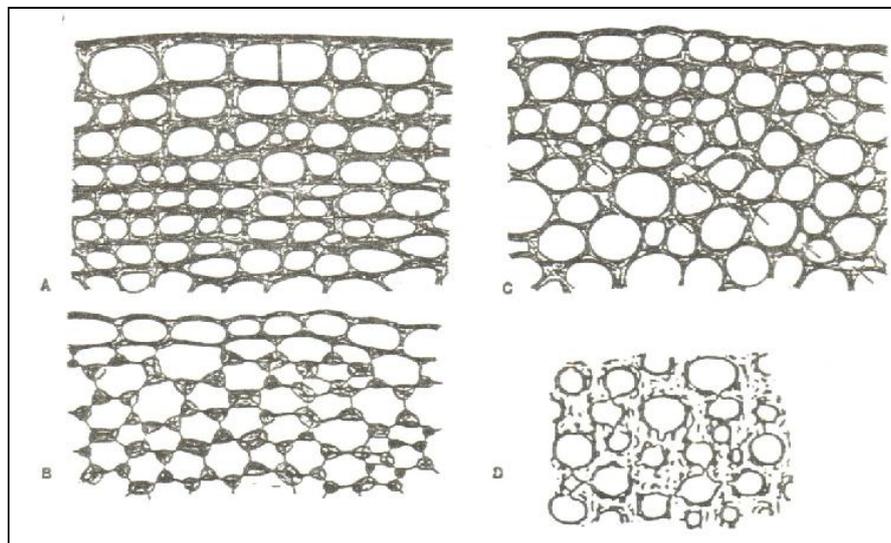
Skelerenkim

Skelerinkim terdiri dari sel-sel yang telah matidan tidak mengikut perkembangan .Karena itu merupakan jaringan penguat pada bagian tubuh yang telah dewasa (kebalikan kolenkim)

Jaringan skelerenkim dapat dibedakan menjadi 2 yaitu 1) kelereid dan 2) serabut skelerenkim.

1) Sklereid

Sklereid sering disebut sel batu, karena dinding selnya keras mengandung lignin. Bentuk selnya relatif pendek, berkelompok-kelompok, atau menyendiri contoh pada tempurung (endocarpium) kelapa. Pada banyak tumbuhan sklereid

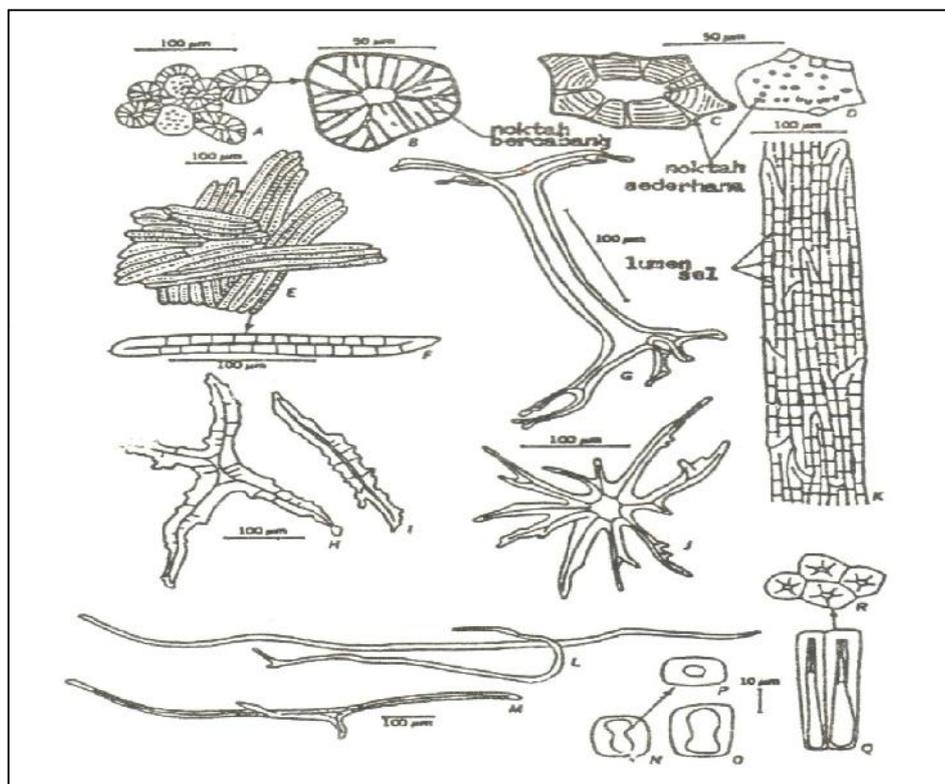


Gambar 3.7. Tipe-tipe kolenkim; A. Tipe lempeng (lamelar) pada batang *Sambucus*; B. Tipe sudut (angular) pada *Cucurbita*; C. Tipe tubular pada *Lactuca*; D. Tipe cincin pada ibu tangkai daun *Nerium oleander*.

terbentuk sebagai kumpulan sel yang padat di bagian dalam jaringan parenkim yang lunak. Organ-organ tertentu, seperti misalnya kulit kenari serta banyak biji batu dan selaput biji lainnya, seluruhnya dibentuk dari sklereid. Pada beberapa tumbuhan, misalnya Magnoliaceae, sklereid dijumpai dalam hampir seluruh organ; dalam korteks dan empulur batang, daun stipula, perhiasan bunga, reseptakel, buah, dan jarang dalam akar

Tschirch (1889) dalam Fahn (1991) membagi sklereid dalam empat tipe (1) brakisklereid atau sel batu, yang bentuknya lebih kurang isodiametrik; sklereid semacam ini biasanya dijumpai dalam

floem, korteks dan kulit batang serta dalam daging buah dari buah tertentu seperti pir, (2) Makrosklereid, sklereid bentuk tongkat; sklereid seperti itu sering kali membentuk suatu lapisan kontinyu dalam testa biji Leguminosae, (3) Osteosklereid, sklereid bentuk kumparan atau tulang, ujungnya membesar, bercuping, dan kadang-kadang bercabang; sklereid seperti ini dijumpai dalam kulit biji dan kadang-kadang dalam daun dikotil tertentu, (4) asterosklereid, sklereid yang mempunyai percabangan beragam dan sering kali berbentuk bintang, sklereid ini terutama dijumpai dalam daun, dan (5) trikosklereid, sklereid sangat memanjang, agak seperti rambut, dan



Gambar 3.8. Tipe-tipe sklereid, A,B. sel batu pada buah pear (*Pyrus*); C,D. Sklereid pada korteks batang *Hoya*; C. Irisan melintang; D. dilihat dari permukaan; E,F. Sklereid pada endokarpium buah apel (*Malus*); G. Sklereid kolumnar dengan ujung bercabang, dari mesofil *Hakea*; H,I. Sklereid tangkai daun *Camelis*; J. Asterosklereid dari korteks batang *Trochodendron*; K. Lapisan sklereid dari epidermis sisik *Allium sativum*; L,M. Sklereid bentuk benang pada mesofil daun *Oka*; N-P. Sklereid dari kulit biji *Phaseolus*; Q. Sklereid (makrosklereid) kulit biji *Phaseolus*; R. makrosklereid dilihat dari atas.

biasanya berupa sklereid dengan satu percabangan yang teratur. Tipe-tipe sklereid ditunjukkan pada Gambar 3.6.

1) Serabut sklerenkim

Pengertian sklerenkim serabut biasanya diidentikkan dengan bentuk sel yang memanjang dengan ujung runcing, lumen sempit dan dinding sekunder tebal. Serabut terdapat pada akar, batang, daun dan buah. Terdapat di antara jaringan-jaringan lain, serat mungkin terdapat di dalam xilem atau floem, merupakan suatu lapisan dan berhubungan dengan berkas pengangkutan, terutama pada daun, atau jaringan parenkim empulur maupun korteks

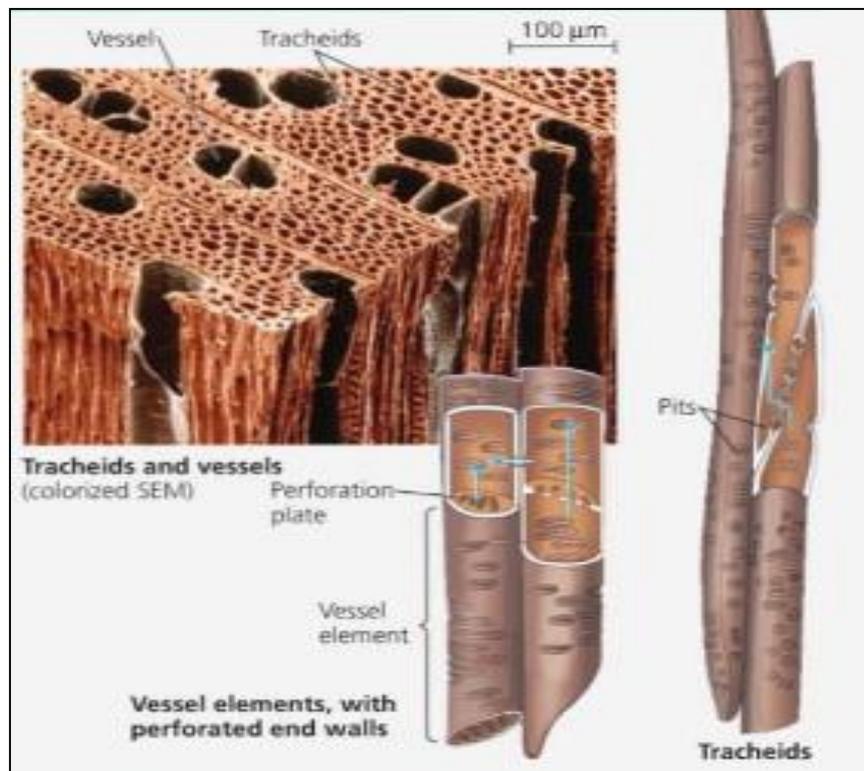
Pada tumbuhan monokotil, serabut tidak hanya terdapat sebagai sarung berkas pengangkut, tetapi meluas antara berkas pengangkut dengan epidermis bawah dan atas. Seluruh kelompok sel serat menyusun berkas serat daun yang

kuat, yang secara komersial penting yang terdiri atas serat keras dan serat lunak. Serat keras dindingnya berkayu (mengandung lignin), dan umumnya dihasilkan oleh tumbuhan monokotil. Sedang serat lunak dindingnya tidak selalu mengandung lignin, bersifat fleksibel dan lentur, dihasilkan oleh tumbuhan dikotil.

Contoh serat tanaman Pisang manila (*Musa textilis*), rambut biji Kapuk (*Ceiba pentadra*), Rami (*Boehmerianivea*) panjang seratnya mencapai 55 cm, *Hibiscus cannabius*

3.2.4. Jaringan Pengangkut

Pada tumbuhan tingkat rendah belum ditemukan adanya jaringan pengangkutan, karena pengangkutan masih dapat berlangsung ke seluruh bagian tubuh dengan cara difusi saja. Tetapi pada tumbuhan tingkat tinggi yang tubuhnya sedemikian besar, pengangkutan zat tidak dapat sampai dengan cepat ke seluruh



Gambar 3.9. Jaringan pengangkutan xilem dan elemen xilem

bagian tubuh bila dengan difusi saja, oleh sebab itu diperlukan adanya jaringan khusus berfungsi dalam mempercepat jalannya pengangkutan yang disebut *jaringan pengangkutan* (jaringan pembuluh). Xilem dan floem masing-masing ditunjukkan pada Gambar 3.8 dan 3.9.

Jaringan pengangkutan ini terdiri dari sel-sel yang bentuk dan susunannya sesuai dengan tugasnya sebagai tempat berlangsungnya pengangkutan yaitu terdiri dari sel-sel yang telah mengalami fusi dan berderet menurut arahnya pengangkutan.

Jaringan pengangkutan dibedakan atas 2 yaitu:

a. Jaringan buluh tapis (floem)

Fungsi utama jaringan buluh tapis sebagai penyalur hasil fotosintesis dari daun ke seluruh tubuh tanaman. Ciri utama unsur tapis terdiri dari sel-sel yang masih hidup. Buluh tapis terdiri dari deretan sel-sel yang panjang dan mengalami fusi

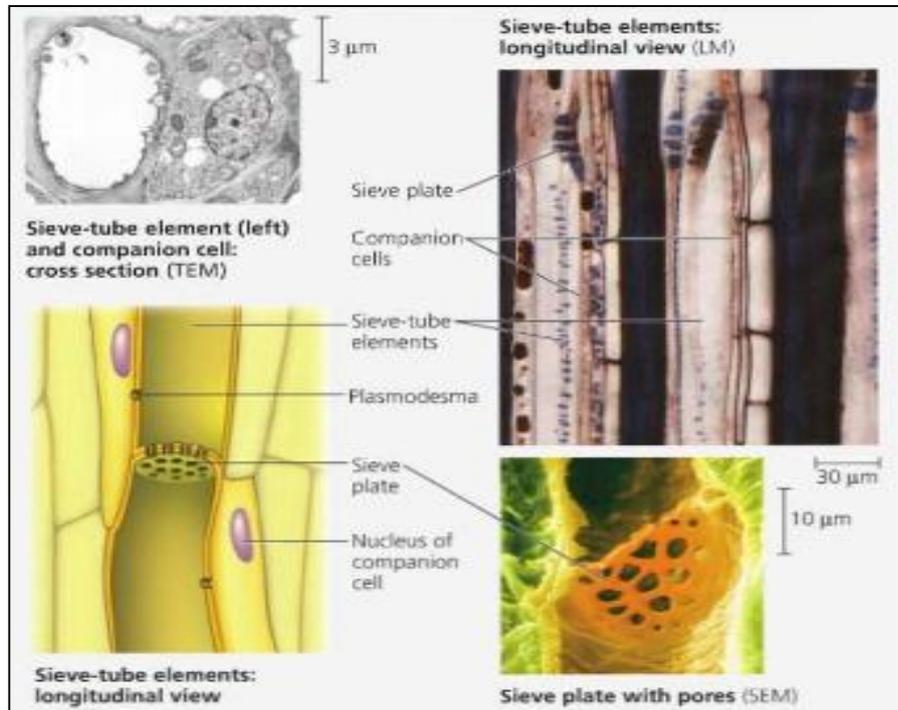
(penyatuan) yang tidak sempurna, sebab dinding sel pada ujung sel-selnya tidak lenyap melainkan tinggal berupa dinding sel yang berlubang-lubang, maka disebut juga buluh ayak (floem).

Sel-sel buluh tapis juga disusun oleh sel pengirim yang bersifat meristematis dan berperan memberi makanan pada buluh tapis serta menghasilkan hormon luka.

Floem atau buluh tapis hanya dapat melakukan tugasnya selama dalam masa pertumbuhan. Bila menjelang selesai masa pertumbuhan, maka lempeng tapisan itu tertutup oleh kallose (sejenis karbohidrat). Bila kallose itu telah larut maka floem tersumbat sehingga tak berfungsi lagi sebagaimana mestinya.

b. Jaringan pembuluh kayu (xilem)

fungsi utama jaringan xilem untuk mengangkut air dan larutan dari tanah (unsur hara) dari akar ke daun. Komponen



Gambar 3.10. Jaringan pengangkutan floem dan elemen-elemen floem

penyusun xilem dibagi atas adalah *trakeid* dan *trakea*.

Trakeid, terdiri dari sel-sel yang sempit dan penebalan dinding selnya lebih tebal sehingga tidak merupakan fusi/pembuluh yang sempurna karena letaknya terpisah-pisah sedangkan sel trakea bentuknya memanjang dengan meruncing.

Tipe jaringan pengangkut dibedakan beberapa tipe berkas yaitu berkas kolateral. Pada tipe ini floem dan xilem berdampingan. Ada dua tipe, yaitu kolateral terbuka dan kolateral tertutup. Berkas kolateral terbuka, antara floem dan xilem terdapat kambium. Berkas seperti ini pada batang tumbuhan dikotil dan Gymnospermae. Berkas kolateral tertutup antara floem dan xilem tidak terdapat kambium pembuluh. Letak berkas biasanya tersebar, dan terdapat pada batang monokotil. Tipe berkas pengangkutan ditunjukkan pada Gambar 3.10.

Tipe-tipe berkas pengangkutan adalah sebagai berikut:

1. Berkas bikolateral

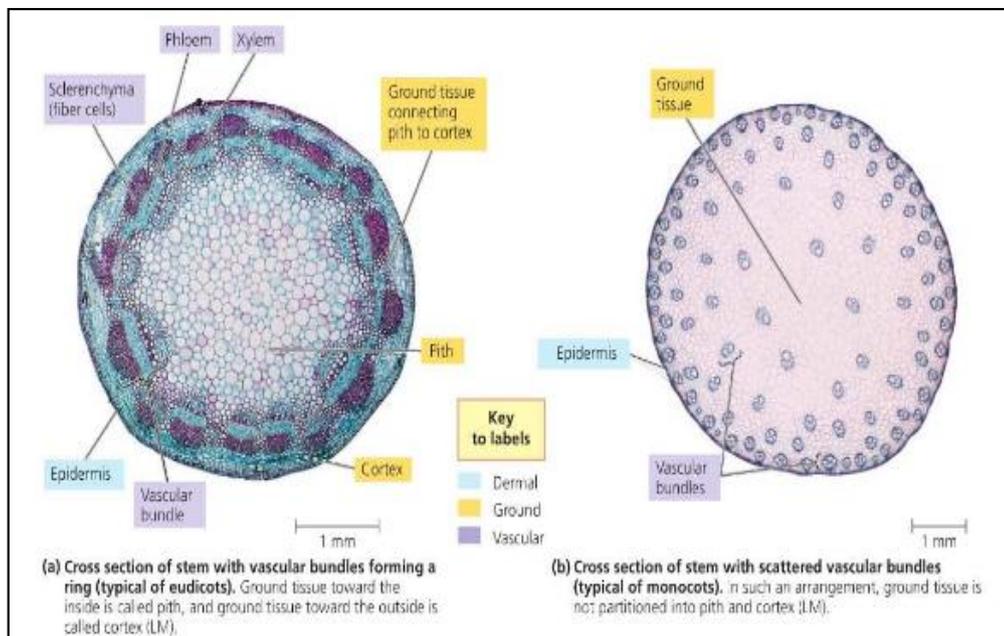
Xilem diapit oleh floem luar dan floem dalam. Batas antara xilem dan floem luar adalah kambium, sedang antara xilem dan floem dalam terdapat parenkim penghubung. Berkas ini misalnya Solanaceae, Cucurbitaceae, dan Apocynaceae.

2. Berkas konsentris

Berkas pengangkut melingkar. Berdasarkan letak xilem dibedakan menjadi konsentris amfivasal dan konsentris amfikribal. Konsentris amfivasal, bila xilem mengelilingi floem. Misalnya pada batang Cordyline, Aloe, Agave. Konsentris amfikribal, xilem dikelilingi oleh floem. Misalnya pada rizoma tumbuhan paku.

3. Radial

Berkas pada akar, letak xilem dan floem berganti-ganti. Pada tumbuhan



Gambar 3.11. Tipe-tipe berkas pengangkutan pada batang, a. Berkas pengangkutan kolateral terbuka (dikotil), b. Tipe kolateral tertutup (monokotil).

Gymnospermae dan dikotil akar dapat mengalami pertumbuhan sekunder, sehingga kambium pembuluh menghasilkan xilem dan floem sekunder, dan akar mempunyai struktur seperti batang.

dilapisi dengan kutikula (lilin) dan diantara sel-sel terdapat stomata. Mesofil atau daging daun merupakan bagian yang berisi kloroplas. Mesofil terdiri atas dua lapisan yaitu lapisan atas berupa parenkim palisade, dan lapisan bawah berupa parenkim spons. Jaringan pembuluh pada daun membentuk suatu ikatan yang disebut tulang daun.

3.2. STRUKTUR ORGAN PADA TUMBUHAN

3.2.1 Struktur Daun

Daun merupakan organ yang berfungsi untuk fotosintesis. Secara morfologi daun memiliki banyak bentuk tergantung pada jenis tumbuhannya. Pada umumnya daun terdiri atas pelepah, tangkai, dan helaian. Tipe daun, tipe pertulangan daun dan susunan daun pada batang ditunjukkan pada Gambar 3.11.

Jaringan epidermis pada daun ada yang mengalami modifikasi menjadi stomata dan trikoma. Stomata berfungsi sebagai jalan terjadinya pertukaran gas atau yang dikenal dengan nama transpirasi, sedangkan trikoma antara lain berfungsi sebagai proteksi tumbuhan terhadap gangguan atau pemangsa lainnya.

Leaf type	Leaf venation	Leaf arrangement
Simple 	Palmate 	Opposite 
Compound 	Pinnate 	Alternate 
	Parallel 	Whorled 

Gambar 3.12. Tipe daun, pertulangan daun dan letak daun pada batang.

Jaringan yang terdapat pada daun adalah jaringan epidermis, jaringan parenkim, dan jaringan sklerenkim serta jaringan pengangkutan. Struktur anatomi daun ditunjukkan pada Gambar 3.3. Jaringan epidermis pada daun tersusun dari selapis sel-sel kompak. Dinding selnya

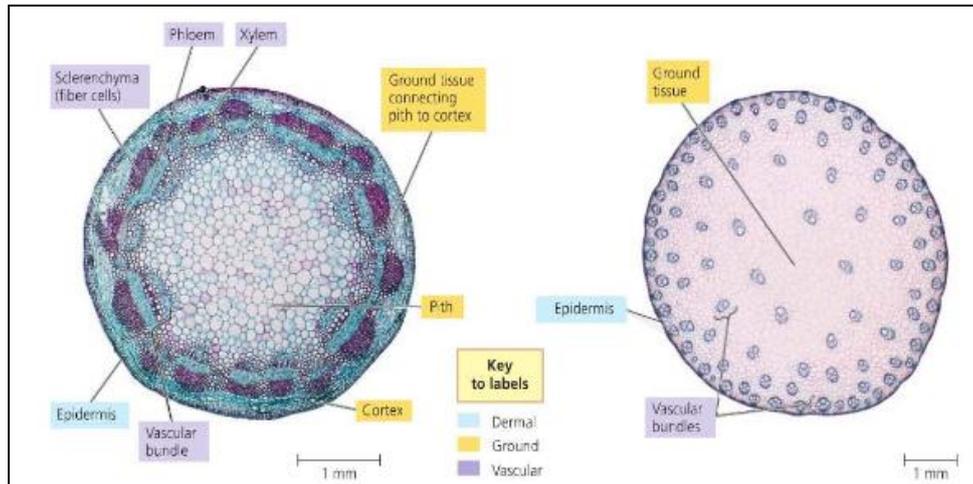
3.2.1. Struktur Batang

Batang merupakan bagian tumbuhan yang menyokong bagian-bagian tumbuhan yang lainnya seperti daun. Batang tumbuhan ada yang berkayu dan lunak. Pada batang juga ada ruas dan buku. Fungsi utama batang pada

tumbuhan adalah tempat melekatnya daun dan ada berfungsi sebagai reproduksi.

Xilem dan floem pada batang dikotil membentuk ikatan pembuluh. Tiap ikatan pembuluh tersusun pada bidang radial yang sama. Pada bagian luar berkas pembuluh, berisi jaringan floem,

tanaman tumbuh memanjang yang lebih dikenal dengan pertumbuhan primer. Pada batang dikotil terjadi pertumbuhan sekunder yang disebabkan oleh kambium. Jaringan kambium tersebut terdapat pada titik tumbuh sekunder (meristem sekunder). Aktivitas kambium menyebabkan terbentuknya lingkaran tahun.



Gambar 3.13. Struktur Anatomi Batang Dikotil dan Monokotil

sedangkan xilem berada dis sebelah dalam. Tipe ikatan pembuluh dengan penataan xilem dan floem pada radius yang sama disebut tipe kolateral. Jika diantara floem dan xilem terdapat kambium disebut tipe kolateral terbuka yang tersusun teratur dan terdapat pada batang dikotil, tetapi jika tidak ada kambium disebut tipe kolateral tertutup. Susunann ikatan pembuluh tipe kolatera tertutup dan tersebar ditemukan pada batang monokotil Ikatan pembuluh pada batang berfungsi sebagai sistem pengangkutan. Susunan ikatan pembuluh pada batang dapat menjadi pembeda antara monokotil dengan dikotil, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.12

Pada batang juga ditemukan jaringan yang lain seperti jaringan meristem, epidermis, parenkim, dan sklerenkim. Jaringan meristem yang terdapat pada ujung batang menyebabkan

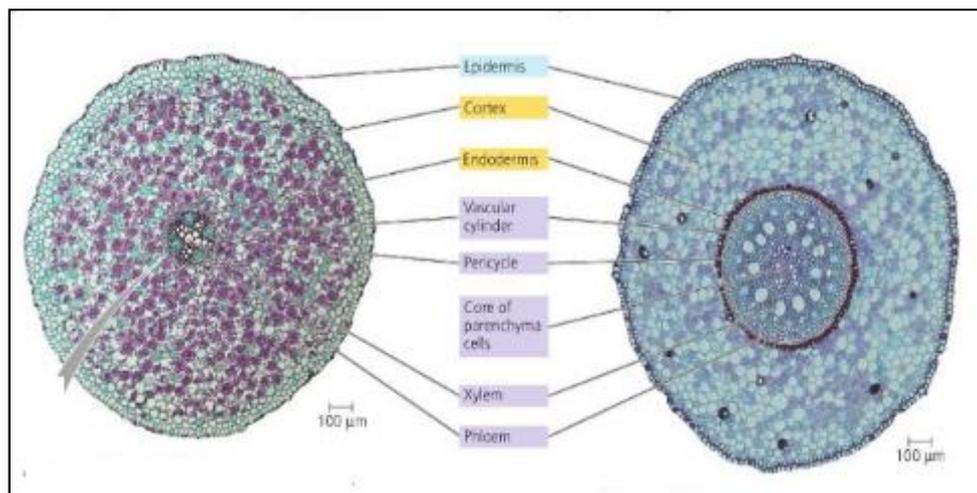
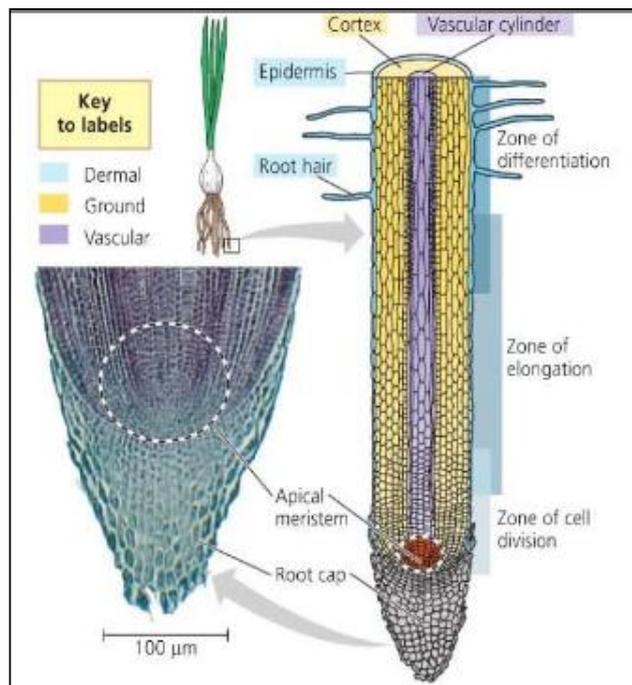
3.2.3. Struktur Akar

Akar menambatkan tumbuhan di tanah, menyerap mineral dan air, menghantarkan air dan nutrisi serta menyimpan makanan. Struktur akar telah diadaptasikan dengan baik sesuai dengan fungsinya. Akar berkembang dari meristem di ujung akar yang tertutup oleh tudung akar (kaliptra). Pembelahan meristem apikal akan membentuk zona meristematis, zona elongasi, dan zona diferensiasi.

Banyak tumbuhan dikotil memiliki sistem akar tunggang yang terdiri satu akar vertikal yang besar yang menghasilkan banyak akar lateral yang lebih kecil. Monokotil yang meliputi rumput-rumputan, umumnya memiliki sistem akar serabut yang terdiri suatu anyaman akar yang mirip benang, yang menyebar di bawah permukaan tanah.

Secara anatomi, struktur akar berturut-turut dari luar ke dalam adalah epidermis, korteks, endodermis, dan silinder pusat. Epidermis akar tersusun selapis sel rapat dan tidak mempunyai ruang antar sel. Dinding selnya tipis dan bersifat semipermeabel. Korteks akar tersusun atas banyak lapisan sel yang ber dinding tipis. Sel-selnya tidak tersusun rapat dan banyak ruang antarsel. Sel-sel tersebut sering mnegnadung zat tepung

sebagai cadangan makanan. Endodermis tersusun dari selapis sel rapat tanpa ruang antarsel. Dinding sel endodermis akan mengalami penebalan gabus. Deretan sel endodemis yang menyerupai pita dan mengalami penebalan gabus disebut pita Caspary. Stele (silinser pusat) terletak di sebelah dalam endodermis yang tersusu atas (1) perisikel (perikambium, (2) vasis (berkas pembuluh angkut) yaitu xilem dan floem yang tersusun bergantian menurut



Gambar 3.14: Anatomi Akar, akar dikoti (kiri) dan monokotil (kanan)

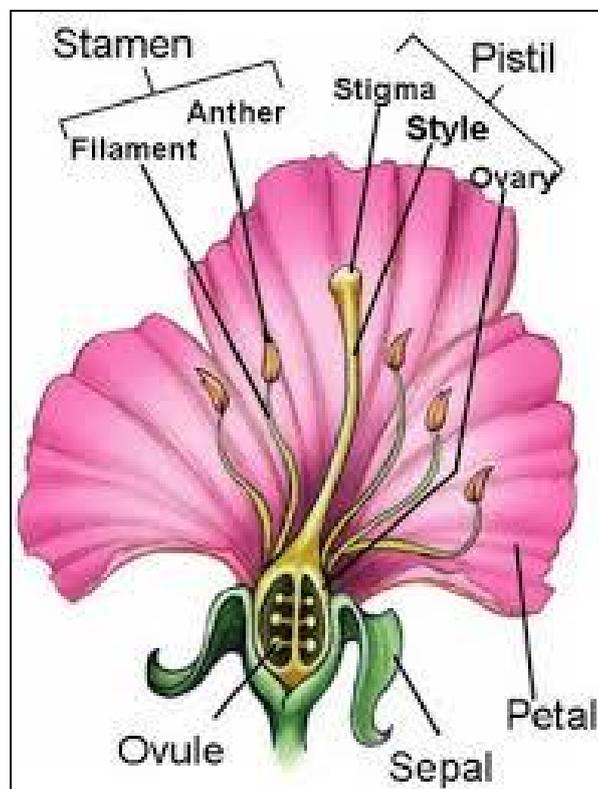
arah jari-jari, dan (3) empulur, jaringan pengisi di antara vasis yang terdiri atas jaringan parenkim.

3.2.4. Bunga

Bunga merupakan organ reproduksi pada tumbuhan tingkat tinggi. Bunga menghasilkan alat kelamin jantan (benang sari) dan alat kelamin betina (putik). Kelengkapan bunga terdiri atas tangkai, dasar bunga (reseptakel), kelopak (sepal), mahkota (petal), dan organ kelamin. Putik tersusun dari kepala putik (stigma), tangkai putik (stilus), dan indung telur (ovarium). Benang sari (stamen) tersusun dari kepala sari (anter) dan tangkai sari (filamen).

Rangkuman

Jaringan penyusun tubuh tumbuhan tingkat tinggi dapat dibedakan atas dua bagian menurut usianya yaitu Jaringan muda (meristem atau titik tumbuh) dan Jaringan dewasa (jaringan tubuh tua). Sel-sel pada jaringan muda bersifat embrional, dindingnya tipis, kaya akan plasma, vakuolanya kecil-kecil. Jaringan meristem termasuk jenis jaringan muda yang berfungsi untuk membelah dan berdiferensiasi menjadi sel-sel jaringan dewasa. Sel-sel jaringan dewasa bentuknya lebih besar dari sel-sel



Gambar 3.15 . Bunga dan Bagian-bagiannya

meristem, plasmanya lebih sedikit, vakuola lebih besar, kadang-kadang sel jaringan dewasa telah mati dan terisi dengan udara atau air serta dinding selnya mempunyai penebalan yang bermacam-macam. Berdasarkan struktur dan fungsi jaringan dewasa dibedakan atas empat yaitu 1) jaringan dasar (parenkim), 2) jaringan penutup (jaringan pelindung), 3) jaringan penguat (mekanik) dan 4) jaringan pengangkutan. Jaringan dasar terdapat pada semua bagian organ tumbuhan seperti empulur, korteks akar dan batang, mesofil daun, endosperm biji, dan buah berdaging. Jaringan penutup (epidermis), menutupi seluruh tubuh tumbuhan. Pada epidermis dapat ditemukan struktur seperti stomata, trikoma, dan lentisel. Jaringan

mekanik, dibedakan atas dua yaitu kolenkim dan sklerenkim. Jaringan pengangkutan ini terdiri dari sel-sel yang telah mengalami fusi dan berderet menurut arahnya pengangkutan, terdiri atas jaringan buluh tapis (floem) dan jaringan pembuluh kayu (xilem). Pada tumbuhan terdapat beberapa organ, diantaranya daun merupakan organ yang berfungsi untuk fotosintesis, batang merupakan bagian tumbuhan yang menyokong bagian-bagian tumbuhan yang lainnya seperti daun, akar menambatkan tumbuhan di tanah, menyerap mineral dan air, menghantarkan air dan nutrien serta menyimpan makanan, bunga merupakan organ reproduksi pada tumbuhan tingkat tinggi.

Soal-Soal Latihan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini.

1. Tuliskan dua perbedaan antara jaringan muda dengan jaringan dewasa pada tumbuhan!
2. Jelaskan karakteristik jaringan meristem dan letaknya pada tubuh tumbuhan!
3. Tuliskan tiga perbedaan antara jaringan epidermis dengan jaringan parenkim!
4. Jelaskan hubungan antara struktur jaringan pengangkut dengan fungsi yang dijalankan!
5. Jelaskan dua perbedaan struktur anatomi antara akar monokotil dengan akar dikotil!
6. Jelaskan bagian –bagian anatomi batang!

4 Organisasi Tubuh Hewan

Pada hewan, perkembangan menghasilkan tubuh dengan sel-sel yang sangat beragam. Perbedaan karakteristik sel beserta matriks ekstraseluler membentuk suatu jaringan. Secara khusus, jaringan tubuh hewan terorganisasi membentuk organ. Sebuah organ merupakan suatu unit struktural dengan dua atau lebih jaringan yang saling terorganisasi untuk menjalankan fungsi



tertentu. Pada suatu sistem organ, dua atau lebih organ saling berinteraksi secara fisik dan kimia untuk menjalankan fungsi yang lebih luas. Beberapa sistem organ membentuk tubuh organisme atau makhluk hidup. Pada bab ini, kita akan membahas secara khusus organisasi tubuh hewan vertebrata, mencakup empat jaringan dasar, yaitu jaringan epitel, jaringan ikat, jaringan otot, dan jaringan saraf. Setelah membahas jaringan, kita akan mendiskusikan tiga contoh sistem organ pada tubuh manusia, yaitu sistem pencernaan, sistem pernapasan, dan sistem peredaran darah.

Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan perkuliahan, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Menjelaskan struktur hewan uniseluler.
2. Menjelaskan dengan contoh hewan tipe diploblastik dengan tipe triploblastik.
3. Menjelaskan jaringan dasar embrional pada vertebrata.
4. Mengidentifikasi karakteristik jaringan epitel, jaringan ikat, jaringan otot, dan jaringan saraf.
5. Membedakan ciri struktural dan fungsi jaringan epitel, jaringan ikat, jaringan otot, dan jaringan saraf.
6. Mendeskripsikan 10 sistem organ yang menyusun tubuh manusia.
7. Menjeaskan saling keterkaitan antara organ-organ penyusun sistem pencernaan pada manusia.
8. Menjelaskan contoh-contoh penyakit/ gangguan yang berkaitan dengan makanan/ pencernaan.
9. Menjeaskan saling keterkaitan antara organ-organ penyusun sistem peredaran darah pada manusia.
10. Menunjukkan bagian-bagian jantung pada manusia.
11. Menuliskan arah peredaran darah pada manusia.
12. Menjelaskan contoh penyakit/gangguan yang berkaitan dengan peredaran
13. Membedakan pertukaran gas antara hewan air dengan hewan darat
14. Menjelaskan saling keterkaitan antara organ-organ penyusun sistem pernapasan pada manusia.
15. Mendeskripsikan organ-organ pernapasan pada manusia secara berurutan.
16. Menjelaskan fungsi organ-organ pernapasan pada manusia.
17. Menjelaskan contoh-contoh penyakit/ gangguan yang berkaitan dengan pernapasan.

Jaringan Dasar Vertebrata

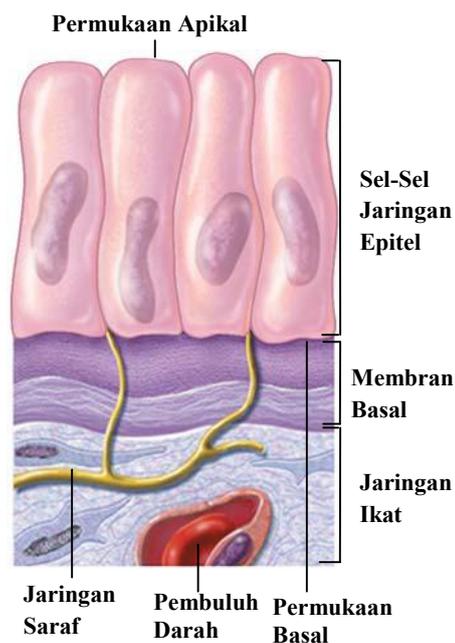
Jaringan merupakan sekelompok sel yang secara umum memiliki asal perkembangan embrionik yang sama dan secara bersama-sama menjalankan fungsi tertentu. Struktur dan ciri jaringan, dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain; sifat dasar komponen ekstraseluler yang mengelilingi sel-sel pada suatu jaringan dan saling keterhubungan antara sel-sel yang menyusun jaringan tersebut. Organ-organ tubuh dibentuk dari dua atau lebih jaringan yang berbeda yang bekerja bersama dalam menjalankan fungsi tertentu. Berdasarkan struktur dan fungsinya, terdapat empat jaringan dasar pada hewan vertebrata, yaitu jaringan epitel (*epithelial tissue*), jaringan ikat (*connective tissue*), jaringan otot (*muscle tissue*), dan jaringan saraf (*nervous tissue*).

Jaringan Epitel

Jaringan epitel sebahagian besar tersusun atas sel-sel yang sangat rapat dengan sedikit matriks ekstraseluler yang terdapat diantara sel-selnya. Jaringan epitel bersifat avaskuler dan menerima nutrisi dari pembuluh darah yang berada pada jaringan ikat yang terletak dibawahnya. Membran basal memisahkan jaringan epitel dengan jaringan ikat. Jaringan epitel terdiri atas epitel penutup dan epitel kelenjar. Jaringan epitel penutup menutupi permukaan tubuh (lapisan epidermis pada kulit), membatasi permukaan rongga organ-organ tubuh, serta permukaan dinding saluran pada bagian-bagian tubuh tertentu (misalnya permukaan dinding saluran pernapasan, saluran pencernaan, dan saluran reproduksi). *Tight junctions* diantara sel-sel yang berdekatan memungkinkan jenis epitel ini membentuk rintangan atau *barrier*

yang melindungi dan mengendalikan transportasi substansi antara jaringan yang berdekatan. Jaringan epitel kelenjar membentuk kelenjar (*glands*) yang menghasilkan sekret yang dibutuhkan oleh tubuh.

Permukaan sel-sel epitel yang berbatasan dengan rongga disebut permukaan apikal, sedangkan sel-sel epitel yang berbatasan dengan membrane basal disebut permukaan basal. Ketika dilihat dari permukaan apikal, kita dapat mengamati bagaimana sel-sel epitel sangat rapat membentuk *barrier* (gambar 4.1) Ketika dilihat dari sisi lateral, kita dapat mengamati perbedaan struktur pada permukaan apikal dan permukaan basal. Perbedaan struktur tersebut terkait dengan perbedaan fungsi.



Gambar 4.1. Permukaan Sel-Sel Epitel dan Struktur serta Letak Membran Basal (Tortora & Derrickson, 2009; h. 112).

Jaringan epitel diklasifikasikan berdasarkan bentuk sel pada permukaan apikal dan jumlah lapisan sel-sel epitel.

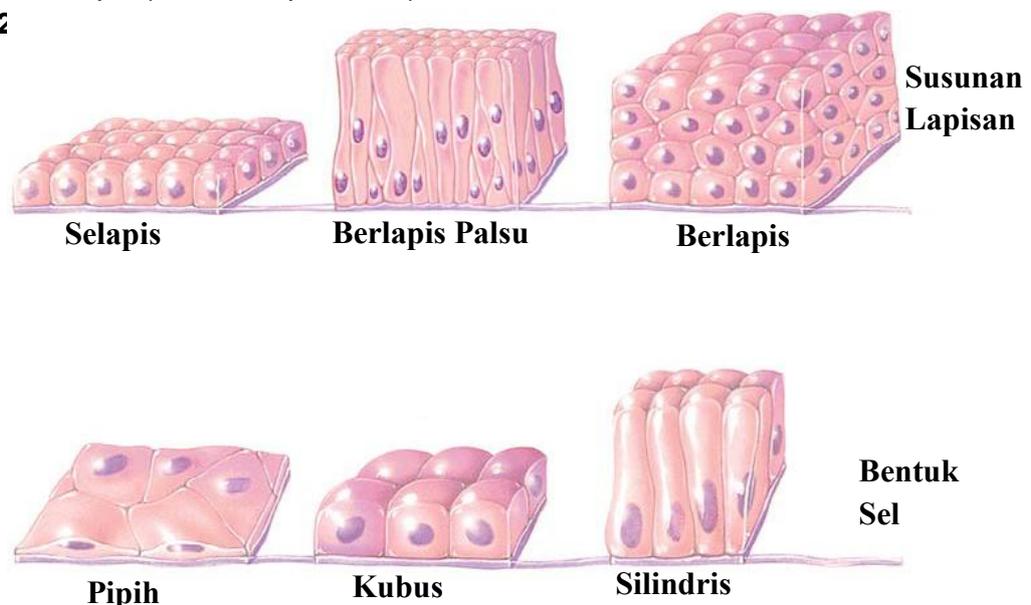
Fungsi jaringan epitel ditentukan oleh jenis sel dan jumlah lapisan sel. Bentuk sel yang menyusun jaringan epitel dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu; (i) bentuk pipih (squamosa), (ii) bentuk kubus (kuboid), (iii) bentuk silindris, dan (iv) bentuk transisional. Jumlah lapisan sel pada jaringan epitel terdiri atas epitel selapis dan epitel berlapis. Bentuk sel dapat dilihat dengan jelas dari sisi lateral (**gambar 2**). Sel-sel epitel skuamosa sangat tipis dan memiliki inti yang memipih. Sel-sel epitel kuboid berbentuk seperti kubus dengan inti membulat pada bagian tengah sel. Sel-sel epitel silindris berbentuk memanjang dengan inti oval dekat dengan permukaan basal sel. Sel-sel epitel transisional mengalami perubahan bentuk, sel-sel pada permukaan apical berbentuk kubus ketika jaringan dalam keadaan relaksasi/ kosong dan berbentuk pipih dalam keadaan terisi/ tertekan. Jaringan epitel yang hanya tersusun atas satu lapis sel disebut epitel sederhana atau epitel selapis (*simple epithelium*), dan jaringan epitel yang tersusun atas dua atau lebih lapisan sel disebut epitel berlapis (*stratified epithelium*) (**gambar 4.2**

Kombinasi anatar jumlah lapisan sel dan bentuk sel pada permukaan bebasnya, jenis jaringan epitel penutup atau epitel pembungkus diklasifikasikan sebagai berikut;

- a. Epitel Selapis;
 1. Epitel selapis pipih
 2. Epitel selapis kubus
 3. Epitel selapis silindris (bersilia dan tanpa silia)
- b. Epitel Berlapis palsu silindris (bersilia dan tanpa silia)
- c. Epitel Berlapis;
 1. Epitel selapis pipih (mengalami keratinisasi dan tanpa keratinisasi)
 2. Epitel selapis kubus
 3. Epitel selapis silindris
 4. Epitel transisional

Jaringan Epitel Selapis

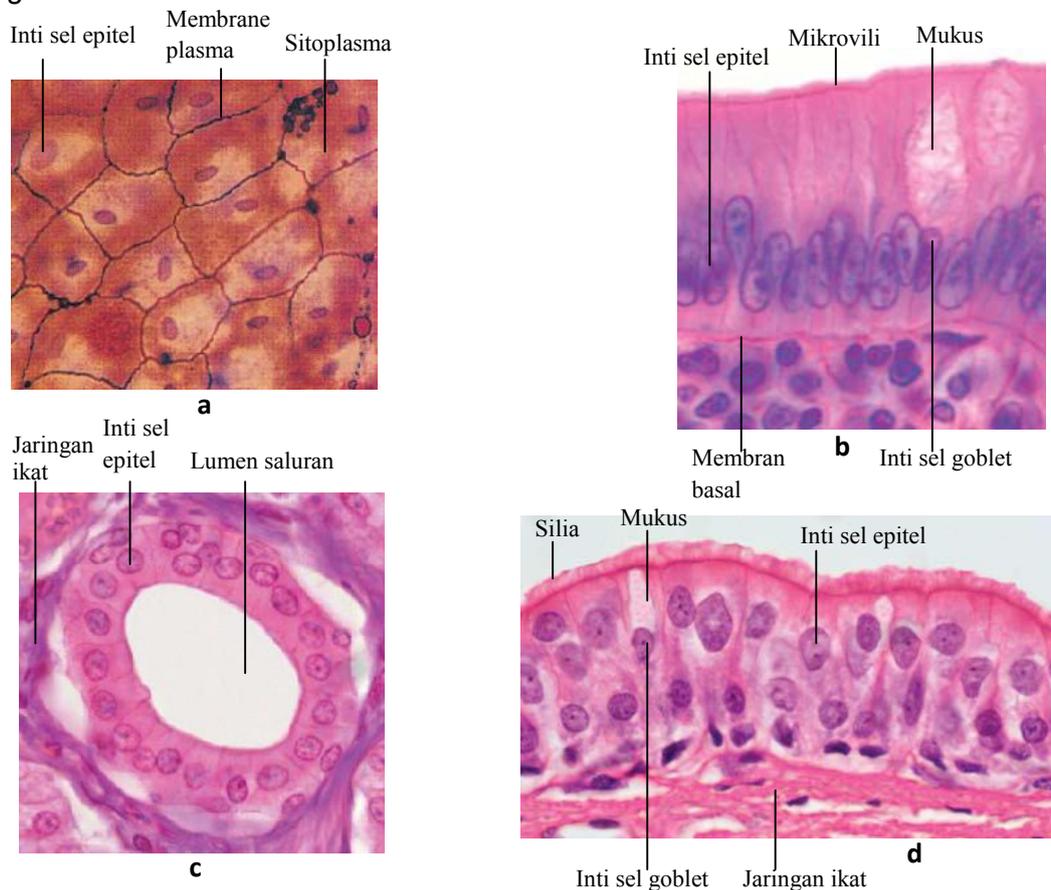
Epitel selapis berperan sebagai rintangan selektif yang memungkinkan proses difusi, filtrasi, sekresi, atau absorpsi substansi tertentu. Jaringan epitel selapis terdiri dari epitel selapis pipih, selapis



Gambar 4.2. Bentuk Sel dan Susunan dari Lapisan Sel-Sel Epitel (Tortora & Derrickson, 2009; h. 113).

kubus, dan selapis silindris. Epitel selapis pipih terdiri atas satu lapisan sel-sel yang berbentuk pipih dengan inti sel yang terletak dibagian tengah. Epitel selapis pipih dapat ditemukan pada bagian tubuh yang melangsungkan fungsi filtrasi (filtrasi darah pada nefron ginjal) atau difusi (difusi oksigen pada alveolus paru-paru). Epitel selapis pipih yang membatasi dinding bagian dalam jantung, pembuluh darah, dan pembuluh limfa disebut endothelium, lapisan jaringan epitel selapis pipih pada membrane serosa seperti pericardium, pleura, atau peritoneum disebut mesotelium. Epitel selapis kubus memiliki sel-sel yang berbentuk kubus dengan inti di bagian tengah sel.

Epitel selapis kubus dapat ditemukan pada bagian tubuh seperti kelenjar tiroid dan ginjal, yang melangsungkan fungsi sekresi dan absorpsi. Jaringan epitel selapis silindris, apabila dilihat dari sisi lateral sel-selnya tampak seperti tabung dengan inti berbentuk oval dekat dengan bagian dasar sel. Terdapat dua jenis epitel selapis silindris, yaitu bersilia dan tanpa silia. Epitel selapis silindris tanpa silia memiliki mikrovili dan sel goblet pada permukaan apikalnya. Mikrovili berperan meningkatkan laju absorpsi dan sel goblet berperan mensekresikan mukus.



Gambar 4.3. (a) epitel selapis pipih/mesotelium yang membatasi peritoneum, (b) epitel selapis silindris tanpa silia pada jejunum usus halus, (c) epitel selapis kubus pada saluran intralobular pancreas, dan (d) epitel silindris berlapis palsu dengan silia. (Tortora & Derrickson, 2009; h. 115, 116, 117).

Sekresi mukus melapisi permukaan dalam dari saluran pencernaan, saluran pernapasan, saluran reproduksi, dan saluran urin. Jaringan epitel silindris bersilia tersusun atas sel-sel berbentuk silindris dengan silia pada permukaan apikalnya. Silia berperan menggerakkan partikel-partikel asing yang terjebak oleh mukus menuju saluran pernapasan bagian atas. Silia juga berperan menggerakkan oosit dari tuba fallopi menuju uterus. Beberapa contoh gambar jenis jaringan epitel selapis dapat dilihat pada **gambar 4.3 a, b, c.**

Jaringan Epitel Berlapis Palsu

Epitel berlapis palsu silindris tampak tersusun atas beberapa lapis sel yang berbeda, tetapi hanya tersusun atas satu lapis sel yang tebal. Seluruh sel-selnya menempel pada membran basal, meskipun tidak semua sel-sel mencapai permukaan apikal. Sehingga terdapat sel-sel dengan bentuk dan tinggi yang berbeda, serta letak inti sel pada ketinggian yang berbeda. Epitel berlapis palsu silindris bersilia memiliki sel goblet yang mensekresikan mukus. Sekresi mucus berperan menjebak partikel-partikel asing dan silia berperan menggerakkan mucus beserta partikel asing yang telah terjebak untuk dikeluarkan dari tubuh. Epitel berlapis palsu silindris tanpa silia tidak memiliki silia dan juga sel goblet. contoh gambar jenis jaringan epitel berlapis palsu dapat dilihat pada **gambar 4.3.d.**

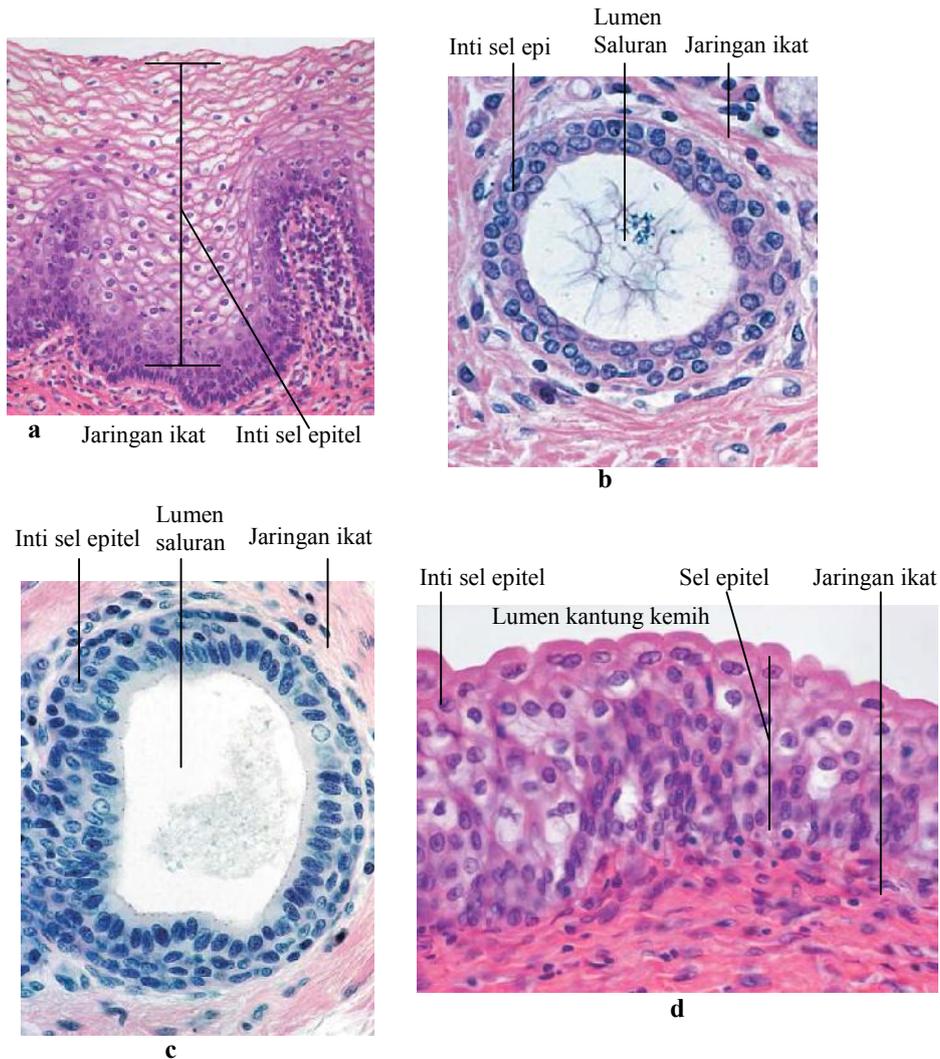
Jaringan Epitel Berlapis

Jaringan epitel berlapis lebih tebal, lapisan sel-sel membuat jaringan ini lebih tahan terhadap kerusakan, sehingga mencegah patogen dan substansi asing memasuki jaringan yang terdapat dibawahnya. Terdapat empat jenis jaringan

epitel berlapis, yaitu epitel berlapis pipih, berlapis kubus, berlapis silindris, dan epitel transisional.

Epitel berlapis pipih memiliki sel-sel yang berbentuk pipih pada permukaan apikalnya, sedangkan sel-sel pada lapisan dalam memiliki variasi bentuk dari bentuk kubus sampai silindris. Lapisan sel-sel basal secara aktif mengalami pembelahan dan akan bergerak menuju ke permukaan apikal. Semakin menjauhi permukaan basal, sel-sel semakin jauh dari suplai darah, sehingga pada saat mencapai permukaan apical, sel-sel menjadi mati akibat tidak mendapat suplai nutrisi. Epitel berlapis pipih yang mengalami keratinisasi, sel-selnya mengandung protein keratin yang berperan melindungi kulit dan jaringan bawah kulit dari panas, infeksi mikroba, serta gangguan mekanis dan kimiawi. Epitel berlapis pipih tanpa keratinisasi, sel-selnya tidak mengandung protein keratin, dan dapat ditemukan pada rongga mulut serta esophagus.

Epitel berlapis kubus memiliki sel-sel yang berbentuk kubus pada permukaan apikalnya. Epitel berlapis kubus melakukan fungsi proteksi, dan fungsi sekresi serta absorpsi yang sangat terbatas. e Epitel berlapis silindris memiliki sel-sel yang berbentuk pipih pada permukaan apikalnya, pada lapisan basal sel-selnya berbentuk irregular dan memendek. Epitel berlapis silindris menjalankan fungsi proteksi dan sekresi. Epitel transisional adalah jenis jaringan epitel yang hanya ditemukan pada sistem urinaria. kantung kemih. Pada kondisi tanpa tekanan, epitel trasional tampak seperti epitel berlapis kubus, kecuali sel-sel pada permukaan apikal berukuran besar dan berbentuk membulat. Pada kondisi terkenan oleh urin, sel-selnya menjadi pipih, dan tampak seperti epitel berlapis pipih.



Gambar 4.4. (a) epitel berlapis pipih pada vagina, b) epitel berlapis kubus pada saluran kelenjar esofagus, (c) epitel berlapis silindris pada saluran kelenjar esofagus, dan (d) epitel transisional pada kantung kemih pada kondisi tanpa tekanan urin. (Tortora & Derrickson, 2009; h. 118, 119).

Jaringan Ikat

Jaringan ikat terdiri atas dua komponen utama, yaitu matriks ekstraseluler dan sel. Matriks ekstraseluler mengisi ruang-ruang diantara sel. Matriks ekstraseluler tersusun atas serabut dan substansi dasar, yang disekresikan oleh komponen sel jaringan ikat. Jaringan ikat merupakan jaringan yang paling melimpah pada tubuh dengan fungsi yang sangat beragam. Beberapa fungsi jaringan ikat yaitu;

- a. melindungi dan menyokong tubuh dan organ-organ tubuh,
- b. menghubungkan organ-organ tubuh,
- c. penyimpanan cadangan energi dalam bentuk lemak,
- d. membantu memberikan imunitas bagi tubuh,
- e. menghubungkan jaringan epitel dengan jaringan yang lain serta membentuk tendon,

- f. tulang merupakan jaringan ikat yang paling keras, berperan melindungi organ-organ tubuh dan membentuk rangka tubuh tempat menempelnya otot,
 - g. jaringan adipose berperan sebagai tempat penyimpanan lipid,
 - h. Darah merupakan substansi cair yang salah satu fungsinya sebagai media transport substansi tertentu pada tubuh.
- Terdapat beberapa klasifikasi jaringan ikat, dikarenakan keragaman jenis sel dan komponen matriks ekstraseluler, berikut ini salah satu contoh klasifikasi jaringan ikat;

- a. Jaringan Ikat Embrionik
 - 1. Mesenkim
 - 2. Jaringan Ikat Mukosa
- b. Jaringan Ikat Dewasa
 - 1. Jaringan Ikat Longgar
 - a) Jaringan Ikat Areolar
 - b) Jaringan Adiposa
 - c) Jaringan Ikat Retikular
 - 2. Jaringan Ikat Padat
 - a) Jaringan Ikat Padat Teratur
 - b) Jaringan Ikat Padat Tidak Teratur
 - c) Jaringan Ikat Elastin
 - 3. Kartilago
 - a. Kartilago Hialin
 - b. Fibrokartilago
 - c. Kartilago Elastin
 - 4. Jaringan Tulang
 - 5. Jaringan Ikat Cair
 - a. Darah
 - b. Limfa

Pada bagian ini, akan diuraikan lebih jauh mengenai jaringan ikat dewasa.

Komponen Seluler Jaringan Ikat

Setiap jenis jaringan ikat mengandung kelompok sel-sel muda (immature) yang berakhiran -blas, seperti *fibroblasts* pada jaringan ikat longgar dan jaringan ikat padat, *chondroblasts* pada jaringan rawan, dan *osteoblasts* pada

jaringan tulang. Sel-sel yang masih muda memiliki kemampuan membelah dan mensekresikan matriks ekstraseluler. Pada jaringan rawan dan tulang, ketika matriks ekstraseluler dihasilkan, sel-sel yang muda berdiferensiasi menjadi sel-sel dewasa dengan nama yang berakhiran-Sit, sebagai contoh kondrosit dan osteosit. Sel-sel dewasa telah kehilangan kemampuan membelah dan membentuk matriks ekstraseluler. Jenis sel-sel jaringan ikat bervariasi berdasarkan jenis jaringan ikat, antara lain;

- a. Fibroblas, berukuran besar, berbentuk pipih dengan juluran sitoplasma, dapat ditemukan pada beberapa jenis jaringan ikat. Fibroblas bermigrasi melalui jaringan ikat berperan mensekresikan serabut dan substansi tertentu pada matriks ekstraseluler.
- b. Adipose, sering juga disebut sel-sel adipose yang menyimpan trigliserid, terletak pada jaringan bawah kulit dan disekitar organ seperti jantung dan ginjal.
- c. Sel mast, terletak disekitar pembuluh darah, berperan menghasilkan histamine yang dapat menyebabkan pelebaran pembuluh darah sebagai bentuk respon inflamasi.
- d. Sel-sel darah putih, bermigrasi dari darah menuju jaringan ikat, sebagai contoh neutrophil dapat ditemukan pada daerah yang mengalami infeksi dan eosinophil bermigrasi menuju daerah yang mengalami infeksi bakteri dan respon alergi.
- e. Makrofag, berkembang dari monosit, merupakan jenis sel darah putih. Makrofag memiliki bentuk yang tidak beraturan dengan juluran-juluran sitoplasma pendek, dapat mencerna

bakteri dan partikel asing melalui proses fagositosis.

- f. Sel plasma, berukuran kecil, berkembang dari jenis sel darah putih yaitu limfosit B. Sel plasma berperan mensekresikan antibody, komponen penting pada respon imun.

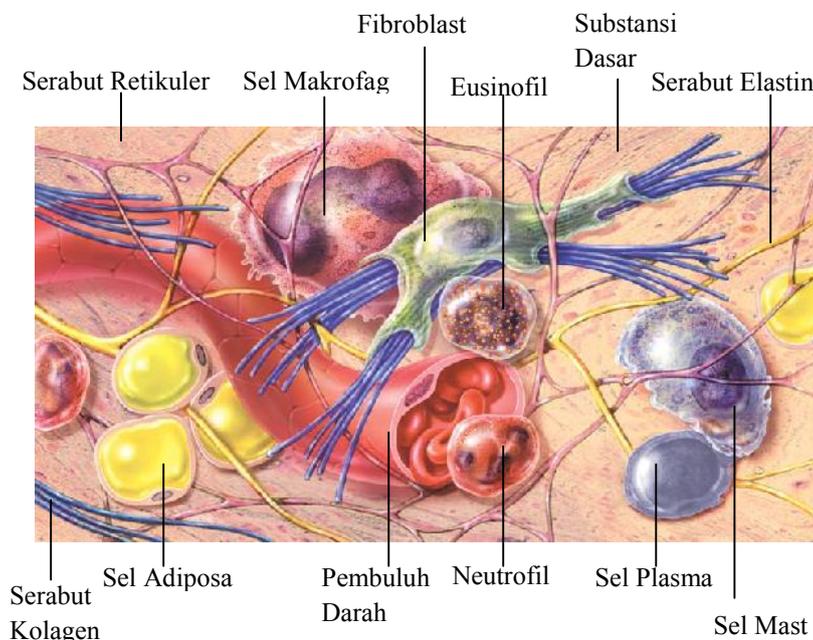
Komponen Matriks Jaringan Ikat

Setiap jaringan ikat memiliki ciri khusus, berdasarkan komponen penyusun matriks ekstraseluler yang mengisi ruang-ruang diantara sel. Matriks ekstraseluler, tersusun atas dua komponen utama, yaitu substansi dasar dan serabut. Substansi dasar dapat bersifat cair, semicair, gelatin, dan mengalami kalsifikasi. Substansi dasar mengandung air dan sejumlah molekul organik, dan berperan mendukung komponen seluler, menghubungkan antara satu sel dengan sel yang lain, penyimpanan air, dan sebagai media pertukaran substansi antara darah dengan sel-sel jaringan ikat.

Tiga jenis serabut pada jaringan ikat, yaitu serabut kolagen berperan memberikan kekuatan, serabut elastin berperan memberikan kekuatan dan elastisitas, dan serabut retikuler berukuran sangat tipis dan bercabang-cabang membentuk struktur menyerupai jaring-jaring. Jumlah dan jenis serabut berperan pada kekuatan, elastisitas, dan struktur dari matriks ekstraseluler.

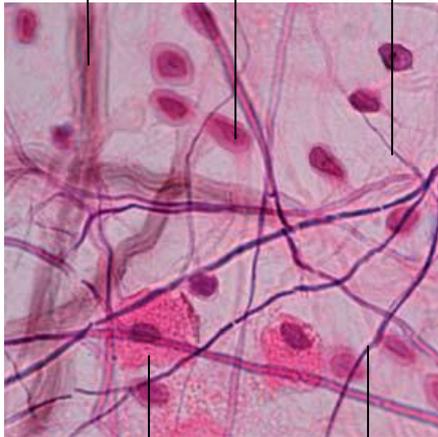
Jaringan Ikat Longgar

Jaringan ikat longgar (*loose connective tissue*) terdiri dari jaringan ikat areolar, retikular, dan jaringan adipose. Pada jaringan ikat longgar, serabut pada matriks ekstraselnya tersusun renggang, serabut pada jenis jaringan ini berperan memberikan kekuatan, elastisitas, dan dukungan. Substansi dasar bersifat semi cair (*viscous*). Sel-sel pada jaringan ini juga berperan pada mekanisme imunitas tubuh, seperti makrofag, sel mass, dan sel-sel darah putih yang berpindah dari darah menuju matriks jaringan ikat. Struktur salah satu jenis jaringan ikat longgar dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.5. Diagram skematis struktur jaringan ikat, menunjukkan komponen seluler dan komponen matriks ekstraseluler, (Tortora & Derrickson, 2009; h. 124).

Serabut Kolagen Fibroblasts Serabut Retikuler



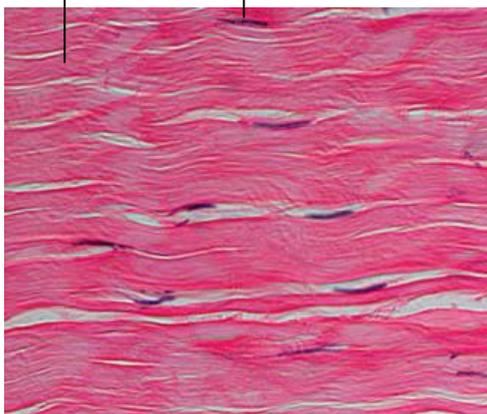
Sel Mast Serabut Elastin

Gambar 4.6. Jaringan Ikat areolar pada lapisan sub kutaneus, (Tortora & Derrickson, 2009; h. 128)

Jaringan Ikat Padat

Pada jaringan ikat padat teratur (*dense regular connective tissue*), matriks ekstraselnya mengandung serabut kolagen yang tersusun paralel dengan substansi dasar yang sangat sedikit. Jaringan ikat padat tidak teratur (*dense irregular connective tissue*) memiliki kesamaan dengan jaringan ikat padat teratur, namun serabut kolagen tidak tersusun dalam pola yang teratur. Struktur salah satu jenis jaringan ikat padat teratur, yaitu tendon dapat dilihat pada gambar 4.7.

Serabut Kolagen Inti dari Fibroblast

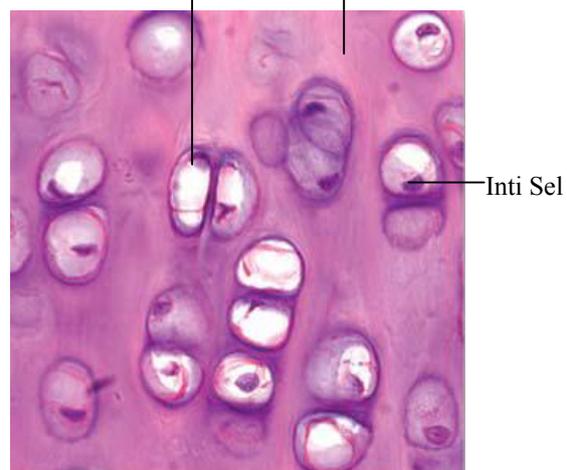


Gambar 4.7. Penampang melintang tendon (Tortora & Derrickson, 2009; h. 129)

Jaringan Rawan

Jaringan rawan tersusun atas jalinan padat serabut kolagen dan elastin yang kaku dan tertanam pada chondroitin sulfat. Sel-sel dewasa pada jaringan rawan disebut kondrosit, terletak sendiri atau berkelompok yang terletak dalam lacuna. Jaringan rawan dibungkus oleh jaringan ikat padat tidak teratur yang disebut perikondrium. Jaringan rawan (*cartilage*) terdiri dari rawan hialin, rawan elastin, dan fibrokartilago. Rawan hialin merupakan jenis rawan yang paling berlimpah pada tubuh, terletak pada daerah persendian dan pada cakram epifisi. Rawan hialin memberikan fleksibilitas, mengurangi friksi, dan menyerap tekanan. Rawan hialin adalah jenis rawan yang paling lemah dari tiga jenis jaringan rawan. Rawan elastin memberikan kekuatan, elastisitas, dan menjaga bentuk struktur tertentu pada tubuh, seperti pada daun telinga. Fibrokartilago adalah jaringan rawan paling kuat, terletak pada diskus intervertebral. Struktur salah satu jenis jaringan rawan, yaitu rawan hialin dapat dilihat pada gambar 4.8.

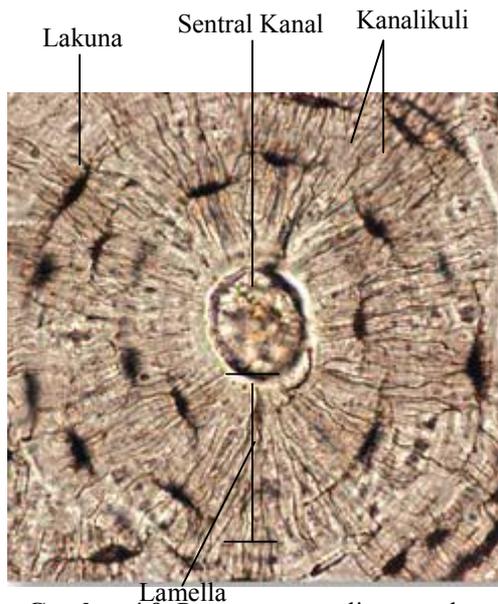
Lakuna yang Mengandung Kondrosit Substansi Dasar



Gambar 4.8. Penampang melintang rawan hialin (Tortora & Derrickson, 2009; h. 131)

Jaringan Tulang

Tulang merupakan jaringan ikat yang sangat keras, matriks ekstraseluler jaringan tulang tersusun dalam lapisan yang disebut lamella dan tersusun atas serabut kolagen, substansi dasar, dan garam-garam anorganik. Secara struktural, jaringan tulang dikelompokkan atas jaringan tulang padat dan jaringan tulang bunga karang. Unit dasar dari tulang padat disebut osteon atau sistem havers, yang terdiri atas lamella, lakuna, kanalikuli, dan sentral kanal. Tulang bunga karang mengandung sedikit osteon, dan terutama tersusun atas struktur yang disebut trabekula, yang mengandung lamella, osteosit, lacuna, dan kanalikuli. Ruang diantara trabekula berisi sum-sum merah tulang. Struktur jaringan tulang padat dapat dilihat pada gambar 4.9.

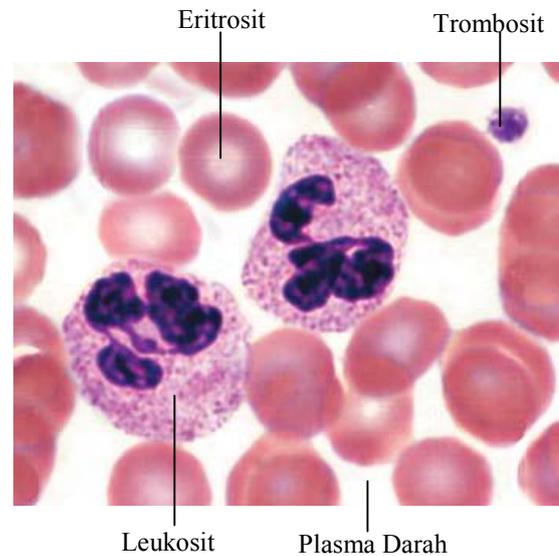


Gambar 4.9. Penampang melintang tulang padat (Tortora & Derrickson, 2009; h. 132)

Jaringan Darah

Darah terdiri dari sel darah merah, sel darah putih, keping-keping darah, dan plasma darah. Komponen plasma darah yaitu air dan sejumlah zat terlarut yang terdiri atas substansi nutrisi seperti glukosa dan asam amino, produk sisa metabolisme,

enzim, protein, hormon, ion, dan gas-gas pernapasan. Struktur jaringan darah dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10. Apusan darah (Tortora & Derrickson, 2009; h. 133)

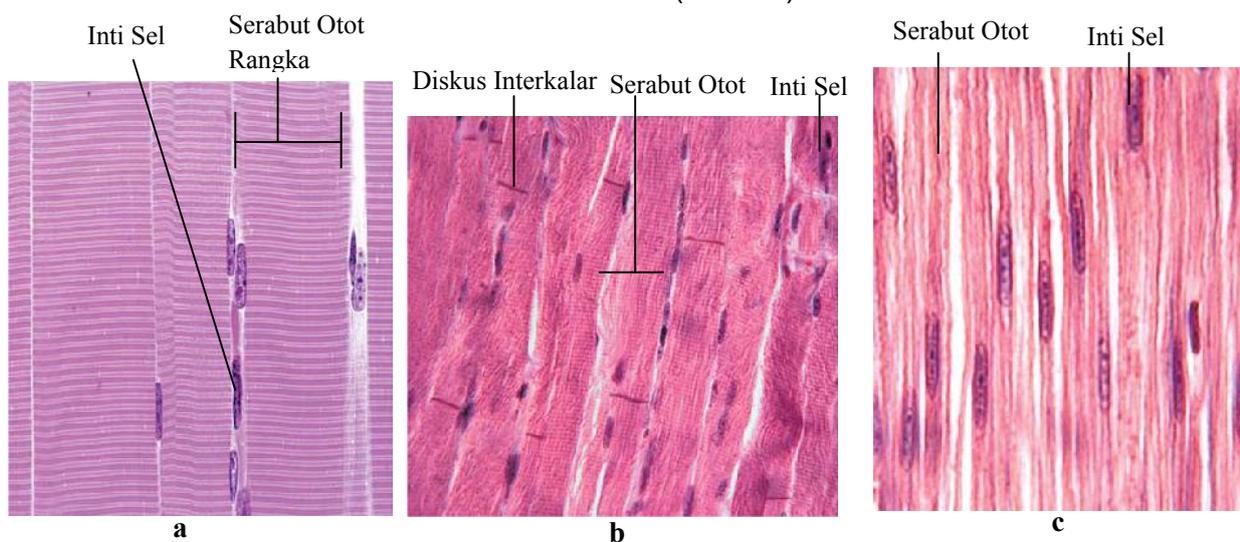
Jaringan Otot

Jaringan otot bersifat sangat seluler yang sebahagian besar tersusun atas sel-sel otot. Seluruh jaringan otot mengandung pembuluh darah (bersifat vaskuler) dan serabut saraf. Jaringan otot dapat menghasilkan kekuatan fisik yang dibutuhkan untuk pergerakan struktur tubuh tertentu dan menghasilkan panas tubuh. Berdasarkan struktur dan fungsinya, jaringan otot dibedakan atas jaringan otot rangka (*skeletal muscle*), jaringan otot polos (*smooth muscle*), dan jaringan otot jantung (*cardiac muscle*). Sel-sel jaringan otot rangka memiliki banyak inti dan berbentuk silindris. Jaringan otot rangka terutama menyusun otot-otot yang menempel pada tulang.

Sel-sel jaringan otot jantung berukuran lebih kecil dibandingkan sel-sel jaringan otot rangka, memiliki percabangan

dengan satu atau dua inti yang terletak pada bagian tengah sel. Diskus interkalar pada jaringan otot jantung tampak menyerupai pita yang berwarna gelap yang menghubungkan ujung dari satu sel otot dengan ujung dari sel otot yang lain. Jaringan otot jantung merupakan lapisan paling tebal pada dinding jantung (miokardium). Otot rangka dan otot jantung tampak berlurik (memiliki pita yang tampak terang dan gelap). Sel-sel jaringan otot polos berukuran kecil dan meruncing pada kedua ujung selnya, memiliki satu inti dan tidak tampak berlurik (*nonstriated*). Jaringan otot polos dapat ditemukan pada dinding saluran pernapasan, dinding saluran pencernaan, dinding saluran urogenitalia, dan dinding pembuluh darah. Struktur jaringan otot rangka, otot jantung, dan otot polos dapat dilihat pada gambar 11.

dengan menghasilkan impuls saraf yang akan mengaktifasi jaringan otot ataupun sekresi kelenjar. Dua komponen seluler dari jaringan saraf, yaitu sel saraf (neuron) dan sel-sel glia (neuroglia). Neuron berperan menerima dan mengirim informasi dalam bentuk impuls saraf, sedangkan neuroglia berperan mendukung neuron dan membantu menjalankan fungsinya. Neuron memiliki satu atau lebih juluran atau prosesus (pemanjangan seluler) yang menerima dan mengirimkan informasi dalam bentuk impuls saraf. Dendrit adalah juluran pada neuron yang menerima informasi dari reseptor sensoria tau dari neuron yang lain. Akson adalah juluran pada neuron yang mengirimkan informasi menuju neuron yang lain, otot, atau kelenjar. Bagian utama dari neuron adalah badan sel tempat dari inti sel (nukleus) berada.



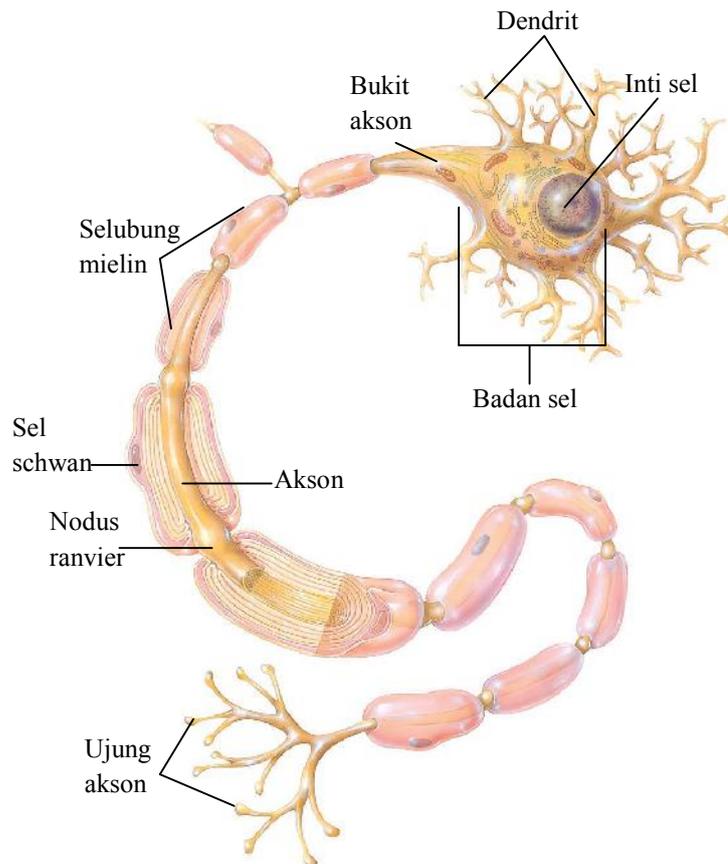
Gambar 4.11. (a) penampang membujur jaringan otot rangka, (b) penampang membujur jaringan otot jantung, (c) penampang mlintang jaringan otot polos (Tortora & Derrickson, 2009; h. 137, 138, 139)

Jaringan Saraf

Jaringan saraf merupakan penyusun utama dari otak, sumsum tulang belakang, dan serabut saraf, bersifat sangat seluler. Jaringan saraf akan memberikan respon

Berdasarkan strukturnya, neuron dibedakan atas neuron unipolar, neuron bipolar, dan neuron multipolar, sedangkan berdasarkan fungsinya, neuron dibedakan atas neuron sensori, neuron motorik, dan

neuron konektor. Struktur neuron dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12. Diagram skematis struktur neuron multipolar (Tortora & Derrickson, 2009; h. 418)

Sistem Tubuh Vertebrata

Tubuh hewan vertebrata tersusun atas beberapa sistem organ yang menjalankan fungsi-fungsi tertentu dan saling berhubungan dalam membangun kesatuan kerja, untuk menjaga kelangsungan hidup suatu individu. Gangguan pada suatu sistem akan mempengaruhi kerja sistem tubuh yang lain. Secara umum sistem tubuh vertebrata terdiri atas (i) sistem integumen, (ii) sistem otot, (iii) sistem rangka, (iv) sistem pencernaan, (v) sistem pernapasan, (vi) sistem peredaran darah, (vii) sistem urogenitalia, (viii) sistem endokrin, (ix) sistem saraf, dan (x) sistem imun. Dari sepuluh system tersebut, pada bagian ini

hanya akan dibahas secara umum tiga sistem organ, yaitu sistem pencernaan, sistem pernapasan, dan sistem peredaran darah.

Sistem Pencernaan

Sistem pencernaan berperan penting dalam menghancurkan makanan menjadi ukuran yang sangat sederhana sehingga dapat diserap dan digunakan oleh sel-sel tubuh. Makanan yang kita konsumsi mengandung berbagai jenis nutrient, yang dibutuhkan oleh tubuh untuk membangun jaringan yang baru dan memperbaiki jaringan yang rusak.

Makanan juga merupakan sumber energi bagi aktivitas sel-sel tubuh. Sistem pencernaan makanan dibangun oleh dua kelompok organ, kelompok yang pertama adalah organ-organ yang menyusun saluran gastrointestinal, yang terdiri dari rongga mulut, faring, esofagus, lambung, usus halus, dan usus besar. Kelompok yang kedua adalah organ-organ tambahan yang terdiri dari gigi, lidah, kelenjar saliva, hati, kantung empedu, dan pankreas.

Secara umum, sistem pencernaan menjalankan enam proses utama, yaitu;

- a. Makan, yaitu proses memasukkan makanan ke dalam rongga mulut,
- b. Sekresi, sel-sel sepanjang saluran pencernaan dan kelenjar-kelenjar pencernaan mensekresikan air, cairan asam, cairan basa, dan enzim-enzim pencernaan menuju rongga saluran gastrointestinal,
- c. Pencampuran dan pergerakan, kontraksi dan relaksasi otot polos pada dinding saluran pencernaan, mencampur makanan dengan getah sekresi dan menggerakannya sepanjang saluran gastrointestinal,
- d. Pencernaan, proses mekanik dan kimia yang menghancurkan makanan menjadi molekul-molekul sederhana. Pencernaan mekanik dilakukan oleh gigi pada rongga mulut dan jaringan otot polos pada dinding lambung dan usus halus. Pencernaan kimia mengubah ukuran molekul karbohidrat, lipid, protein, dan asam nukleat, (polimer) menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana (monomer). Enzim-enzim pencernaan yang dihasilkan oleh kelenjar saliva, lambung, pancreas, dan usus halus mengkatalisis reaksi katabolisme molekul-molekul tersebut. Beberapa molekul makanan dapat langsung diserap tanpa melalui proses

pencernaan, antara lain vitamin, ion, kolesterol, dan air.

- e. Absorpsi, molekul-molekul makanan yang telah dicerna akan masuk ke dalam sel-sel epitel yang membatasi rongga saluran gastrointestinal, dan selanjutnya berpindah ke dalam darah dan limfa untuk disirkulasikan ke seluruh sel-sel tubuh.
- f. Defekasi, sisa-sisa makanan yang tidak tercerna dan tidak diserap oleh tubuh akan dibusukkan oleh bakteri membentuk feses yang dikeluarkan dari tubuh melalui anus.

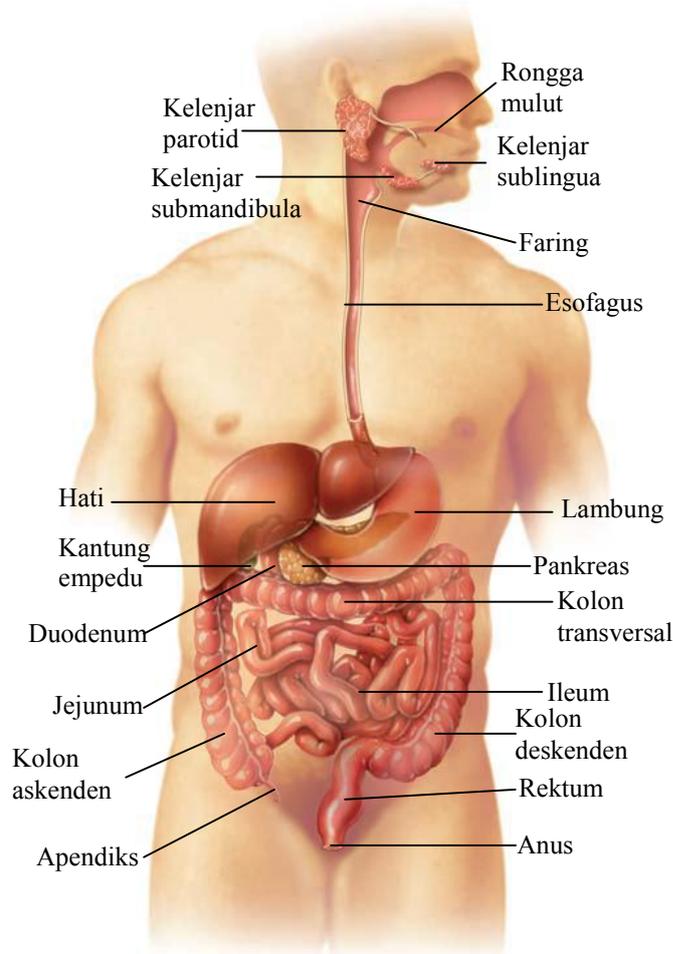
Rongga Mulut

Didalam rongga mulut terdapat kelenjar saliva, gigi, dan lidah yang membantu proses pencernaan makanan secara mekanik dan kimia. Makanan yang memasuki rongga mulut akan meningkatkan sekresi kelenjar saliva. Secara kimiawi cairan saliva mengandung 99,5% air dan 0,5% zat terlarut. Jenis-jenis zat terlarut antara lain ion-ion, gas-gas terlarut, beberapa molekul organik seperti urea dan asam urat, mukus, imunoglobulin, enzim bakteriolitik yaitu lisozim, dan enzim amylase. Cairan saliva berperan membasahi makanan dan mengawali pencernaan kimiawi makanan.

Terdapat tiga pasang kelenjar saliva, yaitu kelenjar sub mandibula, sub lingua, dan kelenjar parotid. Ion klorida pada cairan saliva mengaktifasi enzim amilase untuk memulai pencernaan karbohidrat. Sebagian besar karbohidrat yang kita konsumsi dalam bentuk amilum atau karbohidrat kompleks, sehingga harus dicerna terlebih dahulu menjadi molekul monosakarida, agar dapat diserap oleh tubuh. Mukus yang terkandung pada cairan saliva berperan melumasi makanan agar

mudah ditelan. Selama proses menelan, enzim amilase yang telah bercampur dengan makanan, tetap bekerja mencerna amilum. Setelah makanan sampai dilambung, ezim amyilase berhenti bekerja karena pengaruh kondisi asam pada lambung.

laringofaring berperan pada proses pernapasan juga pencernaan. Organ berikutnya yang dilalui oleh makanan adalah esofagus, merupakan saluran pencernaan yang berbentuk tabung, dengan panjang kurang lebih 25 cm, dan pada dindingnya terdapat jaringan otot

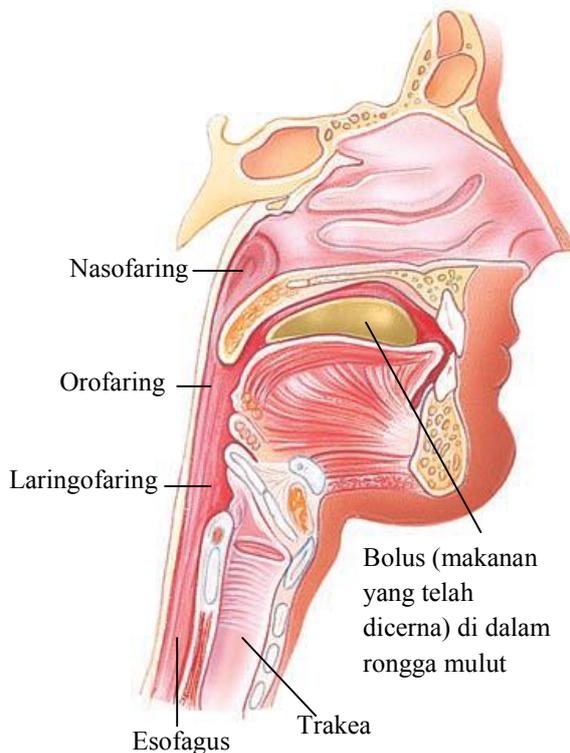


Gambar 4.13. Diagram skematis struktur organ-organ penyusun sistem pencernaan (Tortora & Derrickson, 2009; h. 922)

Faring dan Esofagus

Makanan dari rongga mulut akan bergerak menuju faring. Faring tersusun atas jaringan otot rangka dan permukaannya dibatasi oleh membran mukosa, faring terbagi atas tiga bagian, yaitu nasofaring hanya berperan pada proses pernapasan, orofaring dan

polos. Terdapat tiga fase menelan, yaitu (i) tahap volunteer, bolus bergerak dari rongga mulut menuju orofaring, (ii) tahap faringeal, bersifat involunter, bolus bergerak dari faring menuju esofagus, (iii) tahap esophageal, bersifat involunter, bolus bergerak dari esofagus menuju lambung.



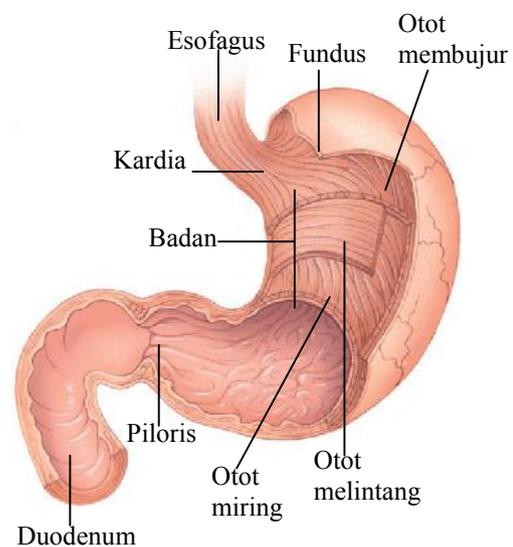
Gambar 4.14. Letak bolus sebelum proses menelan (Tortora & Derrickson, 2009; h. 935)

Lambung

Lambung memiliki empat bagian utama, yaitu kardia, fundus, badan, dan pylorus. Pada bagian kardia, terdapat sebuah lubang yang tersusun dari otot sfingter kardia dengan bentuk melingkar. Peran otot ini seperti klep yang akan membuka bila ada makanan memasuki lambung dan segera menutup setelahnya. Kelenjar-kelenjar pada lapisan mukosa lambung, terdiri atas tiga jenis, yaitu sel-sel mukosa yang mensekresikan mukus, sel-sel chief yang mensekresikan pepsinogen dan lipase lambung, serta sel-sel parietal yang mensekresikan HCl. Di dalam lambung, makanan dicerna secara kimiawi dan mekanik. Secara kimiawi, ditunjukkan dengan adanya getah lambung hasil sekresi kelenjar lambung.

Kelenjar lambung berada pada dinding lambung. Hasil sekresinya dapat

berupa asam klorida (HCL), pepsin, musin dan renin. Asam klorida memiliki derajat keasaman yang tinggi. Ini berguna agar bakteri yang masuk bersama makanan mati. Kemudian, asam klorida juga berperan dalam proses pengaktifan pepsinogen menjadi pepsin. Pepsin berfungsi mengubah protein menjadi peptida/pepton. Musin berfungsi dalam pelincinan makanan. Sementara, renin merupakan protein yang berperan saat penggumpalan susu sehingga bisa dicerna dalam lambung. Struktur lambung dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15. Diagram skematis struktur lambung (Tortora & Derrickson, 2009; h. 922)

Selain secara kimiawi, makanan juga dicerna secara mekanik oleh dinding lambung. Ini terjadi karena dinding lambung tersusun dari otot-otot yang selalu mengalami fase kontraksi dan istirahat. Otot-otot tersebut meliputi 3 otot yang tersusun secara memanjang pada bagian luar, melingkar pada bagian tengah, dan miring pada bagian dalam. Kontraksi ketiga otot tersebut menimbulkan gerak peristaltik. Akibat gerak ini, makanan teraduk dan tercampur dengan getah

lambung sehingga menjadi bubur yang disebut kim. Selanjutnya, makanan menuju sfingter pilorus. HCL memengaruhi sfingter pilorus membuka dan selanjutnya makanan masuk menuju duodenum, bagian dari usus halus.

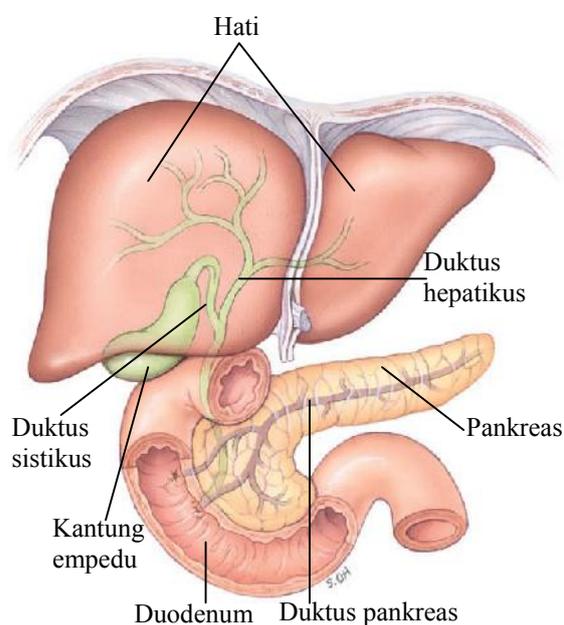
Usus Halus, Pankreas, Hati, dan Kantung Empedu

Usus halus, terbagi menjadi 3 bagian, meliputi usus dua belas jari (*duodenum*), usus kosong (*jejunum*), dan usus penyerapan (*ileum*). Usus dua belas jari adalah bagian usus halus yang bersambung secara langsung dengan lambung. Panjangnya sekitar 25 cm. Pada dindingnya bermuara dua saluran yang berasal dari kantung empedu dan pankreas. Kantung empedu menyimpan cairan empedu, yakni zat hasil ekskresi organ hati, yang mengandung beberapa zat seperti garam mineral, pigmen (bilirubin dan biliverdin), kolesterol, fosfolipid, dan air. Garam mineral akan mempermudah dalam proses pengemulsian lemak.

Pankreas menghasilkan getah pankreas yang mengandung zat-zat semacam enzim amilase, lipase, dan tripsinogen yang belum aktif. Amilase berperan mengubah zat tepung menjadi gula. Lipase berfungsi mengubah lemak menjadi asam lemak. Sedangkan tripsinogen diaktifkan terlebih dahulu oleh enzim enterokinase yang berasal dari sekresi usus halus. Tripsinogen aktif menjadi tripsin dan tripsin segera mengubah protein menjadi peptida dan asam amino. Dari usus dua belas jari, bubur makanan akan menuju ke usus kosong (*jejunum*). Panjangnya sekitar 1,5 m hingga 1,75 m. Pada usus kosong, kim yang belum dicerna dengan sempurna akan dicerna kembali. Berbagai zat yang dicerna yakni karbohidrat, lemak, dan

protein. Hasil pencernaannya ialah sari-sari makanan yang berupa asam amino, glukosa, asam lemak, dan gliserol.

Selanjutnya, sari-sari makanan diserap oleh usus penyerapan (*ileum*). Panjang usus penyerapan sekitar 0,75 hingga 3,5 m. Proses penyerapannya dilakukan oleh jonjot-jonjot usus atau vili yang berada pada dinding usus halus. Adanya vili menjadikan permukaan penyerapan usus halus menjadi luas. Vili tersusun oleh pembuluh darah, pembuluh kil atau lakteal (limfa), dan sel epitelium.



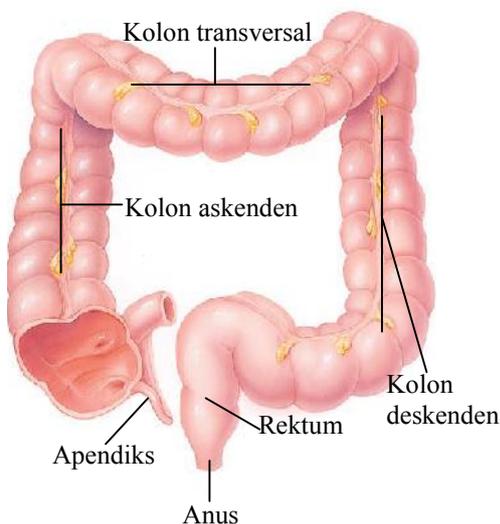
Gambar 4.16. Diagram skematis letak hati, pankreas, kantung empedu, dan usus halus (Tortora Derrickson, 2009; h. 957)

Usus Besar

Sari-sari makanan dan zat yang berguna telah diserap oleh usus halus, sisanya akan diteruskan menuju usus besar. Usus besar (*large intestine*) atau kolon (*kolon*) merupakan persambungan usus halus yang panjangnya sekitar 1 m dan berdiameter 6,5 cm. Fungsi utama usus ini ialah mengontrol kadar air sisa

makanan. Air pada sisa makanan yang berlebihan akan diserap (reabsorpsi), sedangkan bila kurang akan ditambah. Selain itu, pada usus besar juga terjadi proses pembentukan feses yang selanjutnya dibuang melalui anus.

Usus besar terbagi atas beberapa bagian. Ada bagian usus besar yang naik (askenden), ada yang mendatar (transversum), dan ada pula bagiannya yang menurun (deskenden). Pada bagian perbatasan antara usus halus dan usus besar terdapat bagian yang dinamakan sekum atau usus buntu. Rektum merupakan bagian akhir dari usus besar. Proses pengeluaran feses lewat anus disebut proses defekasi. Pada anus terdapat otot sfingter anus yang berupa otot polos dan otot lurik. Masing-masing otot ini berturut-turut berada di dalam dan bagian luar lubang anus. Saat feses menyentuh dinding rektum, otot lurik terangsang melakukan proses defekasi. Struktur usus besar dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.17. Diagram skematis struktur usus besar (Tortora Derrickscon, 2009; h. 960)

Sistem Pernapasan

Organ-organ yang menyusun sistem pernapasan berperan penting pada proses pergerakan udara dari atmosfer masuk ke paru-paru dan pada proses pertukaran antara oksigen dengan karbondiosida, baik yang berlangsung antara alveolus paru-paru dengan pembuluh darah kapiler alveolus ataupun antara pembuluh darah kapiler dengan sel-sel jaringan tubuh. Tubuh kita secara terus menerus membutuhkan oksigen (O_2) untuk reaksi metabolisme yang menghasilkan energi. Pada saat yang sama, reaksi ini melepaskan karbondiosida (CO_2). Dikarenakan CO_2 bersifat racun bagi sel-sel jaringan tubuh, maka harus dikeluarkan dari tubuh. Sistem pernapasan dan sistem peredaran darah saling bekerjasama dalam menyuplai O_2 dan mengeluarkan CO_2 . Berikut ini kita akan membahas struktur organ-organ yang menyusun sistem pernapasan dan fungsi yang dijalankan.

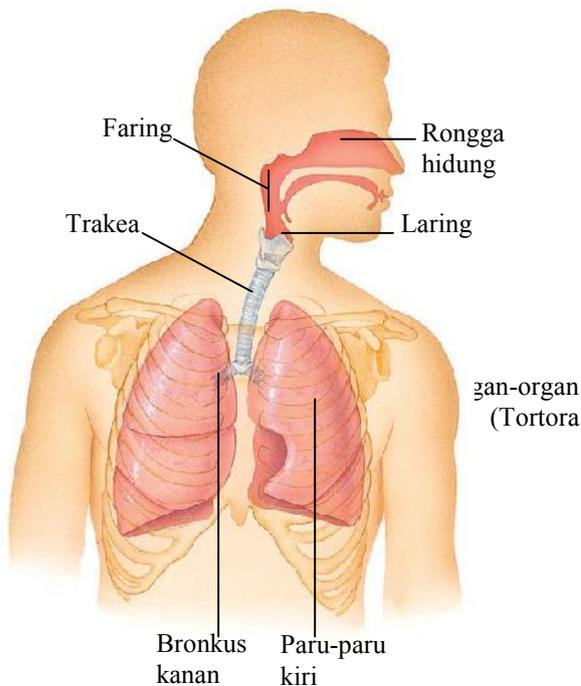
Rongga Hidung

Hidung merupakan organ yang pertama kali dilalui udara dari luar tubuh. Udara masuk dari lingkungan luar ke organ-organ sistem pernapasan melalui rongga hidung, begitu juga sebaliknya, udara hasil pernapasan keluar dari paru-paru menuju lingkungan juga melewati rongga hidung. Di dalam rongga hidung terdapat rambut-rambut dan sel-sel yang mensekresikan mukus/lendir. Rambut hidung berguna menyaring udara kotor yang masuk melalui hidung. Sementara mukus/ lendir berfungsi menangkap partikel-partikel asing yang ikut bersama udara pernapasan. Selain itu, lapisan mukus berfungsi menghangatkan suhu udara yang masuk ke paru-paru dan mengatur kelembaban udara. Pada atap rongga hidung juga terdapat saraf

olfaktorius yang dapat mendeteksi stimulus berupa bau yang ikut bersama udara pernapasan. Organ-organ penyusun sistem pernapasan dapat dilihat pada gambar 4.17.

Faring

Setelah melewati hidung, udara masuk menuju faring. Saat udara melewati faring, antara rongga hidung dengan tenggorokan, terdapat katup epiglottis yang berperan menutup laring saat kita sedang menelan makanan. Apabila makanan kita telan dan katup belum menutup, maka makanan masuk ke tenggorokan, akibatnya kita pun tersedak.



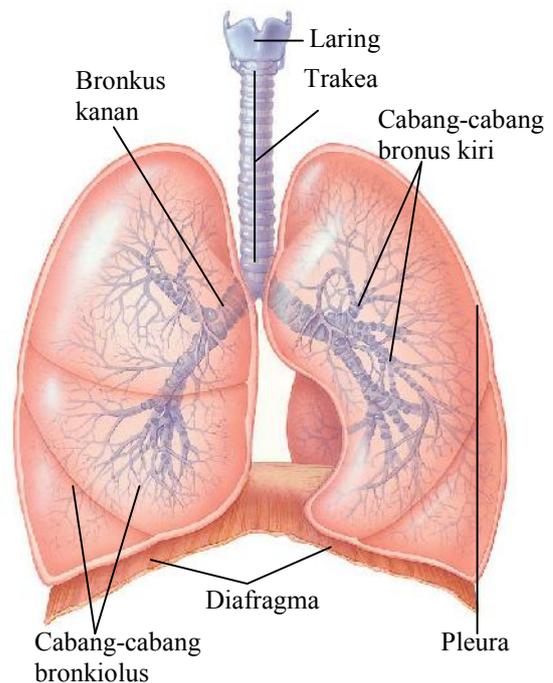
Gambar 4.18. Diagram skematis organ-organ penyusun sistem pernapasan (Tortora Derrickson, 2009; h. 876)

Laring dan Trakea

Dari faring, udara pernapasan akan menuju pangkal tenggorokan atau disebut juga laring. Laring tersusun atas kepingan tulang rawan yang membentuk jakun. Pangkal tenggorokan dapat ditutup oleh

katup pangkal tenggorokan (*epiglottis*). Jika udara menuju tenggoroka, anak tekak melipat ke bawah, dan ketemu dengan katup pangkal tenggorokan sehingga membuka jalan udara ke tenggorokan. Saat menelan makanan, katup tersebut menutupi pangkal tenggorokan dan saat bernapas katup tersebut akan membuka. Pada pangkal tenggorokan terdapat pita suara yang bergetar bila ada udara melaluinya. Misalnya saja saat kita berbicara.

Batang tenggorokan terletak pada daerah leher, tepatnya di bagian depan kerongkongan (esofagus). Batang tenggorokan tersusun atas cincin-cincin tulang rawan berbentuk seperti huruf “C”, dengan panjang sekitar 10 cm. Dinding dalamnya terlapisi oleh selaput lendir dengan sel-selnya yang memiliki silia. Silia berfungsi menolak debu atau benda-benda asing.

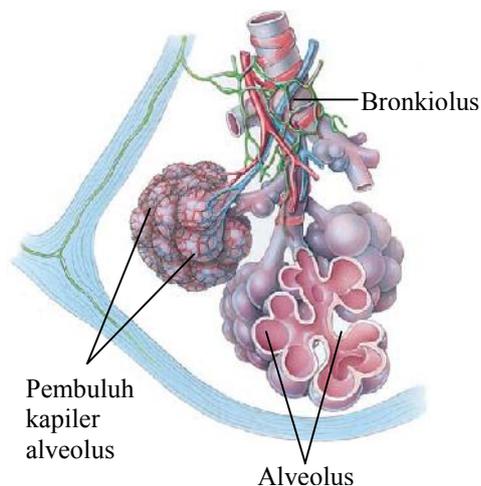


Gambar 4.19. Diagram skematis percabangan trakea dan bronkus (Tortora Derrickson, 2009; h. 885)

Bronkus, Bronkiolus, dan Alveolus

Setelah melalui trakea, udara akan terus masuk menuju cabang batang tenggorokan atau dinamakan bronkus. Batang tenggorokan bercabang menjadi dua bronkus, yakni bronkus sebelah kiri dan sebelah kanan. Pada dinding bronkus terdapat jaringan otot polos, tulang rawan, dan dinding bagian dalam dilapisi oleh jaringan epitel. Bronkus akan membentuk percabangan-percabangan yang lebih kecil sampai mencapai bronkiolus, yang diameter lumennya sangat kecil dan dindingnya tidak lagi memiliki jaringan tulang rawan. Bagian akhir bronkiolus berhubungan dengan alveolus paru-paru. Percabangan-percabangan bronkus dapat dilihat pada gambar 19.

Dinding alveolus sangat tipis hanya tersusun atas satu lapis sel-sel epitel pipih dan permukaannya selalu lembab. Pada dinding alveolus berlangsung pertukaran gas oksigen dengan karbon dioksida. Oksigen akan berdifusi dari rongga alveolus menuju pembuluh darah kapiler disekitar alveolus, sebaliknya karbon dioksida akan berdifusi dari pembuluh darah kapiler menuju rongga alveolus untuk dikeluarkan dari tubuh. Struktur alveolus dapat dilihat pada gambar 4.20.



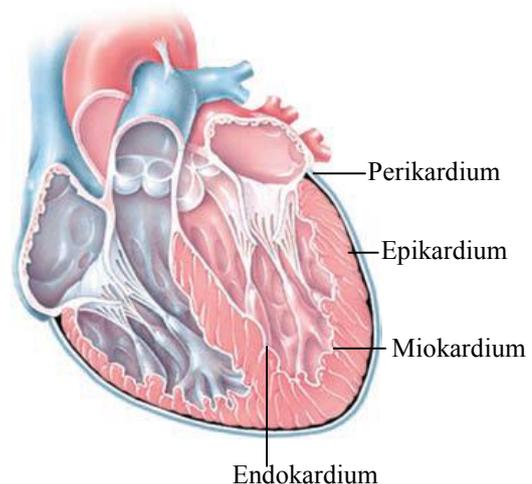
Gambar 4.20. Diagram skematis struktur alveolus (Tortora Derrickson, 2009; h. 887)

Sistem Peredaran Darah

Sistem peredaran darah pada manusia terdiri atas dua organ, yaitu jantung dan pembuluh darah.

Jantung

Jantung manusia berada di dalam rongga dada agak sedikit ke sebelah kiri. Rata-rata berat jantung sekitar 300 gram untuk laki-laki dan 250 gram untuk perempuan. Dinding jantung tersusun atas tiga lapisan, yaitu: epikardium, miokardium, dan endokardium. Epikardium merupakan lapisan paling luar, transparan, tersusun atas mesotelium dan jaringan ikat, memberi permukaan halus terhadap dinding luar jantung. Miokardium, tersusun atas jaringan otot jantung, merupakan lapisan paling tebal, menyusun kurang lebih 95% bagian dari dinding jantung, berperan penting untuk aktivitas pemompaan darah. Endokardium, merupakan lapisan paling dalam yang membatasi rongga jantung, tersusun atas lapisan tipis jaringan epitel (endothelium) dan jaringan ikat. Letak masing-masing lapisan dinding jantung dapat dilihat pada gambar 4.21.



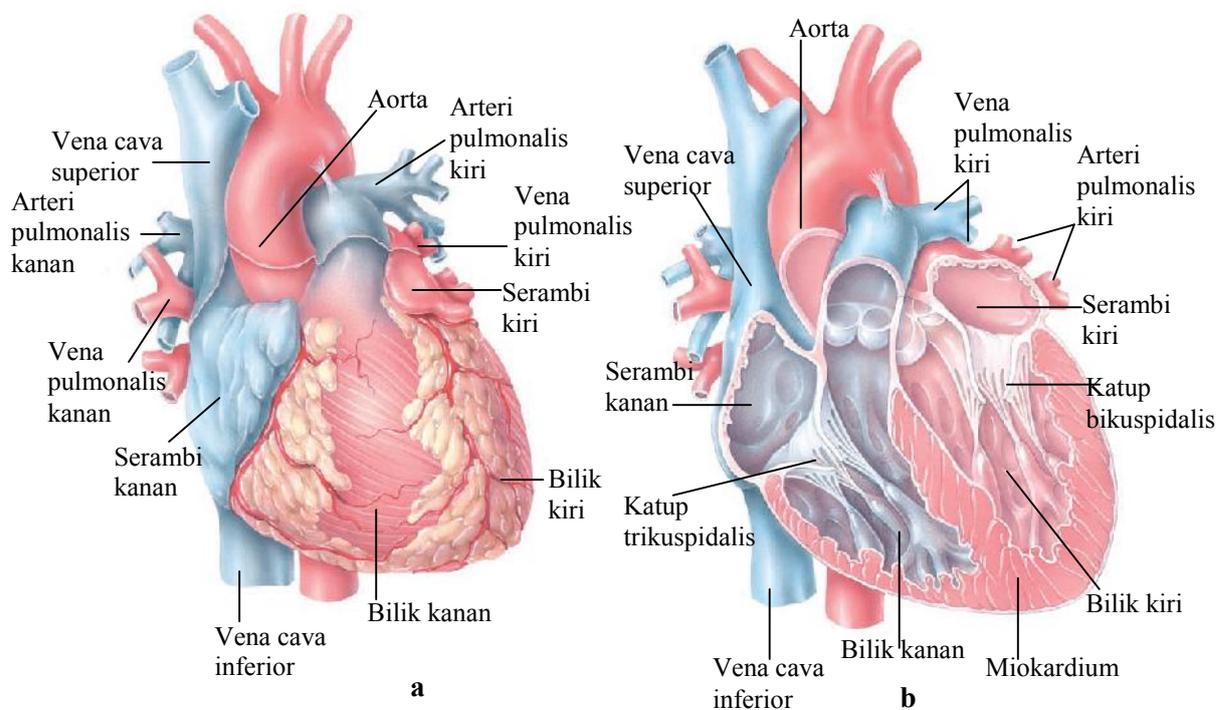
Gambar 4.21. Letak epikardium, miokardium, dan endokardium pada jantung (Tortora Derrickson, 2009; h.721)

Jantung manusia terdiri atas 4 ruang, 2 serambi (atrium) yaitu serambi kiri dan kanan dan 2 bilik (ventrikel) yaitu bilik kiri dan bilik kanan. Sekat yang memisahkan jantung menjadi bagian kiri dan kanan disebut *Septum Cordi* dan sekat yang memisahkan atrium dan ventrikel disebut *Septum atrio ventrikular*. Antara serambi kiri dan serambi kanan pada fetus masih terdapat lubang yang disebut *foramen ovale* dan akan tertutup dengan sendirinya kurang lebih 10 hari setelah kelahiran.

balik darah dari bilik menuju serambi. Pada pangkal aorta dan pangkal arteri pulmonalis (pembuluh nadi paru-paru) terdapat katup berbentuk bulan sabit (katup semilunaris) yang mencegah darah tidak kembali ke bilik jantung. Struktur luar dan struktur dalam jantung manusia dapat dilihat pada gambar 22.

Pembuluh Darah

Pembuluh darah merupakan organ tubuh yang berperan penting untuk mengedarkan darah dari jantung ke seluruh bagian-bagian tubuh dan



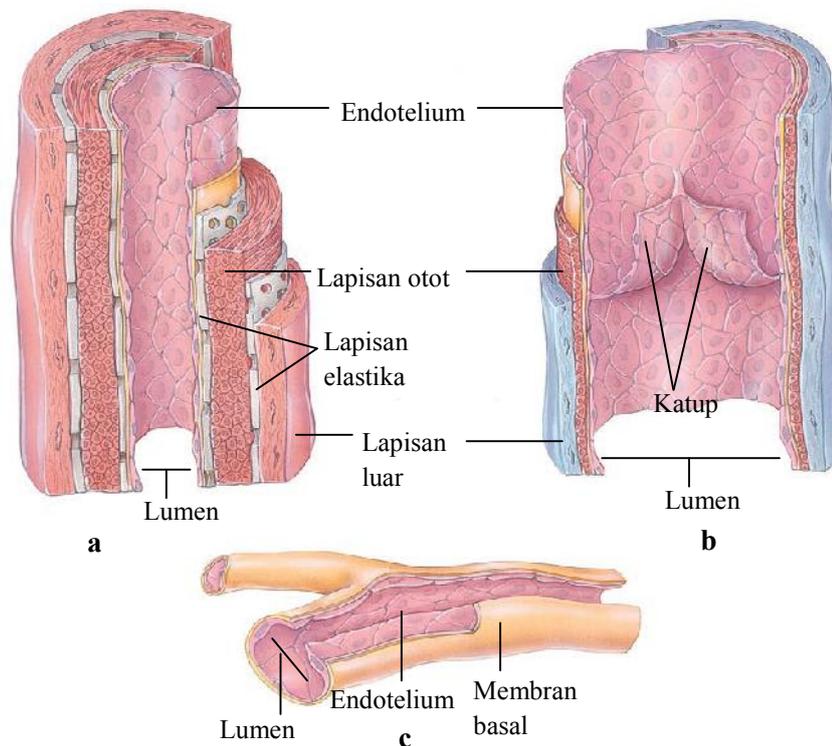
Gambar 22. a) struktur luar jantung, b) struktur dalam jantung (Tortora Derrickson, 2009; h.723)

Antara serambi kiri dan bilik kiri dihubungkan oleh katup berkelopak dua (katup bikuspidalis), antara serambi kanan dan bilik kanan dihubungkan oleh katup berkelopak tiga (katup trikuspidalis). Katup katup tersebut diperkuat oleh korda tendinae dan berperan mencegah aliran

Membawa darah dari sel-sel jaringan tubuh kembali ke jantung. Terdapat lima jenis pembuluh darah, yaitu arteri, arteriola, kapiler, venula, dan vena. Arteri berperan membawa darah dari jantung ke seluruh sel-sel jaringan tubuh. Pembuluh arteri

memiliki diameter yang berbeda-beda, pembuluh arteri dengan diameter yang paling besar yaitu aorta, berawal dari bilik kiri jantung. Aorta akan membentuk percabangan-percabangan dengan diameter yang lebih kecil untuk menyuplai darah ke organ-organ tubuh, sebagai contoh pembuluh arteri renalis membawa darah menuju ginjal dan arteri carotid membawa darah menuju ke daerah kepala. Arteri selanjutnya akan bercabang menjadi ukuran yang lebih kecil yang disebut arteriola. Pembuluh arteriola menuju ke jaringan-jaringan tubuh dan membentuk percabangan-percabangan yang sangat kecil yang disebut pembuluh kapiler. Dinding pembuluh kapiler yang sangat tipis, hanya tersusun atas satu lapis jaringan epitel memungkinkan pertukaran substansi antara darah dengan sel-sel jaringan tubuh.

Kelompok pembuluh kapiler pada suatu jaringan akan menyatu membentuk pembuluh venula. Beberapa venula akan membentuk pembuluh vena, dan beberapa pembuluh vena akan bermuara pada pembuluh vena yang sangat besar, yang disebut vena cava. Dinding arteri yang bersifat elastis (kenyal) dan mampu berkontraksi ini terdiri atas tiga macam jaringan, yaitu jaringan ikat di lapisan paling luar, jaringan otot yang tebal, dan jaringan endotel yang melapisi permukaan dalam arteri. Penimbunan senyawa-senyawa lemak pada dinding arteri menyebabkan penyempitan pembuluh dan hilangnya elastisitas dinding arteri. Seperti halnya arteri, dinding vena juga tersusun dari tiga macam jaringan, tetapi jaringan otot sangat tipis sehingga secara keseluruhan dinding vena lebih tipis dan kurang kenyal dibandingkan dengan dinding arteri.



Gambar 4.22. a) struktur arteri, b) struktur vena, c) struktur kapiler (Tortora Derrickson, 2009; h.762)

Pengaruh kontraksi jantung terhadap aliran darah vena sangat kecil sehingga aliran di dalam vena sebagian besar disebabkan oleh kontraksi otot-otot di sekitarnya yang dibantu oleh katup-katup pencegah arus balik di sepanjang pembuluh. Struktur pembuluh arteri, vena, dan kapiler dapat dilihat pada gambar 23.

Mekanisme Peredaran Darah

Peredaran darah pada manusia merupakan peredaran darah tertutup karena darah mengalir dalam pembuluh darah. Darah mengalir melewati jantung dua kali sehingga disebut pembuluh darah ganda, yang terdiri atas peredaran darah besar atau peredaran darah sistemik dan sistem peredaran darah kecil atau peredaran darah paru. Pada peredaran darah kecil, darah mengalir dari jantung melalui ventrikel kanan ke paru-paru dan kembali menuju jantung melalui atrium kiri. Sebaliknya pada sistem peredaran darah besar, darah mengalir dari jantung melalui ventrikel kiri menuju ke seluruh tubuh kecuali paru-paru, kemudian darah kembali menuju ke jantung melalui atrium kanan. Kemampuan jantung untuk berdenyut dipicu oleh suatu jaringan tertentu pada jantung itu sendiri yang disebut *nodus sinoatrial* (nodus S-A) pada dinding atas serambi kanan. Impuls yang ditimbulkan nodus S-A disebarkan ke seluruh otot serambi sehingga otot-otot serambi berkontraksi yang menyebabkan darah dari serambi masuk ke bilik.

Sementara itu, impuls dari nodus S-A merambat mencapai *nodus atrioventrikular* (nodus A-V) yang terletak di bagian bawah sekat serambi kemudian diteruskan melalui *berkas His* yang bercabang dua, satu cabang menuju otot bilik kiri dan cabang yang lain menuju otot bilik kanan, tiap-tiap

cabang tersebut membentuk ranting-ranting ke seluruh otot bilik. Impuls tersebut menyebabkan otot-otot bilik berkontraksi, peristiwa ini disebut *sistol* sehingga tekanan di dalam bilik meningkat dan darah mendesak katup trikuspidalis dan katup bikuspidalis menutup, sedangkan desakan dari bilik kiri ke aorta dan bilik kanan ke arteri pulmonalis menyebabkan katup-katup semilunar terbuka. Ketika darah keluar dari bilik kiri melewati katup semilunar, di dalam aorta masih terdapat sebagian darah yang belum dialirkan sehingga tekanan darah di dalam aorta meningkat dan tekanan ini dinamakan *tekanan sistol* yang dalam keadaan normal besarnya kurang lebih 120 mm Hg. Setelah pengosongan bilik, otot-otot bilik mengalami relaksasi atau biasa pula disebut *diastol*, tekanan di dalam bilik saat itu lebih rendah daripada tekanan di dalam aorta sehingga darah dari aorta mendesak kembali ke jantung yang mengakibatkan katup semilunar menutup. Sementara itu, darah di dalam aorta sebagian dialirkan ke berbagai arteri, maka tekanannya menurun sampai 80 mmHg pada keadaan normal dan disebut sebagai *tekanan diastol*. Selama jantung mengalami diastol, darah dari vena pulmonalis masuk ke dalam serambi kiri dan darah dari vena kava memasuki serambi kanan selanjutnya otot-otot serambi akan berkontraksi lagi setelah memperoleh impuls dari nodus S-A.

Rangkuman

Berdasarkan struktur dan fungsinya, terdapat empat jaringan dasar pada hewan vertebrata, yaitu jaringan epitel (epithelial tissue), jaringan ikat (connective tissue), jaringan otot (muscle tissue), dan jaringan saraf (nervous tissue). Organ-organ tubuh dibentuk dari dua atau

lebih jaringan yang berbeda yang bekerja bersama dalam menjalankan fungsi tertentu. Jaringan epitel terdiri atas epitel penutup dan epitel kelenjar. Jaringan epitel diklasifikasikan berdasarkan bentuk sel pada permukaan apikal dan jumlah lapisan sel-sel epitel. Jaringan ikat berperan melindungi dan menyokong tubuh dan organ-organ tubuh. Beberapa jenis jaringan ikat diantaranya, jaringan ikat areolar, jaringan adipose, jaringan ikat reticular, jaringan ikat padat teratur, jaringan ikat padat tidak teratur, jaringan ikat elastin, kartilago hialin, fibrokartilago, kartilago elastin, jaringan tulang, darah, dan limfa. Secara khusus, jaringan tubuh hewan terorganisasi membentuk organ. Sebuah organ merupakan suatu unit struktural dengan dua atau lebih jaringan yang saling

terorganisasi untuk menjalankan fungsi tertentu. Sebagai contoh, jantung dan pembuluh darah merupakan organ yang menyusun system peredaran darah. Pada system pencernaan terdapat organ-organ diantaranya, rongga mulut, faring, kerongkongan, lambung, usus halus, usus besar, dan anus. Sistem pernapasan dibangun oleh organ-organ diantaranya rongga hidung, faring, laring, tenggorokan, bronkus, bronkus, dan alveolus paru-paru. Secara umum tubuh vertebrata terdiri atas 10 sistem organ, diantaranya (i) sistem integumen, (ii) sistem otot, (iii) sistem rangka, (iv) sistem pencernaan, (v) sistem pernapasan, (vi) sistem peredaran darah, (vii) sistem urogenitalia, (viii) sistem endokrin, (ix) sistem saraf, dan (x) sistem imun.

Soal-Soal Latihan

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut ini.

1. Jelaskan tiga perbedaan struktural antara jaringan epitel dengan jaringan jaringan ikat!
2. Gambarkan struktur sel saraf dilengkapi dengan keterangan bagian-bagiannya!
3. Tuliskan tiga perbedaan antara jaringan otot rangka, otot polos, dan otot jantung!
4. Tuliskan tiga perbedaan antara pembuluh darah arteri, vena, dan kapiler!
5. Jelaskan tiga ciri struktural dan fungsi organ yang menyusun sistem pencernaan pada manusia!
6. Jelaskan tiga ciri struktural dan fungsi organ yang menyusun sistem pernapasan pada manusia!

5 Reproduksi Mahluk Hidup

Reproduksi merupakan kemampuan suatu makhluk hidup, baik yang uniseluler maupun yang multiseluler untuk menghasilkan keturunan, tanpa proses reproduksi suatu makhluk hidup tidak akan mungkin melestarikan jenisnya. Pada organisme uniseluler, proses reproduksinya lebih



seederhana dibandingkan dengan organisme multiseluler. Reproduksi seksual pada organisme multiseluler diawali dengan pembentukan gamet atau gametogenesis yaitu gamet jantan dan gamet betina. Proses pembentukan gamet melibatkan pembelahan meiosis. Setelah gamet jantan (sperma) menyatu dengan gamet betina melalui proses fertilisasi, akan menghasilkan satu sel tunggal yang disebut zigot, yang mengandung satu set kromosom dari masing-masing induk. Zigot akan mengalami proses pertumbuhan dan perkembangan dengan melalui serangkaian tahapan

pembelahan sel, sehingga dihasilkan individu baru. Pada bab ini, pertama-tama kita akan membahas (i) reproduksi pada tingkat seluler, yang terdiri atas reproduksi pada organisme uniseluler seperti organisme prokariotik yaitu bakteri, (ii) pembelahan sel atau siklus sel pada organisme eukariotik yang melibatkan pembelahan inti atau yang dikenal dengan istilah mitosis dan sitokinesis, serta (iii) pembelahan meiosis pada proses pembentukan gamet. Berikutnya kita akan membahas (iv) reproduksi pada tumbuhan berbiji serta (v) struktur dan fungsi organ-organ reproduksi pada pria dan wanita.

Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan perkuliahan, mahasiswa diharapkan dapat :

1. Menjelaskan reproduksi organisme prokariotik/ bakteri
2. Menjelaskan tahapan siklus sel pada sel eukariotik
3. Membandingkan antara pembelahan sel secara mitosis dengan meiosis
4. Membedakan antara reproduksi seksual dengan aseksual.
5. Membandingkan antara alat reproduksi laki-laki dan wanita.
6. Menunjukkan letak bagian-bagian alat reproduksi pada laki-laki dan wanita dengan menggunakan gambar
7. Menganalisis perbedaan antara spermatogenesis dengan oogenesis.
8. Menjelaskan reproduksi pada tumbuhan berbiji

Reproduksi Pada Tingkat Seluler

Pembelahan sel pada organisme uniseluler, terutama bertujuan untuk proses reproduksi, sedangkan pada organisme multiseluler, pembelahan sel berperan penting untuk proses pertumbuhan dan perbaikan jaringan tubuh yang rusak. Proses pembelahan pada beberapa sel, melibatkan empat proses penting, yaitu

- a. Mesti terdapat “signal reproduksi”, signal reproduksi dapat berasal dari dalam atau luar sel, yang mengawali tahapan pembelahan sel.
- b. Replikasi DNA (materi genetik) dan komponen penting sel lainnya mesti berlangsung, sehingga masing-masing dua sel hasil pembelahan bersifat identik dan memiliki komponen seluler yang lengkap.
- c. Sel mesti mendistribusikan DNA hasil replikasi pada masing-masing dua sel hasil pembelahan, proses ini disebut segregasi.
- d. Materi baru mesti ditambahkan pada membran sel dan dinding sel (bagi organisme yang memiliki dinding sel) untuk memisahkan dua sel hasil pembelahan, proses pemisahan tersebut dinamakan sitokinesis.

Empat proses penting pada tahapan pembelahan sel di atas, berlangsung dengan cara yang sedikit berbeda pada organisme prokariotik dan organisme eukariotik. Berikut akan diuraikan beberapa contoh pembelahan pada level seluler, yang terdiri dari reproduksi pada prokariotik/ bakteri, tahapan siklus sel pada sel eukariotik, dan tahapan pembelahan meiosis pada proses pembentukan gamet atau gametogenesis.

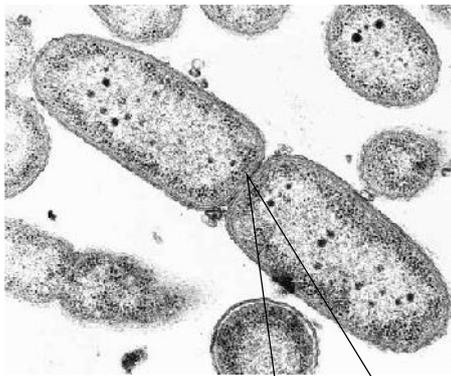
Reproduksi Pada Bakteri

Bakteri termasuk organisme uniseluler, yang berarti tubuhnya hanya tersusun atas satu sel dengan ukuran mikroskopis. Berdasarkan ada tidaknya membran inti, bakteri juga termasuk kelompok organisme prokariotik. Pada organisme uniseluler, pembelahan sel merupakan proses reproduksi satu organisme sel tunggal. Selama proses pembelahan, sel mengalami penambahan ukuran, mereplikasi materi genetiknya (DNA), dan kemudian membelah menjadi dua sel, proses tersebut dinamakan pembelahan biner, berikut tahapan pembelahan biner pada sel bakteri;

- a. Signal reproduksi, laju reproduksi pada beberapa organisme prokariotik merupakan respon terhadap kondisi lingkungan. Sebagai contoh, pembelahan sel bakteri *Escherichia coli*, membutuhkan waktu 40 menit pada suhu 37°C, tetapi apabila terdapat sumber karbohidrat yang berlimpah dan tersedia garam-garam mineral, kecepatan pembelahan sel dapat lebih singkat menjadi 20 menit. Spesies bakteri yang lain, *Bacillus subtilis*, menghentikan tahapan pembelahan apabila persediaan nutrisi dilingkungannya berkurang, dan melanjutkannya kembali apabila sumber nutrisi bagi sel bertambah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa faktor eksternal, seperti ketersediaan nutrisi pada lingkungan, mempengaruhi tahapan awal pembelahan sel.
- b. Replikasi DNA, molekul DNA mengandung informasi genetik, ketika sel membelah, seluruh kromosom mesti diduplikasi dan didistribusikan secara merata pada dua sel hasil pembelahan. Sebagian besar prokariotik hanya memiliki satu kromosom, satu molekul

DNA panjang dengan protein yang melekat padanya. Pada bakteri *Escherichia coli*, molekul DNA berbentuk sirkuler. DNA/ kromosom berbentuk sirkuler merupakan karakteristik organisme prokariotik, dapat juga ditemukan pada beberapa virus, DNA pada kloroplas dan mitokondria sel eukariotik.

- c. Segregasi DNA, setelah replikasi DNA akan dilanjutkan dengan proses segregasi molekul DNA hasil replikasi menuju dua sel baru hasil pembelahan.
- d. Sitokinesis, pemisahan sel atau sitokinesis dimulai 20 menit setelah replikasi kromosom selesai. Sitokinesis diawali dengan pelekukan membran plasma dan dilanjutkan dengan sintesis bahan-bahan penyusun dinding sel, dan pada tahap akhir dua sel bakteri terbentuk. Pada gambar 1, dapat dilihat dua sel bakteri *Pseudomonas aeruginosa* hampir menyelesaikan seluruh tahapan pembelahan. Setiap sel mengandung kromosom yang lengkap dan terlihat sebagai nukleoid pada bagian tengah sel.



Membran plasma telah terbentuk sempurna, memisahkan sitoplasma antara dua sel hasil pembelahan

Gambar. 5.1. Pembelahan pada bakteri *Pseudomonas aeruginosa* (Purves, Sadava, Orians, Heller. 2009. h. 166).

Siklus Sel

Sebahagian besar sel-sel tubuh manusia mengalami pembelahan sel, yaitu proses dimana satu sel membelah dan menghasilkan dua sel baru yang identik. Pada pembelahan sel, satu sel induk membelah menjadi dua sel anakan. Sel anakan ini mewarisi sifat sel induknya dan memiliki jumlah kromosom yang sama dengan induknya. Jika sel induk memiliki $2n$ kromosom, maka setiap sel anakan juga memiliki $2n$ kromosom. Jumlah $2n$ ini disebut juga kromosom diploid. Selama pembelahan sel-sel tubuh (sel somatis), sebuah sel mengalami pembelahan inti atau mitosis dan pembelahan sitoplasma atau sitokinesis. Pembelahan sel-sel tubuh bertujuan untuk proses pertumbuhan atau regenerasi bagian-bagian tubuh yang rusak. Berikut akan diuraikan tahapan pembelahan sel.

Interfase

Pembelahan sel atau siklus sel terdiri dari fase pertumbuhan (interfase), fase pembelahan inti sel (kariokinesis atau mitosis), dan fase pembelahan sitoplasma (sitokinesis). Interfase merupakan bagian terbesar dari siklus sel. Interfase terdiri dari tiga sub fase, yaitu fase G1 (pertumbuhan primer), fase S (sintesis), dan fase G2 (pertumbuhan sekunder). Interfase merupakan tahap yang penting untuk mempersiapkan pembelahan atau melakukan metabolisme sel. Pada interfase, tingkah laku kromosom tidak tampak karena berbentuk benang-benang kromatin yang halus. Walaupun begitu, sel anak yang baru terbentuk sudah melakukan metabolisme. Sel perlu tumbuh dan melakukan berbagai sintesis sebelum memasuki proses pembelahan berikutnya. Berikut aktivitas sel selama interfase;

Fase Pertumbuhan Primer (*Growth 1* disingkat *G1*)

Sel yang baru terbentuk mengalami pertumbuhan tahap pertama. Pada subfase ini, sel belum mengadakan replikasi DNA yang masih bersifat $2n$ (diploid). Sementara organel organel yang ada di dalam sel, seperti mitokondria, retikulum endoplasma, kompleks golgi, dan organel lainnya memperbanyak diri guna menunjang kehidupan sel.

Fase Sintesis (S)

Pada subfase ini, sel melakukan sintesis materi genetik. Materi genetik adalah bahan bahan yang akan diwariskan kepada keturunannya, yaitu DNA. DNA dalam inti sel mengalami replikasi (penggandaan jumlah salinan). Jadi, subfase sintesis (penyusunan) menghasilkan 2 salinan DNA.

Fase Pertumbuhan Sekunder (*Growth 2* disingkat *G2*)

Setelah DNA mengalami replikasi, subfase berikutnya adalah pertumbuhan sekunder (*G2*). Pada subfase ini, sel memperbanyak organelorganel yang dimilikinya. Ini bertujuan agar organel-organel tersebut dapat diwariskan kepada setiap sel turunannya. Pada subfase ini, replikasi DNA telah selesai dan sel bersiap-siap mengadakan pembelahan secara mitosis. Selain itu, inti sel (nukleus) telah terbentuk dengan jelas dan terbungkus membran inti. Di luar inti terdapat dua **sentrosom** yang terbentuk oleh replikasi **sentrosom** pada tahap sebelumnya. Sentrosom mengalami perpanjangan menyebar secara radial yang disebut aster (bintang). Pada sentrosom terdapat sepasang sentriol yang berfungsi menentukan orientasi pembelahan sel. Walaupun kromosom telah diduplikasi pada fase S, namun pada fase *G2*,

kromosom belum dapat dibedakan secara individual karena masih berupa benang-benang kromatin.

Tahapan umum pembelahan sel dapat dilihat pada gambar 2. Setelah ketiga tahapan interfase dilalui, sel telah siap menjalani pembelahan secara mitosis. Seperti fase interfase, pembelahan mitosis juga terdiri dari beberapa fase, yaitu sebagai berikut;

Pembelahan Mitosis

Secara garis besar, fase pembelahan mitosis terbagi menjadi dua fase, yaitu fase pembelahan inti (kariokinesis) dan fase pembelahan sitoplasma (sitokinesis). Kariokinesis adalah fase pembelahan inti sel. Secara rinci, fase kariokinesis dibagi menjadi empat subfase, yaitu profase, metafase, anafase, dan telofase. Uraian masing-masing fase mitosis sebagai berikut;

Profase

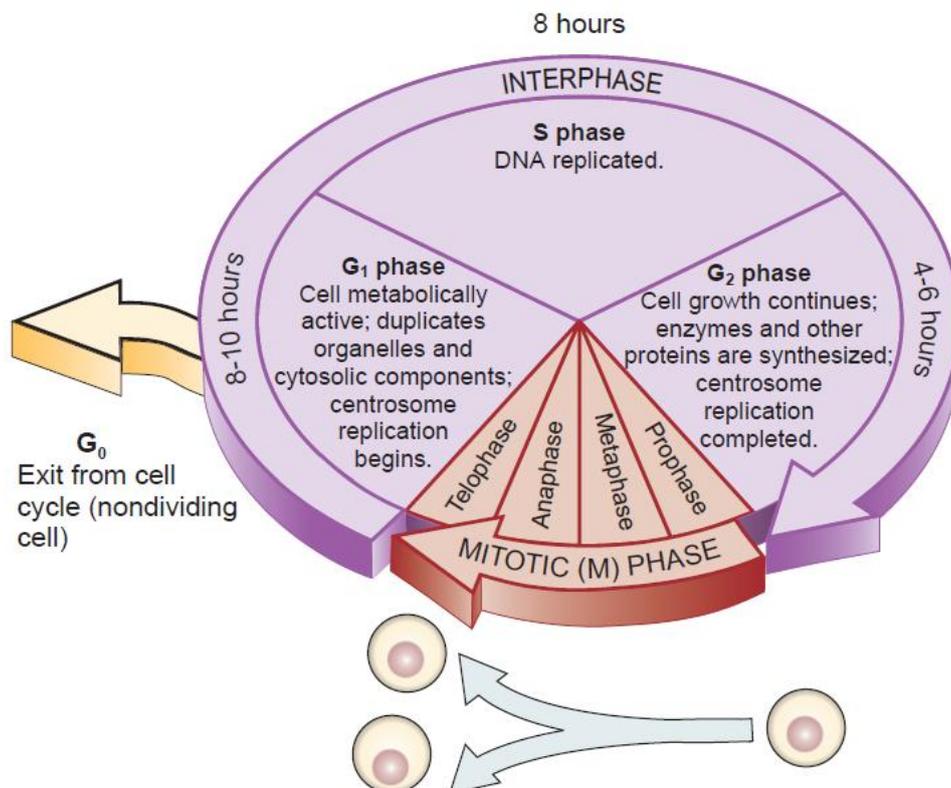
Pada permulaan profase, di dalam nukleus mulai terbentuk kromosom, yaitu benang-benang rapat dan padat yang terbentuk akibat menggulungnya kromatin. Pada fase ini, kromosom dapat dilihat menggunakan mikroskop. Selanjutnya, nukleolus menghilang dan terjadi duplikasi kromosom (kromosom membelah dan memanjang) menghasilkan 2 kromosom anakan yang disebut kromatid. Kedua kromatid tersebut bersifat identik sehingga disebut kromatid kembar (*sister chromatid*), yang bersatu atau dihubungkan oleh sentromer pada lekukan kromosom. Sentromer merupakan bagian kromosom yang menyempit, tampak lebih terang dan membagi kromosom menjadi 2 lengan. Pada akhir profase, di dalam sitoplasma mulai terbentuk gelendong pembelahan (spindel) yang berasal dari mikrotubulus.

Metafase

Tahap awal metafase (prometafase) ditandai dengan semakin memadatnya kromosom (kromosom ini terdiri dari 2 kromatid) dan terpecahnya membran inti (membran nukleus). Hal ini menyebabkan mikrotubulus dapat menembus inti sel dan melekat pada struktur khusus di daerah sentromer setiap kromatid, disebut kinetokor. Oleh karena itu, kinetokor ini berfungsi sebagai tempat bergantung bagi kromosom. Pada metafase, kromosom tampak jelas. Pada tahap metafase sesungguhnya, sentrosom telah berada pada kutub sel. Membrane inti sel menghilang. Sementara itu, kromosom menempatkan diri pada bidang pembelahan yang disebut bidang metafase. Dengan letak kromosom berada di bidang pembelahan, maka pembagian jumlah kromosom akan sama untuk masing-masing sel anakan.

Anafase

Setelah berakhirnya tahap metafase, pembelahan sel berlanjut pada tahap anafase. Tahap anafase ditandai dengan berpisahya kromatid saudara pada bagian sentromer kromosom. Gerak kromatid ini disebabkan tarikan benang mikrotubulus yang berasal dari sentriol pada kutub sel. Dikarenakan mikrotubulus melekat pada sentromer, hal ini menyebabkan sentromer tertarik terlebih dahulu. Akibatnya, sentromer berada di depan dan bagian lengan kromatid berada di belakang. Pada saat bersamaan, mikrotubulus non kinetokor semakin memanjang sehingga jarak kedua kutub sel semakin jauh. Selanjutnya, masing-masing kromatid bergerak ke arah kutub yang berlawanan dan berfungsi sebagai kromosom lengkap, dengan sifat keturunan yang sama (identik).

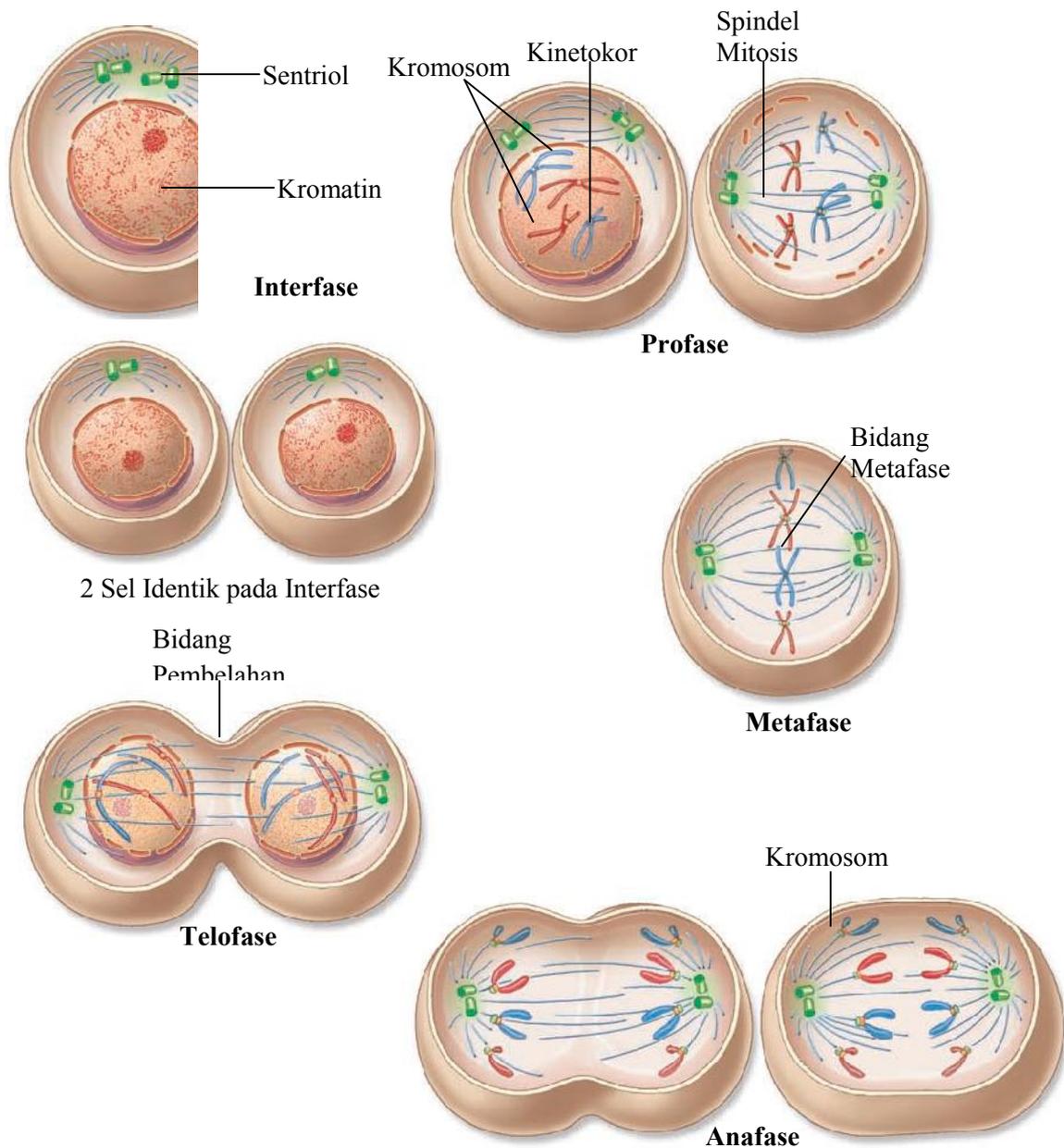


Gambar 5.2. Tahapan Umum Siklus Sel (Tortora & Derrickson, 2009; h. 93).

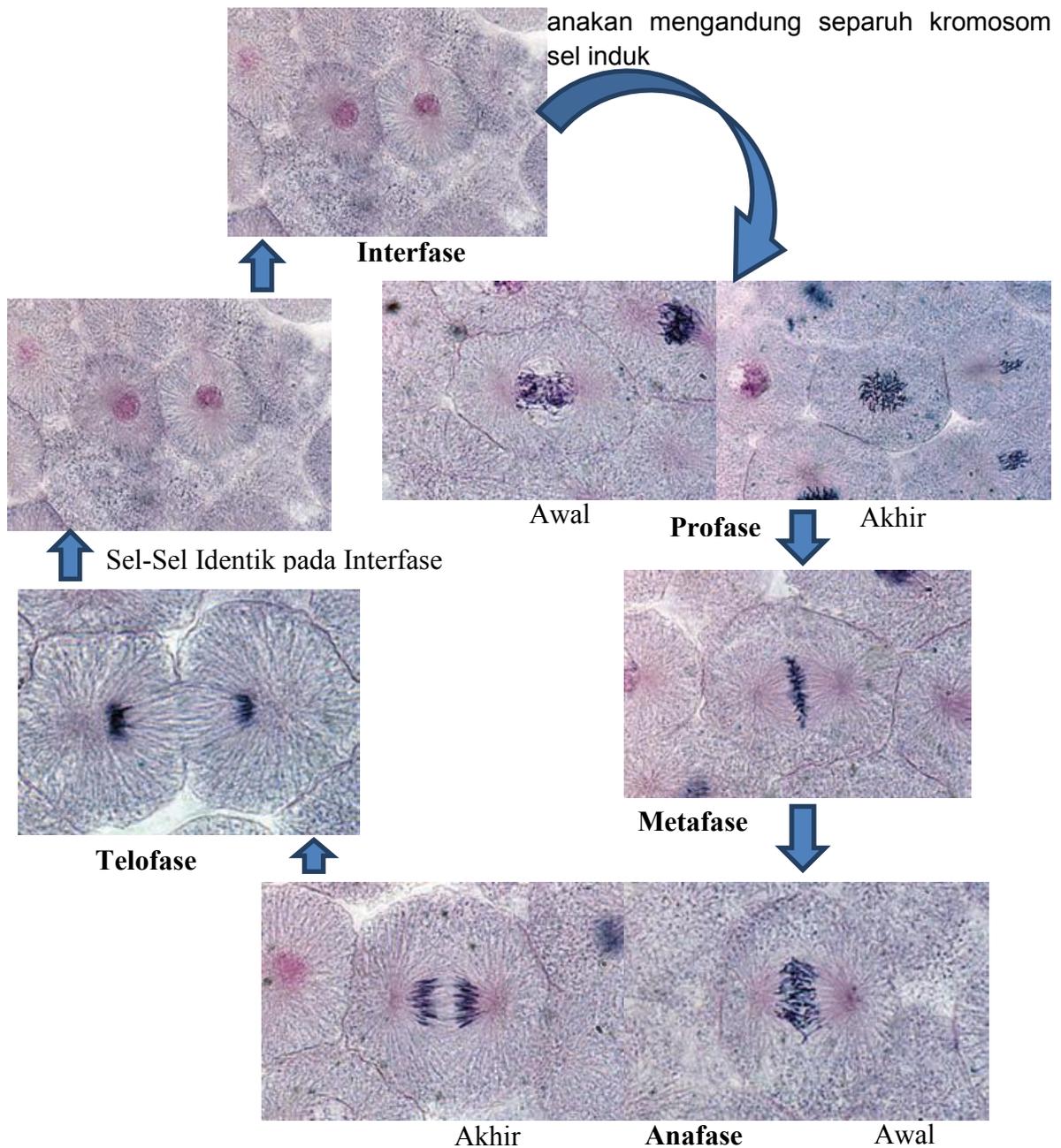
Telofase

Pada tahap telofase, inti sel anakan terbentuk kembali dari fragmen-fragmen nukleus. Bentuk selnya memanjang akibat peran mikrotubulus non kinetokor. Benang-benang kromatin mulai longgar. Dengan demikian, fase kariokinesis yang menghasilkan dua inti sel anak yang identik secara genetik telah berakhir, namun dua inti sel masih berada dalam satu sel. Agar

kedua inti terpisah menjadi sel baru, perlu adanya pembelahan sitoplasma yang disebut sitokinesis. Sitokinesis terjadi, segera setelah telofase selesai. Pada fase sitokinesis terjadi pembelahan sitoplasma diikuti pembentukan sekat sel baru, sehingga terbentuk dua sel anakan. Tahapan pembelahan mitosis dapat dilihat pada gambar 5.3 dan 5.4.



Gambar 5.3. Diagramskematis pembelahan mitosis (Torora&Derrickson, 2009; h. 95).



Gambar 5.4. Tahapan pembelahan mitosis (Torora&Derrickson, 2009; h. 95).

Pembelahan Meiosis

Pembelahan meiosis yang disebut juga sebagai pembelahan reduksi merupakan pembelahan sel induk dengan jumlah kromosom diploid ($2n$) menghasilkan empat sel anakan. Setiap sel

atau disebut haploid (n). Pembelahan meiosis terjadi pada proses pembentukan sel gamet (sel kelamin) pada organ reproduksi (testis atau ovarium). Pada manusia atau hewan, sperma yang haploid dihasilkan di dalam testis dan sel telur yang

juga haploid dihasilkan di dalam ovarium. Pada dasarnya, tahap pembelahan meiosis serupa dengan pembelahan mitosis. Hanya saja, pada meiosis terjadi dua kali pembelahan, yaitu meiosis I dan meiosis II. Masing-masing pembelahan meiosis terdiri dari tahap-tahap yang sama, yaitu profase, metafase, anafase, dan telofase. Berikut tahapan pembelahan meiosis.

Meiosis I

Seperti halnya pembelahan mitosis, sebelum mengalami pembelahan meiosis, sel kelamin perlu mempersiapkan diri. Fase persiapan ini disebut tahap interfase. Pada tahap ini, sel melakukan persiapan berupa penggandaan DNA dari satu salinan menjadi dua salinan (seperti interfase pada mitosis). Tingkah laku kromosom masih belum jelas terlihat karena masih berbentuk benang-benang halus (kromatin) sebagaimana interfase pada mitosis. Selain itu, sentrosom juga bereplikasi menjadi dua (masing-masing dengan 2 sentriol). Sentriol berperan dalam menentukan arah pembelahan sel. Setelah terbentuk salinan DNA, barulah sel mengalami tahap pembelahan meiosis I yang diikuti tahap meiosis II. Tahap meiosis I terdiri atas profase I, metafase I, anafase I, dan telofase I, serta sitokinesis

Profase I

Pada tahap meiosis I, profase I merupakan fase terpanjang atau terlama dibandingkan fase lainnya bahkan lebih lama daripada tahap profase pada pembelahan mitosis. Profase I dapat berlangsung dalam beberapa hari. Biasanya, profase I membutuhkan waktu sekitar 90% dari keseluruhan waktu yang dibutuhkan dalam pembelahan meiosis. Tahapan ini terdiri dari lima subfase, yaitu leptoten, zigoten, pakiten, diploten, dan diakinesis.

Leptoten

Subfase leptoten ditandai adanya benang-benang kromatin yang memendek dan menebal. Pada subfase ini mulai terbentuk sebagai kromosom homolog. Kalian perlu membedakan kromosom homolog dengan kromatid saudara. Gambar 4.13 memperlihatkan perbedaan pasangan kromosom homolog dengan kromatid saudara.

Zigoten

Kromosom homolog saling berdekatan atau berpasangan menurut panjangnya. Peristiwa ini disebut sinapsis. Kromosom homolog yang berpasangan ini disebut bivalen (terdiri dari 2 kromosom homolog).

Pakiten

Kromatid antara kromosom homolog satu dengan kromosom homolog yang lain disebut sebagai kromatid bukan saudara (*non sister chromatids*). Dengan demikian, pada setiap kelompok sinapsis terdapat 4 kromatid (1 pasang kromatid saudara dan 1 pasang kromatid bukan saudara). Empat kromatid yang membentuk pasangan sinapsis ini disebut tetrad.

Diploten

Setiap bivalen mengandung empat kromatid yang tetap berkaitan atau berpasangan di suatu titik yang disebut kiasma (tunggal). Apabila titik-titik perlekatan tersebut lebih dari satu disebut kiasmata. Proses perlekatan atau persilangan kromatid-kromatid disebut pindah silang (*crossing over*). Pada proses pindah silang, dimungkinkan terjadinya pertukaran materi genetik (DNA) dari homolog satu ke homolog lainnya. Pindah silang inilah yang memengaruhi variasi genetik sel anakan.

Diakinesis

Pada subfase ini terbentuk benang-benang spindel pembelahan (gelendong

mikrotubulus). Sementara itu, membran inti sel atau karioteka dan nukleolus mulai lenyap. Profase I diakhiri dengan terbentuknya tetrad yang membentuk dua pasang kromosom homolog. metafase.

Metafase I

Pada metafase I, kromatid hasil duplikasi kromosom homolog berjajar berhadapan di sepanjang daerah ekuatorial inti (bidang metafase I). Membran inti mulai menghilang. Mikrotubulus kinetokor dari salah satu kutub melekat pada satu kromosom di setiap pasangan. Sementara mikrotubulus dari kutub berlawanan melekat pada pasangan homolognya. Dalam hal ini, kromosom masih bersifat diploid.

Anafase I

Setelah tahap metafase I selesai, gelendong mikrotubulus mulai menarik kromosom homolog sehingga pasangan kromosom homolog terpisah dan masing-masing menuju ke kutub yang berlawanan. Peristiwa ini mengawali tahap anafase I. Namun, kromatid saudara masih terikat pada sentromernya dan bergerak sebagai satu unit tunggal. Inilah perbedaan antara anafase pada mitosis dan meiosis. Pada mitosis, mikrotubulus memisahkan kromatid yang bergerak ke arah berlawanan.

Telofase I

Pada telofase, setiap kromosom homolog telah mencapai kutub yang berlawanan. Ini berarti setiap kutub mempunyai satu set kromosom haploid. Akan tetapi, setiap kromosom tetap mempunyai dua kromatid kembar. Pada fase ini, membran inti muncul kembali.

Peristiwa ini kemudian diikuti tahap selanjutnya, yaitu sitokinesis.

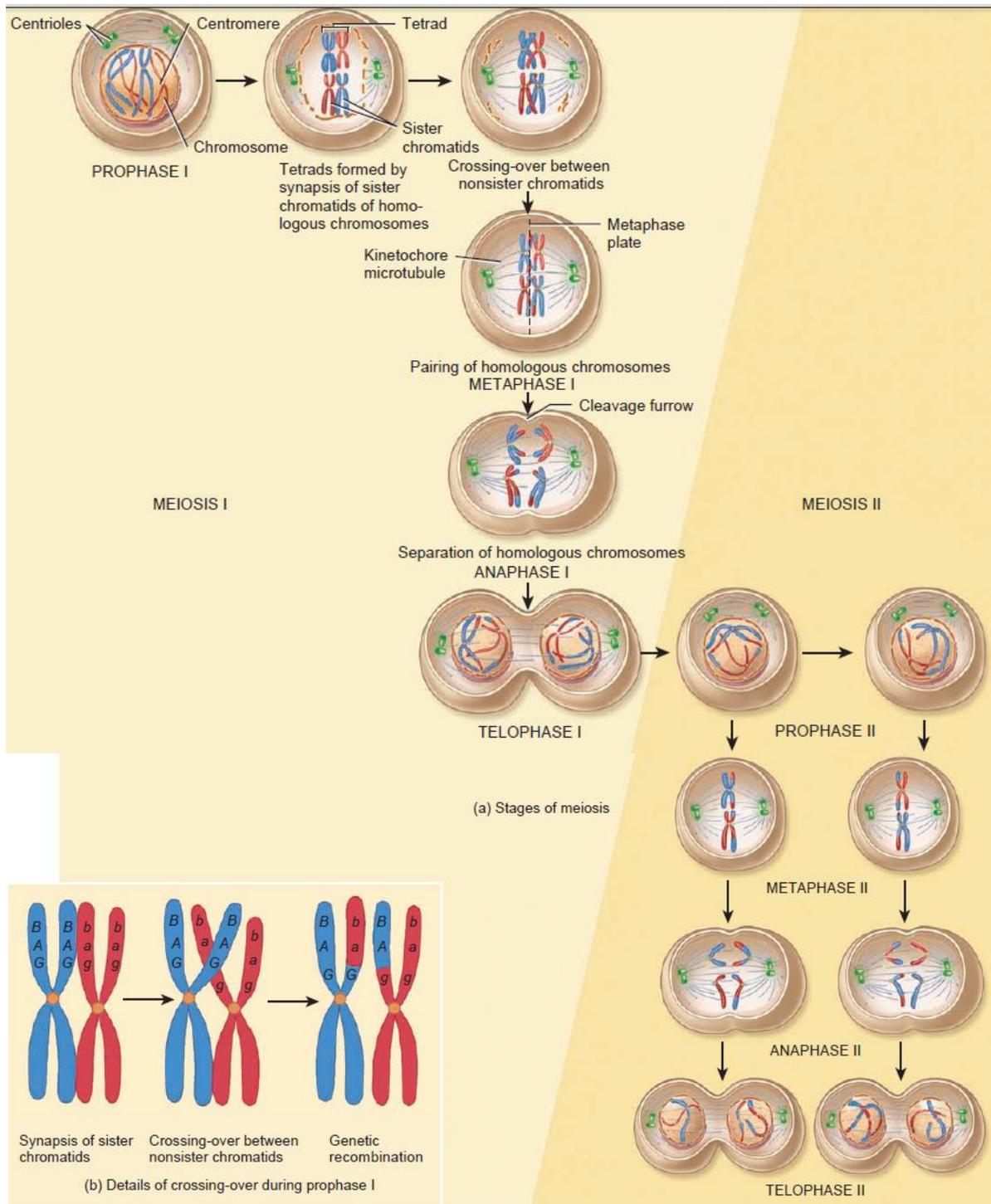
Sitokinesis

Tahap sitokinesis terjadi secara simultan dengan telofase. Artinya, terjadi secara bersama-sama. Tahap ini merupakan tahap di antara dua pembelahan meiosis. Alur pembelahan atau pelat sel mulai terbentuk. Pada tahap ini tidak terjadi perbanyakan (replikasi) DNA. Hasil pembelahan meiosis I menghasilkan dua sel haploid yang mengandung setengah jumlah kromosom homolog. Meskipun demikian, kromosom tersebut masih berupa kromatid saudara (kandungan DNA-nya masih rangkap). Untuk menghasilkan sel anakan yang mempunyai kromosom haploid diperlukan proses pembelahan selanjutnya, yaitu meiosis II. Jarak waktu antara meiosis I dengan meiosis II disebut dengan interkinesis. Jadi, tujuan meiosis II adalah membagi kedua salinan DNA pada sel anakan yang baru hasil dari meiosis I.

Meiosis II terjadi pada tahap-tahap yang serupa seperti meiosis I. tahapan meiosis II diuraikan sebagai berikut.

Meiosis II

Tahap meiosis II juga terdiri dari profase, metafase, anafase, dan telofase. Tahap ini merupakan kelanjutan dari tahap meiosis I. Masing-masing sel anakan hasil pembelahan meiosis I akan membelah lagi menjadi dua. Sehingga, ketika pembelahan meiosis telah sempurna, dihasilkan empat sel anakan. Hal yang perlu diingat adalah bahwa jumlah kromosom keempat sel anakan ini tidak lagi diploid ($2n$) tetapi sudah haploid (n). Proses pengurangan jumlah kromosom ini terjadi pada tahap meiosis II.



Gambar 5.5. Diagram skematis pembelahan meiosis (Tortora & Derrickson, 2009; h. 98).

Profase II

Fase pertama pada tahap pembelahan meiosis II adalah profase II. Pada fase ini, kromatid saudara pada setiap sel anakan masih melekat pada sentromer kromosom. Sementara itu, benang mikrotubulus mulai terbentuk dan kromosom mulai bergerak ke arah bidang metafase. Tahap ini terjadi dalam waktu yang singkat karena diikuti tahap berikutnya.

Metafase II

Pada metafase II, setiap kromosom yang berisi dua kromatid, merentang atau berjajar pada bidang metafase II. Pada tahap ini, benang-benang spindel (benang mikrotubulus) melekat pada kinetokor masing-masing kromatid.

Anafase II

Fase ini mudah dikenali karena benang spindel mulai menarik kromatid menuju ke kutub pembelahan yang berlawanan. Akibatnya, kromosom memisahkan kedua kromatidnya untuk bergerak menuju kutub yang berbeda. Kromatid yang terpisah ini selanjutnya berfungsi sebagai kromosom individual.

Telofase II

Pada telofase II, kromatid yang telah menjadi kromosom mencapai kutub pembelahan. Hasil akhir telofase II adalah terbentuknya 4 sel haploid, lengkap dengan satu salinan DNA pada inti selnya (nuklei).

Sitokinesis II

Selama telofase II, terjadi pula sitokinesis II, ditandai adanya sekat sel yang memisahkan tiap inti sel. Akhirnya terbentuk 4 sel kembar yang haploid. Sel-sel anakan sebagai hasil pembelahan meiosis mempunyai sifat genetis yang bervariasi satu sama lain. Variasi genetis yang dibawa sel kelamin orang tua

menyebabkan munculnya keturunan yang bervariasi juga.

Secara umum tahapan pembelahan meiosis dapat dilihat pada gambar 5.

Reproduksi Pada Tingkat Organisme

Reproduksi seksual pada tingkat organisme terlebih dahulu dialeli dengan pembentukan sel-sel germinal yang disebut gamet. Gamet jantan atau sperma akan melebur dengan gamet betina atau ovum. Hasil peleburan antara dua gamet tersebut akan menghasilkan satu sel tunggal yang disebut zigot, yang akan berkembang menjadi individu baru. Berikut akan diuraikan reproduksi seksual pada tumbuhan berbiji dan reproduksi pada manusia.

Reproduksi Pada Tumbuhan Berbiji

Pada pembahasan ini, akan diuraikan proses reproduksi, terkhusus pada tumbuhan biji tertutup (Angiospermae). Reproduksi secara seksual pada spermatophyta adalah dengan membentuk biji, yang dihasilkan dari organ reproduksi yaitu bunga. Reproduksi seksual pada Spermatophyta dimulai dengan penyerbukan atau polinasi. Polinasi merupakan proses menempelnya serbuk sari (stamen) pada kepala putik (stigma). Proses tersebut dapat terjadi dengan bantuan angin, air, atau hewan-hewan penyerbuk (polinator). Contoh hewan polinator adalah lebah, kupu-kupu, burung kolibri, kelelawar, dan lain-lain. Karena proses perkawinannya yang jelas, yaitu didahului dengan polinasi, maka Sebelum terjadi penyerbukan (*polinasi*), kepala sari yang telah masak akan membuka. Selanjutnya, serbuk sari yang terdapat

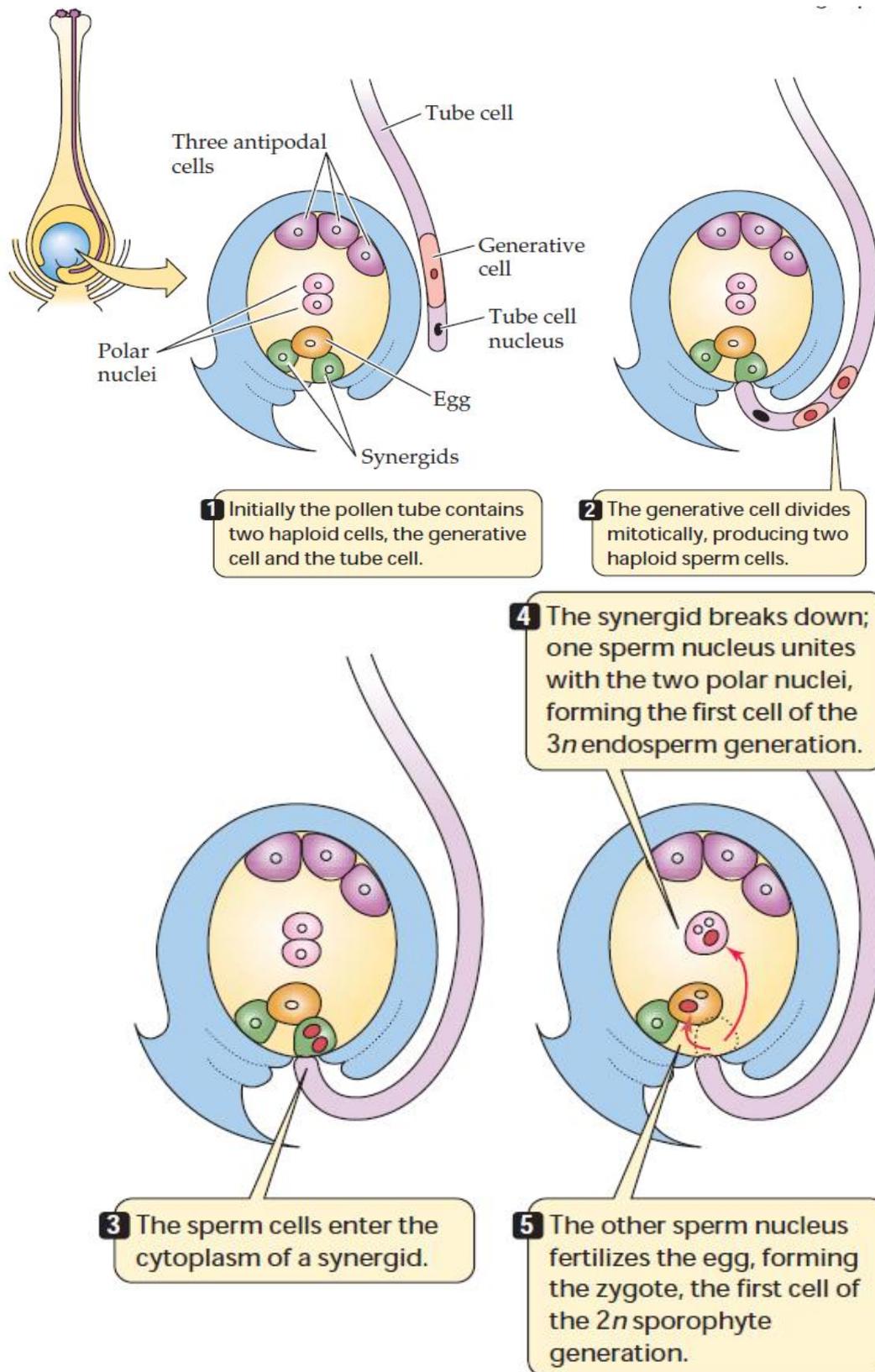
pada kepala sari tersebut akan keluar atau jatuh dan menempel pada kepala putik. Bagian yang berperan dalam fertilisasi adalah putik (stigma) dan benang sari (stamen). Putik terdiri dari 3 bagian, yaitu kepala putik, tangkai putik, dan ovulum. Sementara itu, benang sari terdiri dari kepala sari dan tangkai sari.

Di dalam ovulum, terdapat megasporofit yang membelah menjadi empat megaspora. Satu megaspora yang hidup membelah tiga kali berturut-turut. Hasilnya berupa sebuah sel besar, disebut kandung lembaga muda yang mengandung delapan inti. Di ujung ovulum terdapat sebuah lubang (mikropil), sebagai tempat masuknya saluran serbuk sari ke dalam kandung lembaga. Selanjutnya, tiga dari delapan inti tadi menempatkan diri di dekat mikropil. Dua dari tiga inti disebut sel sinergid. Sementara itu, inti yang ketiga disebut sel telur. Tiga buah inti lainnya (antipoda) bergerak ke arah kutub yang berlawanan dengan mikropil (kutub kalaza). Sisanya, dua inti yang disebut inti kutub, bersatu di tengah kandung lembaga dan terjadilah sebuah inti diploid ($2n$). Inti ini disebut inti kandung lembaga sekunder. Inti kandung lembaga yang telah masak, disebut megagametofit dan siap untuk dibuahi. Serbuk sari yang jatuh pada kepala putik yang sesuai, akan berkecambah atau memunculkan suatu saluran kecil (buluh serbuk sari).

Buluh serbuk sari semakin tumbuh memanjang di dalam tangkai putik (stilus). Selama perjalanan buluh menuju ovulum, inti serbuk sari membelah menjadi inti vegetatif dan inti generatif. Inti vegetatif berfungsi sebagai penunjuk arah inti generatif dan akan melebur sebelum sampai ke bakal biji (ovulum). Inti generatif membelah menjadi dua inti sperma yang akan menembus ovarium (bakal buah) dan

sampai ke ovulum (bakal biji). Di dalam ovulum, inti serbuk sari (inti sperma) bertemu dengan inti sel telur, sehingga terjadi peleburan antara kedua inti tersebut. Proses peleburan kedua inti ini, disebut pembuahan atau fertilisasi. Inti sperma yang satu akan membuahi inti sel telur membentuk zigot, sedangkan inti sperma lainnya membuahi inti kandung lembaga sekunder membentuk endosperma. Peristiwa pembuahan ini disebut pembuahan ganda.

Pada perkembangan selanjutnya, bakal biji akan tumbuh menjadi biji dan bakal buah akan menjadi buah yang membungkus biji (pada beberapa spesies tumbuhan). Jika biji ditumbuhkan di tempat yang sesuai, biji akan berkecambah dan akan membentuk tumbuhan yang baru. ke ovulum (bakal biji). Di dalam ovulum, inti serbuk sari (inti sperma) bertemu dengan inti sel telur, sehingga terjadi peleburan antara kedua inti tersebut. Proses peleburan kedua inti ini, disebut pembuahan atau fertilisasi. Inti sperma yang satu akan membuahi inti sel telur membentuk zigot, sedangkan inti sperma lainnya membuahi inti kandung lembaga sekunder membentuk endosperma. Peristiwa pembuahan ini disebut pembuahan ganda. Pada perkembangan selanjutnya, bakal biji akan tumbuh menjadi biji dan bakal buah akan menjadi buah yang membungkus biji (pada beberapa spesies tumbuhan). Jika biji ditumbuhkan di tempat yang sesuai, biji akan berkecambah dan akan membentuk tumbuhan yang baru. proses reproduksi pada tumbuhan biji tertutup dapat dilihat pada gambar 5.6.



Gambar 5.6. Diagram skematis proses reproduksi tumbuhan biji tertutup (Tortora&Derrickson, 2009; h. 753)

Reproduksi Pada Manusia

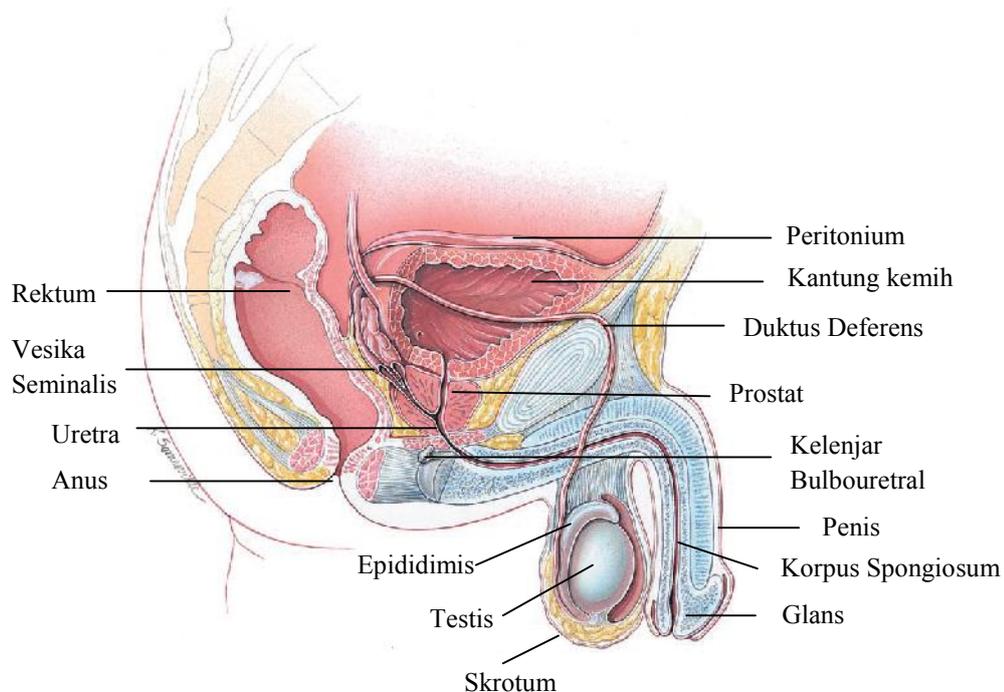
Individu pria dan wanita memiliki struktur anatomi organ reproduksi yang berbeda, yang diadaptasikan untuk menghasilkan gamet, memfasilitasi proses fertilisasi, dan khusus pada wanita berperan sebagai tempat pertumbuhan dan perkembangan janin. Organ reproduksi pria dan wanita dapat dikelompokkan berdasarkan fungsi. Gonad jantan atau testis dan gonad betina atau ovary, berperan menghasilkan gamet dan mensekresikan hormon seks. Saluran reproduksi berperan menyimpan dan mentransportasikan gamet, serta kelenjar aksesori berperan menghasilkan substansi tertentu yang melindungi dan membantu pergerakan gamet. Terakhir, struktur pendukung, seperti penis pada jantan membantu pengantaran sperma menuju saluran reproduksi betina, dan uterus pada betina sebagai tempat perkembangan janin selama masa kehamilan. Struktur sistem reproduksi pada pria dapat dilihat pada gambar 5.7

Organ-Organ Reproduksi Pria

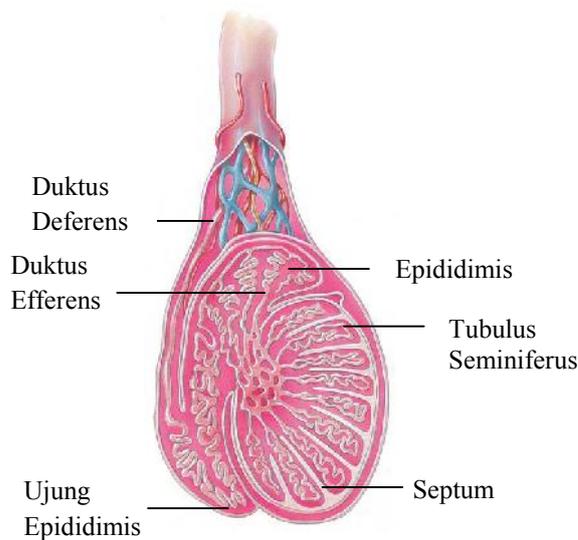
Organ reproduksi pria berfungsi untuk menghasilkan sel kelamin pria yakni sperma dan pengantaran sperma ke saluran kelamin wanita. Organ reproduksi pria terdiri dari testis, saluran reproduksi, kelenjar kelamin, penis, dan kantung skrotum.

Testis

Pria mempunyai testis (jamak = testes) berjumlah sepasang, terletak di sebelah kanan kiri tubuh dan terlindungi oleh kantung skrotum. Dalam sistem reproduksi, testis berfungsi sebagai penghasil sperma dan hormon kelamin. Pembentukan sperma ini terjadi pada dinding tubulus seminiferus. Struktur testis dapat dilihat pada gambar 5.8.



Gambar 5.7. Diagram skematis sistem reproduksi pada pria (Tortora&Derrickson, 2009; h. 1082)



Gambar 5.8. Diagram skematis struktur testis (Tortora&Derrickson, 2009; h. 1085)

Tubulus seminiferous mengandung dua jenis sel, yaitu sel-sel spermatogenik yang akan berkembang menjadi sperma dan sel-sel sertoli yang memiliki beberapa fungsi untuk mendukung spermatogenesis, seperti menghasilkan hormone testosteron. Selama proses pematangan sperma, sel-sel spermatogenik akan berkembang, dari spermatosit primer berkembang menjadi spermatosit sekunder, spermatid, dan akhirnya membentuk sperma yang menuju ke lumen tubulus seminiferous. Proses pembentukan sperma pada dinding tubulus seminiferous dapat dilihat pada gambar 5.9.

Saluran Reproduksi

Pada organ reproduksi pria terdapat berbagai macam saluran reproduksi, meliputi epididimis, vas deferens, saluran ejakulasi, dan uretra. Epididimis merupakan sebuah saluran yang berada dalam skrotum dan keluar dari kedua testis. Oleh karena itu, saluran ini jumlahnya sepasang. Epididimis memiliki struktur yang berkelak-kelok. Sementara, panjangnya mencapai 6 meter. Secara fungsional, epididymis berfungsi sebagai

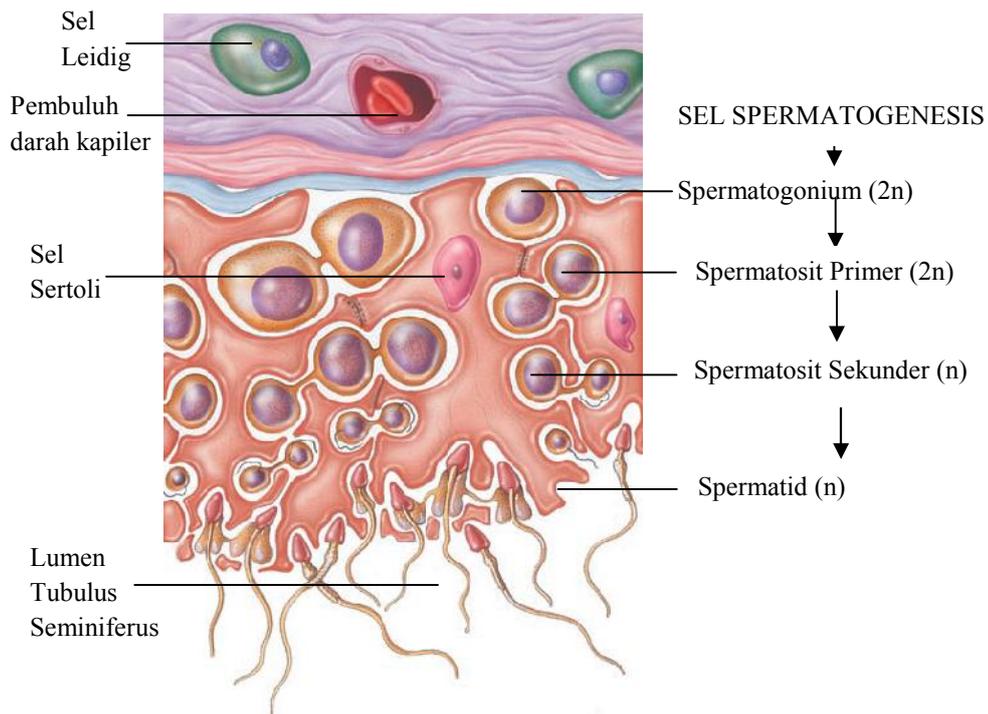
tempat pematangan sperma, yaitu proses dimana sperma memperoleh kemampuan untuk membuahi ovum. Proses ini berlangsung kurang lebih 14 hari. Epididymis juga membantu pergerakan sperma menuju vas deferens melalui gerakan peristaltik otot polos pada dinding epididymis. Apabila tidak diejakulasikan, sperma dapat berada pada epididymis selama beberapa bulan dan akan direabsorpsi.

Vas deferens memiliki panjang sekitar 45 cm, permukaan dalam dindingnya tersusun atas jaringan epitel silindris berlapis palsu dan pada dindingnya juga terdapat jaringan otot polos. Vas deferens berfungsi menyalurkan sperma dari epididymis menuju uretra melalui gerakan peristaltic. Vas deferens juga dapat menyimpan sperma selama beberapa bulan dan apabila tidak diejakulasikan akan direabsorpsi. Pada satu ujung, vas deferens menempel epididymis, sedangkan ujung lainnya berada dalam kelenjar prostat. Dari vas deferens, sel sperma bergerak menuju saluran ejakulasi.

Duktus ejakulasi memiliki panjang kurang lebih 2 cm dan dibentuk oleh penyatuan saluran dari vesika seminalis dan bagian ampula dari vas deferens. Setelah melewati saluran ejakulasi, sperma keluar tubuh melalui uretra. Uretra merupakan saluran reproduksi yang berada dalam penis. Uretra memiliki panjang sekitar 20 cm dan merupakan saluran akhir dari sistem reproduksi dan sistem urinaria, menyalurkan semen dan urin keluar dari tubuh.

Kelenjar Reproduksi

Sebelum dikeluarkan melewati uretra, sperma yang berada di dalam saluran reproduksi ditambah dengan



Gambar 5.9. Diagram skematis tahapan pembentukan sperma pada dinding tubulus seminiferus (Tortora&Derrickson, 2009; h. 1086)

berbagai sekresi getah kelamin oleh kelenjar kelamin. Fungsi getah kelamin adalah sebagai penyuplai bahan penting sehingga sperma tetap hidup. Selain itu, getah kelamin juga membantu pergerakan sel sperma di dalam saluran reproduksi. Ada beberapa kelenjar kelamin yang berperan dalam sekresi getah kelamin, meliputi vesikula seminalis, kelenjar prostat, dan kelenjar bulbouretralis (kelenjar Cowper).

Vesikula seminalis berjumlah sepasang dengan panjang sekitar 5 cm, terletak pada arah posterior dari kantung kemih dan bagian anterior dari rektum. Vesika seminalis mensekresikan cairan kental yang bersifat alkali, mengandung fruktosa, prostaglandin, dan sejumlah protein. Sekresi vesika seminalis menyumbang kurang lebih 60% dari total volume semen. Gula fruktosa yang

disekresikan tersebut menyediakan sumber energi bagi sperma.

Kelenjar prostat berjumlah satu dan terletak di bawah kantung kemih. Kelenjar prostat mengalami pertambahan ukuran yang lambat dari lahir sampai memasuki masa pubertas, dan mengalami pertambahan ukuran yang pesat pada usia 30 tahun dan ukurannya relatif stabil pada usia 45 tahun. Prostat mensekresikan cairan yang mirip susu, sedikit asam (pH 6,5) yang mengandung beberapa substansi, (i) asam sitrat, (ii) enzim proteolitik, (iii) asam posfatase, dan (iv) seminalplasmin yang merupakan senyawa anti bakteri. Sekresi prostat dilepaskan menuju uretra dengan melalui beberapa saluran. Sekresi prostat menyumbang sekitar 25% dari total volume semen yang berperan penting bagi pergerakan dan kemampuan hidup sperma.

Kelenjar bulbouretralis berjumlah sepasang terletak di sebelah bawah kelenjar prostat. Kelenjar bulbouretralis mensekresikan cairan yang bersifat alkali menuju lumen uretra. Cairan ini melindungi sperma dengan menetralkan kondisi asam dari urin yang melalui uretra. Kelenjar bulbouretralis juga mensekresikan mukus yang melumasi ujung penis dan permukaan dalam dinding uretra, serta mengurangi jumlah sperma yang rusak selama ejakulasi.

Semen adalah campuran dari sperma dan cairan seminal, yang terdiri dari produk sekresi tubulus seminiferous, vesika seminalis, kelenjar prostat, dan kelenjar bulbouretralis. Volume cairan pada saat ejakulasi sekitar 2,5-5 ml, dengan 50-150 juta sperma per ml. Jumlah sperma yang sangat banyak memberi kemungkinan fertilisasi dengan sel telur yang lebih besar. Semen memiliki pH sekitar 7,2-7,7. Sekresi kelenjar prostat mengakibatkan semen tampak seperti susu, dan sekresi dari kelenjar vesika seminalis dan kelenjar bulbouretralis mengakibatkan semen memiliki konsistensi yang kental.

Penis

Penis berfungsi sebagai organ senggama (kopulasi), sebagai sarana menghantarkan cairan sperma menuju organ reproduksi wanita. Secara struktural, penis tersusun atas dua jenis jaringan erektil, yaitu korpora kavernosa dan korpus spongiosum. Di dalam korpus spongiosum terdapat saluran reproduksi yakni *uretra*. Di bagian ujung penis terdapat bagian yang dinamakan kepala penis (*gland penis*). Kepala penis ini tertutup oleh lipatan kulit yang disebut preputium. Di dalam rongga penis terdapat jaringan erektil yang berisi banyak pembuluh darah dan saraf. Saat terjadi rangsangan seksual, rongga

tersebut akan penuh terisi darah. Akibatnya, terlihat penis mengembang dan menegang. Keadaan penis demikian dinamakan ereksi dan apabila rangsangan ini terus menerus terjadi, sperma akan keluar melalui uretra, keadaan ini disebut ejakulasi. Jumlah sperma yang dikeluarkan saat terjadi ejakulasi sekitar 2 hingga 5 mL semen, yang setiap mililiternya mengandung sekitar 50 sampai 130 juta sperma.

Kantung Skrotum

Skrotum memiliki bentuk seperti kantung yang berperan melindungi testis. Skrotum juga menjaga temperatur yang ideal bagi proses spermatogenesis. Testis ada dua buah, letaknya di kanan dan kiri, otot dartos merupakan otot polos yang menyusun sekat skrotum sehingga bisa mengendur dan mengerut. Selain itu, pada skrotum terdapat pula otot yang bertindak sebagai pengatur kondisi suhu testis agar stabil. Otot demikian dinamakan otot kremaster.

Organ-Organ Reproduksi Wanita

Organ reproduksi wanita terdiri atas ovarium, saluran reproduksi, uterus, dan vagina.

Ovarium

Ovarium berperan menghasilkan gamet, oosit sekunder yang dilepaskan menuju oviduk pada saat ovulasi akan berkembang menjadi ovum setelah mengalami fertilisasi. Ovarium juga berperan menghasilkan hormone, seperti progesterone dan estrogen. Folikel ovarium terletak pada bagian korteks dan terdiri dari oosit dengan tahap perkembangan yang berbeda-beda dan sekelompok sel yang mengelilinginya. Folikel ovarium yang telah

matang berukuran besar, berisi penuh dengan cairan, dan siap pecah untuk melepaskan oosit sekunder melalui proses ovulasi. Sel-sel folikel yang masing-masing tertinggal pada ovarium setelah ovulasi akan membentuk korpus luteum atau badan kuning, yang akan menghasilkan hormon progesterone, estrogen, relaksin, dan inhibin, sampai mengalami degenerasi membentuk korpus albicans atau badan putih.

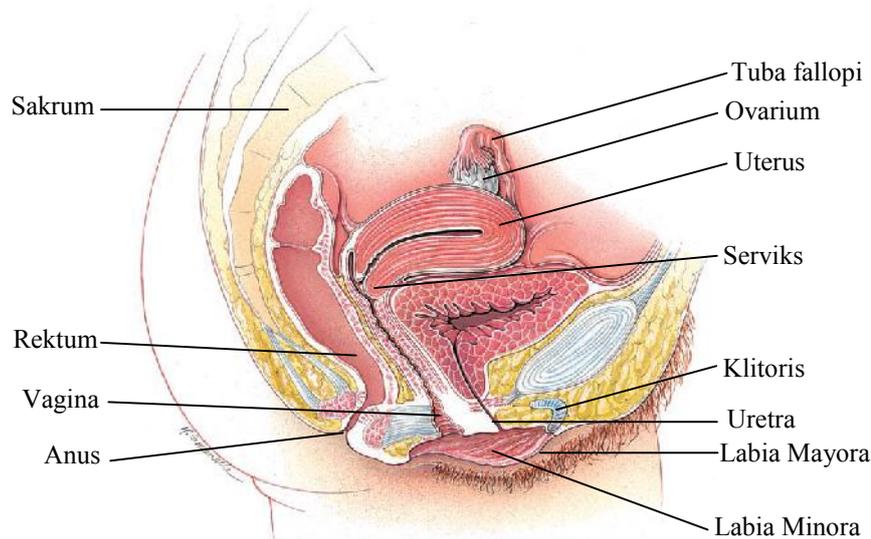
Tuba Fallopi

Wanita memiliki dua tuba fallopi atau oviduk, yang memanjang secara lateral dari uterus. Oviduk memiliki panjang sekitar 10 cm, menyediakan jalan bagi sperma pada saat fertilisasi. Bagian ujung oviduk yang melebar disebut infundibulum membuka ke arah rongga pelvis. Pada ujung infundibulum terdapat juluran-juluran menyerupai jari yang disebut fimbriae. Ampulla merupakan bagian oviduk yang paling lebar dan panjang dan istmus dari oviduk berukuran pendek dan sempit.

Fertilisasi umumnya berlangsung pada bagian ampulla dari tuba fallopi. Fertilisasi dapat berlangsung kapanpun dengan rentang waktu 24 jam setelah ovulasi. Beberapa jam setelah fertilisasi, materi inti dari sperma dan ovum akan menyatu dan membentuk satu sel tunggal yang disebut zigot. Zigot akan mengalami serangkaian pembelahan mitosis dan bergerak menuju rahim. Zigot membutuhkan waktu 6 sampai 7 hari untuk sampai di uterus.

Rahim

Rahim berperan sebagai jalur bagi sperma untuk menuju oviduk, uterus juga merupakan tempat implantasi zigot setelah fertilisasi dan tempat perkembangan janin selama kehamilan. Uterus terbagi atas tiga bagian, yaitu (i) fundus yang berbatasan dengan oviduk, (ii) body atau badan, bagian uterus yang paling lebar, dan (iii) serviks, bagian bawah Rahim yang lebih sempit dan berbatasan langsung dengan vagina.



Gambar 5.10. Diagram skematis sistem reproduksi pada wanita (Tortora&Derrickson, 2009; h. 1096)

Uterus mempunyai beberapa lapisan penyusun, yakni lapisan terluar (perimetrium), lapisan tengah yang berotot (miometrium), dan selaput rahim/lapisan terdalam (endometrium). Lapisan endometrium mengandung banyak pembuluh darah dan lendir. Saat terjadi ovulasi, lapisan endometrium mengalami penebalan. Namun, apabila sel telur tidak dibuahi oleh sel sperma (tidak terjadi fertilisasi), lapisan endometrium segera mengalami peluruhan. Proses peluruhan lapisan ini diikuti pendarahan dan kita biasa menyebutnya dengan siklus menstruasi.

Vagina

Vagina merupakan saluran dengan dinding dalam berlipat-lipat dan memanjang dari leher rahim ke arah vulva. Panjang saluran ini sekitar 7-10 cm. Bagian luar vagina berupa selaput yang menghasilkan lendir. Lendir ini dihasilkan oleh kelenjar Bartholini. Bagi wanita, vagina berfungsi sebagai saluran kelahiran yang dilalui bayi saat lahir. Selain itu, vagina juga berfungsi sebagai organ kopulasi. Pada liang vagina, terdapat lipatan membran mukosa yang kaya pembuluh darah, disebut selaput hymen. Vulva merupakan bagian paling luar organ kelamin wanita yang bentuknya berupa celah. Pada bagian atas dan terluar vulva terdapat bagian yang tersusun atas jaringan lemak, bagian ini dinamakan mons pubis. Mons pubis, tersusun atas jaringan adipose yang ditutupi kulit dan rambut. Dari mons pubis, dua lipatan longitudinal kulit membentuk labia mayora yang ditutupi rambut. Labia mayora mengandung banyak jaringan adipose, kelenjar sebaceous, dan kelenjar keringat apokrin, serta bersifat homolog dengan skrotum. Ke

arah medial dari labia mayora terdapat dua lipatan kecil kulit yang disebut labia minora. Labia minora tidak ditumbuhi rambut, memiliki beberapa kelenjar sudoriferous, tetapi tidak memiliki kelenjar sebaceous. Di dalam labia mayora ada sebuah tonjolan kecil yang mengandung banyak ujung-ujung saraf sehingga sangat sensitive. Tonjolan tersebut dinamakan klitoris. Klitoris adalah massa berbentuk silindris dan berukuran kecil terdiri atas dua badan erektil kecil, yaitu korpora kavernosa dan beberapa serabut saraf dan pembuluh darah.

Rangkuman

Reproduksi merupakan kemampuan suatu makhluk hidup, baik yang uniseluler maupun yang multiseluler untuk menghasilkan keturunan. Reproduksi pada tingkat seluler, terdiri atas reproduksi pada organisme uniseluler seperti organisme prokariotik yaitu bakteri, (ii) pembelahan sel atau siklus sel pada organisme eukariotik yang melibatkan pembelahan inti atau yang dikenal dengan istilah mitosis dan sitokinesis, dan (iii) pembelahan meiosis pada proses pembentukan gamet. Bakteri termasuk organisme uniseluler, yang bereproduksi dengan cara pembelahan biner. Pada organisme tingkat tinggi, proses pertumbuhan atau regenerasi bagian-bagian tubuh yang rusak dilakukan melalui pembelahan sel atau siklus sel. Tahapan pembelahan sel terdiri atas fase interfase dan fase mitosis. Fase pembelahan mitosis terbagi menjadi dua fase, yaitu fase pembelahan inti (kariokinesis) dan fase pembelahan sitoplasma (sitokinesis). Fase pembelahan inti sel terdiri atas tahapan profase, metafase, anafase, dan telofase. Pembelahan meiosis terjadi pada proses pembentukan sel gamet (sel kelamin), berlangsung pada bakal sel kelamin yang terdapat pada organ reproduksi (testis atau

ovarium). Meiosis terjadi dua kali pembelahan, yaitu meiosis I dan meiosis II. Masing-masing pembelahan meiosis terdiri dari tahap-tahap yang sama, yaitu profase, metafase, anafase, dan telofase. Reproduksi seksual pada tumbuhan biji tertutup dimulai dengan penyerbukan atau polinasi dan dilanjutkan dengan proses pembuahan ganda. Pada manusia proses reproduksi dimungkinkan dengan organ-organ yang berperan untuk menghasilkan gamet, memfasilitasi proses fertilisasi, dan khusus pada wanita berperan sebagai tempat pertumbuhan dan perkembangan janin. Organ reproduksi pria terdiri dari testis, epididymis, vas deferens, uretra, vesika seminalis, kelenjar prostat, kelenjar bouburetralis, penis, dan kantung skrotum. Organ reproduksi pada wanita terdiri atas ovarium, oviduk, uterus, dan vagina.

Soal-Soal Latihan

1. Jelaskan tahapan reproduksi organisme prokariotik/ bakteri!
2. Jelaskan tahapan siklus sel pada sel eukariotik!
3. Tuliskan tiga perbedaan antara pembelahan sel secara mitosis dengan meiosis!
4. Tuliskan dua perbedaan antara reproduksi seksual dengan aseksual!
5. Jelaskan masing-masing dua organ yang menyusun sistem reproduksi pada pria dan wanita!
6. Jelaskan perbedaan antara antara spermatogenesis dengan oogenesis!
7. Jelaskan proses reproduksi pada tumbuhan berbiji!

Daftar Pustaka

- Alton, Biggs et.al. 2008. *Glencoe Biology. Glencoe Science Biology*. New York: Mc. Graw
- Campbell, Reece-Mitchell. 2002. *Biologi*. Terjemahan oleh Manalu, Wasmen dkk. Edisi Kelima Jilid 1 dan 2. Jakarta: Erlangga
- Cecie Starr, Cristine A. Evers, and Lisa Starr. 2011. *Biology Concept and Applications*. New York: Cengage Learning.
- Kimball, J.W. 1989. *Biologi*. Edisi Kelima Jilid 1. Jakarta: Erlangga
- Sumardi, I dan Agus, P. 1993. *Struktur dan Perkembangan Tumbuhan*. Yogyakarta: UGM
- Weis, P.B. 1989. *Element of Biology*. New York: Mc. Grown-Hill
- Tortora, J, Gerard dan Derrickson, Bryan. 2009. *Principles Of Anatomy And Physiology*. United States of America. John Wiley & Sons, Inc.