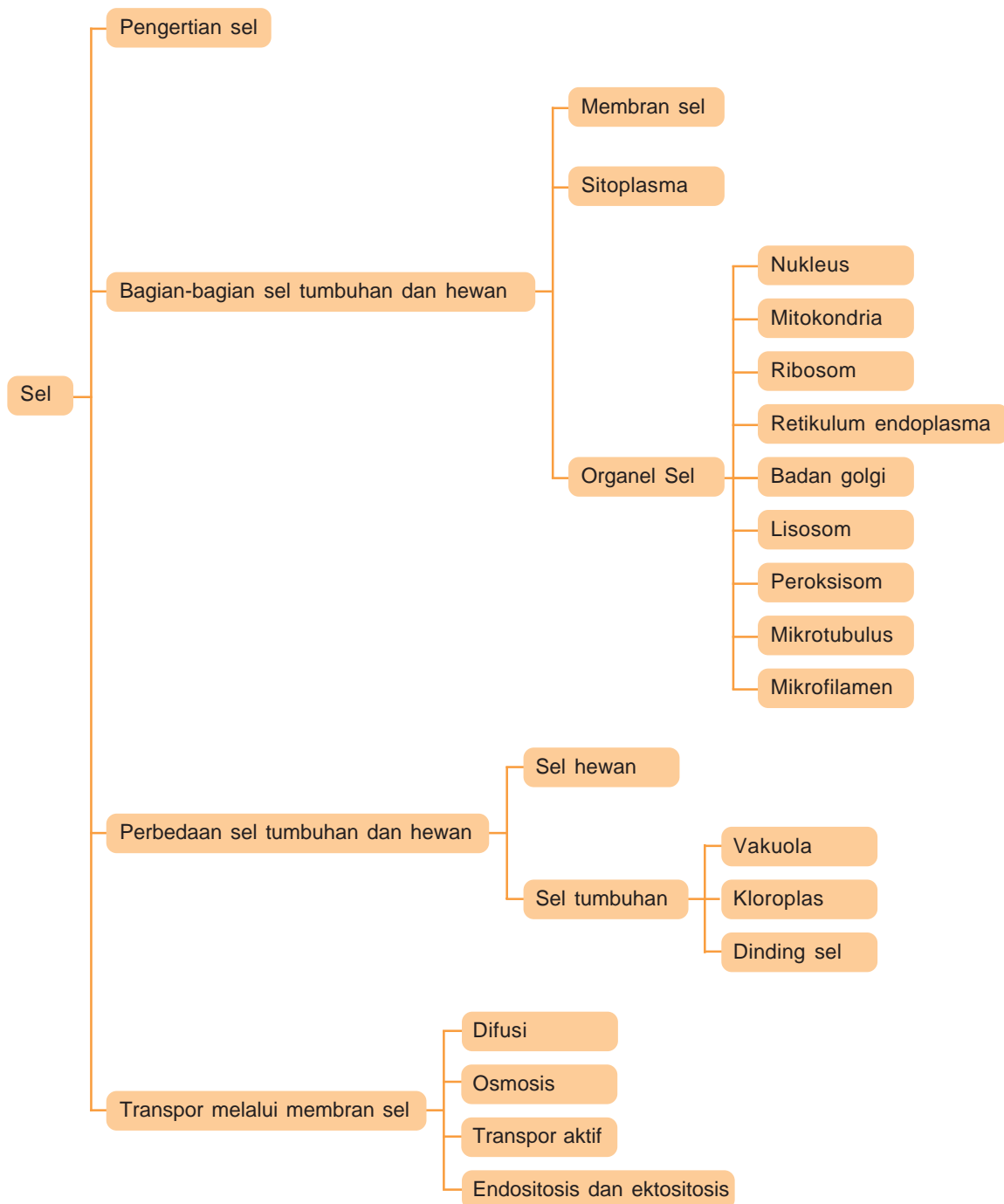


## Peta Konsep





Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 1.1**  
Paramecium

Masih ingatkah kamu apa yang dimaksud dengan sel? Sel merupakan unit terkecil organisme yang dapat melaksanakan fungsi hidup sendiri dan berreplikasi atau memperbanyak diri. Sel merupakan penyusun tubuh organisme. Berdasarkan jumlah sel yang dimiliki makhluk hidup, organisme dibedakan menjadi dua tingkatan, yaitu organisme unisel dan organisme multisel.

Pada organisme unisel, tubuhnya terdiri atas satu sel sehingga seluruh kegiatan hidupnya dilaksanakan oleh sel itu sendiri. Contohnya, *Amoeba*, *Paramecium* dan *Bakteri*. Pada organisme multisel, tubuhnya tersusun atas banyak sel yang memiliki fungsi masing-masing. Setelah mempelajari bab ini, kamu akan mengetahui struktur dan fungsi sel sebagai unit terkecil kehidupan, mari ikuti pembahasan berikut ini.

## A

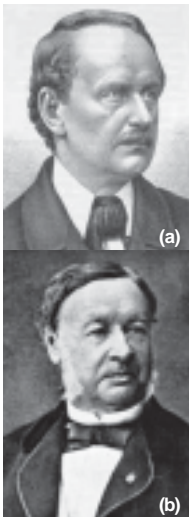
### Pengertian Sel

Istilah sel pertama kali dipakai oleh **Robert Hooke**, kira-kira 300 tahun yang lalu, untuk ruang-ruang kecil seperti kotak yang dilihatnya pada waktu ia mengamati gabus dan bahan tumbuhan lain di bawah mikroskop. Kemudian, tahun 1839, fisiologiwan **Purkinje** memperkenalkan istilah protoplasma bagi zat hidup dari sel. Istilah protoplasma Purkinje tidak memberi pengertian kimiawi dan fisik yang jelas, tetapi dapat dipakai untuk menyebut semua zat yang terorganisasi dalam sel.

Dalam tahun yang sama, 1839, seorang botaniwan **Matthias Schleiden** dan zoologiwan **Theodor Schwann** dari Jerman, membuktikan bahwa sel hidup berisi cairan sitoplasma untuk segala aktivitas dasar makhluk hidup. Pembuktian ini berkembang menjadi teori sel yang menyatakan bahwa semua tubuh hewan dan tumbuhan terdiri atas sel-sel, yaitu unit dasar dari kehidupan.

Ada beberapa makhluk hidup yang tubuhnya hanya terdiri atas satu sel. Meskipun hanya terdiri atas satu sel, makhluk hidup tersebut dapat melakukan semua fungsi kehidupan. Organisme ini juga mempunyai ciri-ciri sebagai makhluk hidup, misalnya makan, tumbuh, dan respons terhadap rangsangan. Selain makhluk hidup bersel satu, terdapat banyak makhluk hidup lainnya yang tubuhnya terdiri atas banyak sel. Masing-masing selnya mempunyai bentuk dan fungsi yang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan bahwa sel merupakan unit dasar struktural dan fungsional dari kehidupan.

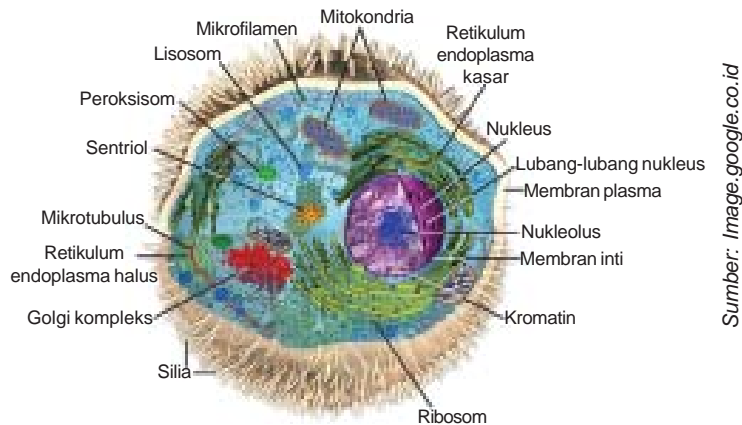
Sel terdiri atas tiga bagian utama, yaitu selaput plasma atau membran sel, sitoplasma, dan organel-organel sel. Antar bagian-bagian sel tersebut terdapat koordinasi sehingga keseluruhannya secara bersama-sama menyusun sistem yang kompak.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 1.2**  
(a) Matthias Schleiden  
(b) Theodor Schwann

Pada tubuh makhluk hidup yang terdiri atas banyak sel, sel-sel yang memiliki bentuk sama berkelompok untuk melakukan satu fungsi tertentu, disebut *jaringan*. Satu kelompok jaringan dapat digabungkan menjadi satu organ. Organ-organ ini bergabung membentuk sistem organ, misalnya sistem pencernaan dan sistem saraf. Sistem organ bekerja sama membentuk individu.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 1.3**  
Struktur sel secara garis besar

Sel tumbuhan dan sel hewan memiliki persamaan dan perbedaan struktur sel dan fungsinya. Persamaan sel tumbuhan dan sel hewan adalah kedua sel memiliki bagian-bagian sel, seperti membran sel, sitoplasma, nukleus, mitokondria, ribosom, retikulum endoplasma (RE), aparatus golgi, lisosom, dan peroksisom. Untuk mengetahui struktur dan fungsi bagian-bagian sel tersebut, mari cermati uraian berikut ini.

## B

### Bagian-Bagian Sel Tumbuhan dan Sel Hewan

#### 1. Membran Sel

Permukaan luar setiap sel dibatasi oleh selaput halus dan elastis yang disebut *membran sel*. Membran ini sangat penting dalam pengaturan isi sel, karena semua bahan yang keluar atau masuk harus melalui membran ini. Hal ini berarti, membran sel mencegah masuknya zat-zat tertentu dan memudahkan masuknya zat-zat yang lain. Selain membatasi sel, membran plasma juga membatasi berbagai organel-organel dalam sel, seperti vakuola, mitokondria, dan kloroplas.

Membran plasma bersifat diferensial permeabel, mempunyai pori-pori ultramikroskopik yang dilalui zat-zat tertentu. Ukuran pori-pori ini menentukan besar maksimal molekul yang dapat melalui membran. Selain besar molekul, faktor lain yang mempengaruhi masuknya suatu zat ke dalam sel adalah muatan listrik, jumlah molekul air, dan daya larut partikel dalam air.

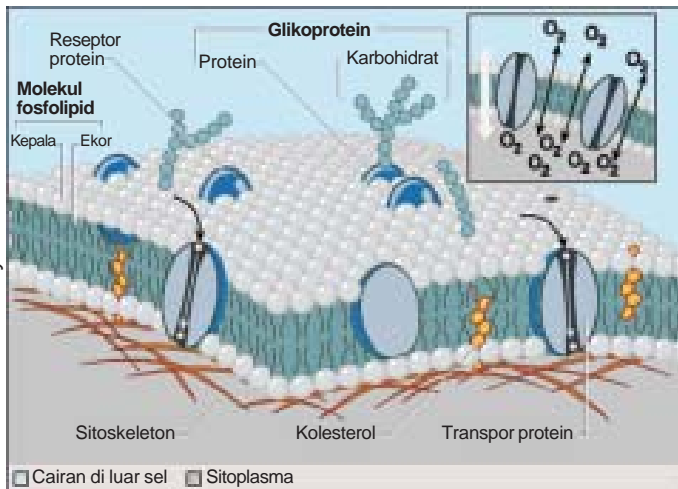


Diskusikan dengan teman sebangkumu. Apa fungsi membran sel, selain sebagai pembatas sel dengan lingkungan luarnya?

Membran sel terdiri atas dua lapis molekul fosfolipid (lemak yang bersenyawa dengan fosfat). Bagian ekor dengan asam lemak yang bersifat hidrofobik (nonpolar), kedua lapis molekul tersebut saling berorientasi ke dalam. Sedangkan, bagian kepala bersifat hidrofilik (polar) mengarah ke lingkungan yang berair. Selain fosfolipid terdapat juga glikolipid (lemak yang bersenyawa dengan karbohidrat) dan sterol (lemak alkohol terutama kolesterol). Sedangkan, komponen protein terletak pada membran dengan posisi yang berbeda-beda. Beberapa protein terletak perifer, sedangkan yang lain tertanam integral dalam lapis ganda fosfolipid. Beberapa protein

membran adalah enzim, sedangkan yang lain adalah reseptor bagi hormon atau senyawa tertentu lainnya.

Komposisi lipid dan protein penyusun membran bervariasi, tergantung pada jenis dan fungsi membran itu sendiri. Namun, membran mempunyai ciri-ciri yang sama, yaitu bersifat *permeable selektif* terhadap molekul-molekul. Sehingga, membran sel dapat mempertahankan bentuk dan ukuran sel.



Sumber: Encarta Library 2005

**Gambar 1.4**  
Membran sel

## 2. Sitoplasma

Sitoplasma merupakan material yang di dalamnya terdapat organel-organel sel. Sebagian besar bahan sitoplasma adalah air. Di dalam sitoplasma terlarut molekul-molekul kecil seperti garam, gula, asam amino, asam lemak, nukleotida, vitamin, dan gas-gas tertentu, serta ion dan sejumlah besar protein. Bahan cair sitoplasma ini, disebut *sitosol*. Sejumlah enzim yang diperlukan untuk metabolisme sel juga terdapat di sitoplasma.

Selain berfungsi sebagai tempat penyimpanan bahan kimia yang vital, bahan dasar ini juga merupakan tempat lintasan metabolisme tertentu, misalnya *glikolisis*. Fungsi sitoplasma lainnya adalah sebagai tempat pergerakan organel-organel dalam aliran sitoplasma.

## 3. Organel Sel

Organel atau organ kecil merupakan bagian isi sel di dalam sitoplasma. Organel memiliki bentuk seperti kantong-kantong yang berselaput dengan fungsi yang khas. Beberapa organel ada dalam sitoplasma, antara lain:



### a. Nukleus

Nukleus merupakan organel terbesar dalam sel, terdapat di semua sel eukariotik, kecuali sel-sel pembuluh floem dewasa dan sel darah merah mamalia dewasa. Bentuk inti umumnya bulat hingga lonjong dengan garis tengah  $\pm 10 \mu\text{m}$  (mikro meter) dan panjangnya  $\pm 20 \mu\text{m}$ . Umumnya tiap sel hanya memiliki satu inti, tetapi ada juga organisme yang memiliki inti lebih dari satu. Contohnya, *Paramecium* yang memiliki dua inti, yaitu mikronukleus dan makronukleus.

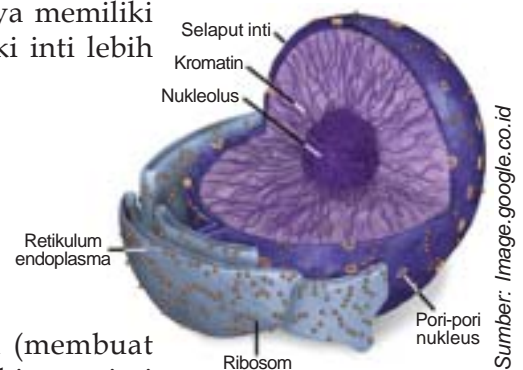
Nukleus memiliki peranan yang sangat penting bagi kehidupan sel, karena berfungsi mengendalikan seluruh kegiatan sel. Hal ini disebabkan karena inti sel mengandung informasi genetika dalam bentuk DNA (*deoxyribonucleic acid*). DNA mampu mereplikasi (membuat tiruan diri) yang diikuti oleh pembelahan inti. Sehingga, inti duplikasinya mengandung DNA yang sama seperti induknya. Nukleus terbungkus oleh selaput inti dan mengandung kromatin, satu atau dua nukleolus, dan nukleoplasma.

Selaput inti terdiri atas dua lapis membran. Selaput luar berhubungan langsung dengan retikulum endoplasma (lihat Gambar 1.5), retikulum endoplasma tertutup oleh ribosom dan terlibat dalam sintesis protein. Pada selaput inti terdapat pori-pori yang memungkinkan pertukaran zat-zat antara nukleus dan sitoplasma, misalnya keluarnya RNA (*ribonucleic acid*), masuknya protein ribosom, nukleotida, dan molekul yang mengatur kegiatan DNA.

Di dalam inti terdapat nukleoplasma atau getah inti yang berbentuk gel. Nukleoplasma mengandung berbagai substansi kimia, seperti ion-ion, protein, enzim, dan nukleotid. Kromatin tersusun atas untaian DNA yang terikat pada protein dasar.

Kromatin berarti materi berwarna, karena sifatnya yang mudah menyerap warna agar bisa dilihat di bawah mikroskop. Pada proses pembelahan sel, kromatin menyerap zat pewarna secara intensif sehingga lebih mudah dilihat. Benang kromatin mengerut (memendek) menyerupai benang terpilin yang disebut *kromosom*.

Nukleolus memiliki bentuk bulat, terdapat di dalam nukleoplasma yang berfungsi dalam pembuatan RNA. Selain itu, nukleolus mengandung banyak DNA yang bertindak sebagai organisator nukleus dan mengandung salinan gen-gen yang memberi kode RNA ribosom. Nukleolus akan melarut dan tidak tampak lagi dalam profase (tingkat awal dalam proses pembelahan sel) dan akan dibuat lagi oleh organisator pada akhir pembelahan sel (telofase).



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 1.5**  
Nukleus

## b. Mitokondria

Mitokondria adalah benda-benda bulat atau berbentuk batang yang ukurannya berkisar antara 0,2  $\mu\text{m}$  sampai 5  $\mu\text{m}$ . Jumlahnya berkisar dari hanya beberapa buah sampai lebih dari 1000 buah per sel. Sel-sel yang aktif atau yang memerlukan energi lebih besar memiliki mitokondria yang lebih banyak, misalnya sel hati yang mengandung lebih dari 1000 mitokondria.

Setiap mitokondria dibungkus oleh suatu membran ganda. Membran dalam maupun membran luar terdiri atas suatu lapisan ganda molekul fosfolipid. Membran luar bersifat licin, sedangkan membran dalam melipat berulang-ulang menjadi lipatan-lipatan yang masuk ke dalam ruang mitokondria sehingga membran dalam menjadi luas. Lipatan dalam ini, disebut *krista*.

Di dalam krista terdapat enzim untuk sistem *transmisi elektron* yang sangat penting dalam mengubah energi potensial dari bahan makanan menjadi energi potensial yang disimpan di dalam ATP. Energi ATP ini digunakan oleh sel untuk melakukan berbagai kegiatan. Oleh karena itu, mitokondria cenderung berkumpul di daerah sel yang paling aktif, misalnya sel saraf dan sel otot. Kedua jenis sel tersebut mengandung banyak mitokondria, karena paling aktif terlibat dalam transmisi impuls listrik, kontraksi, dan sekresi.



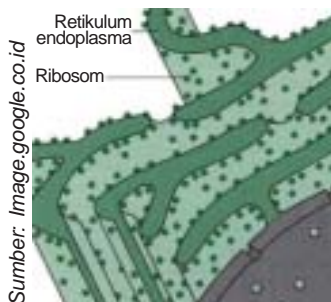
Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 1.6**  
Mitokondria

## c. Ribosom

Ribosom merupakan struktur yang paling kecil dengan garis tengah lebih kurang 20 nm, berbentuk bulat, dan tersuspensi dalam sitoplasma. Ribosom mengandung RNA dan protein dengan perbandingan yang sama.

Ribosom berfungsi sebagai tempat pembuatan protein. Ribosom dapat terikat pada membran retikulum endoplasma atau terdapat bebas dalam matriks sitoplasma. Umumnya, ribosom yang menempel pada RE berfungsi mensintesis protein untuk dibawa keluar sel melalui RE dan golgi kompleks. Sedangkan, ribosom yang terdapat dalam sitoplasma, mensintesis protein untuk keperluan dalam sel. Dalam sel terdapat kelompok yang terdiri atas lima atau enam ribosom yang disebut *polisom* yang merupakan unit fungsional yang efektif dalam sintesis protein.



Sumber: Image.google.co.id

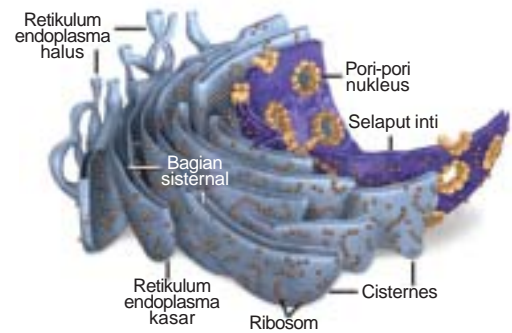
**Gambar 1.7**  
Ribosom

## d. Retikulum endoplasma (RE)

Retikulum endoplasma merupakan sistem membran yang sangat luas di dalam sel. Retikulum endoplasma di bawah mikroskop elektron, tampak seperti rongga atau tabung pipih yang saling berhubungan dan menutupi sebagian besar

sitoplasma. Membran-membran ini mempunyai struktur lipid protein yang sama dengan membran lain dalam sel tersebut. Setiap membran pada retikulum endoplasma memiliki satu permukaan yang menghadap sitosol dan yang lain menghadap bagian dalam rongga tersebut.

Retikulum endoplasma (RE) dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu retikulum endoplasma kasar (RE granular) yang banyak mengikat ribosom dan retikulum endoplasma halus (RE agranular) yang hanya terdiri atas membran saja. Kedua macam Retikulum endoplasma ini, dapat ditemukan di dalam satu sel yang sama. RE agranular mempunyai peranan dalam proses sekresi sel dan sintesis lemak, fosfolipid dan steroid. Sedangkan, RE granular berfungsi sebagai tempat sintesis protein. Di samping itu, retikulum endoplasma juga berfungsi sebagai sistem transpor substrat dan hasil-hasil dari sitoplasma ke luar sel dan ke nukleus.



Sumber: Image.google.co.id

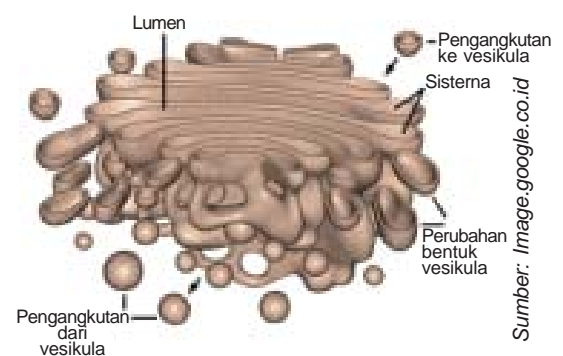
**Gambar 1.8**  
Retikulum endoplasma (RE)

#### e. Badan golgi

Badan golgi terdapat di dalam semua sel, kecuali sperma dewasa dan sel darah merah. Badan golgi terdiri atas anyaman saluran yang tidak teratur yang tampak seperti susunan membran yang sejajar tanpa granula. Bagian-bagian tertentu saluran ini dapat membesar membentuk suatu kantung atau vesikula yang berisi zat.

Badan golgi amat penting dalam sel-sel yang secara aktif terlibat dalam sekresi. Badan golgi digunakan sebagai tempat penimbunan sementara protein dan zat-zat lain yang dibuat dalam retikulum endoplasma. Zat-zat ini dalam badan golgi dibungkus kembali dalam kantung-kantung besar (vesikula). kemudian vesikula tersebut bergerak ke permukaan sel (membran plasma), lalu membran vesikula membuka dan mengeluarkan isinya ke luar sel.

Badan golgi juga merupakan tempat sintesis polisakarida, misalnya pada mukus. Selulosa yang disekresikan oleh sel tumbuhan untuk membentuk dinding sel, disintesis pada badan golgi.



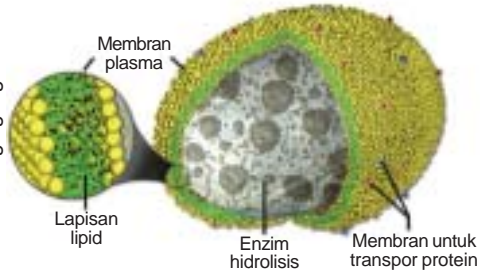
Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 1.9**  
Badan golgi

#### f. Lisosom

Lisosom adalah struktur yang agak bulat dan dibatasi oleh membran tunggal. Diameternya sekitar 1,5  $\mu\text{m}$ . Lisosom dihasilkan oleh badan golgi yang penuh dengan protein.

Sumber: Image.google.co.id



**Gambar 1.10**  
Lisosom



Kegagalan lisosom menjalankan fungsinya menyebabkan penyakit seperti silikosis dan rematik. Bagaimana prosesnya? Diskusikan dengan teman sekelompokmu.

Lisosom mengandung berbagai macam enzim yang mampu melakukan hidrolisis makromolekul-makromolekul, seperti polisakarida, lipid, fosfolipid, asam nukleat, dan protein di dalam sel. Enzim-enzim hidrolitik ini terkurung di dalam lisosom sehingga menghalangi mencerna komponen-komponen dalam sel. Jika enzim-enzim hidrolitik ini merembes keluar dari lisosom, maka isi sel dapat terhidrolisis. Oleh karena itu, lisosom dinamakan kantung pembunuh diri.

Apabila bahan di dalam sel harus dicerna, mula-mula bahan tersebut digabungkan dengan lisosom, kemudian dihidrolisis. Bahan-bahan tersebut adalah struktur subseluler lain, misalnya mitokondria yang telah berhenti berfungsi, partikel-partikel makanan, atau bakteri yang merugikan.

Lisosom juga berperan penting untuk menghancurkan sel-sel yang tidak berfungsi lagi. Bila sel luka atau mati, lisosomnya membantu dalam menghancurkannya. Misalnya, ekor kecebong yang secara bertahap dihancurkan oleh lisosom.

#### g. Peroksisom

Peroksisom besarnya hampir sama dengan lisosom (0,3 - 15  $\mu\text{m}$ ), dan dibatasi oleh membran tunggal. Peroksisom dihasilkan oleh retikulum endoplasma. Peroksisom juga penuh berisi enzim dan yang paling khas adalah katalase. Enzim ini mengkatalis perombakan hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), yaitu produk yang berpotensi membahayakan metabolisme sel.

Peroksisom juga berperan dalam perubahan lemak menjadi karbohidrat, dan dalam perubahan purin dalam sel. Pada hewan, peroksisom terdapat pada sel-sel hati dan ginjal. Sedangkan, pada tumbuhan, terdapat pada berbagai tipe sel. Peroksisom sel-sel tumbuhan sering mengandung bahan-bahan yang terkristalisasi.

#### h. Mikrotubulus

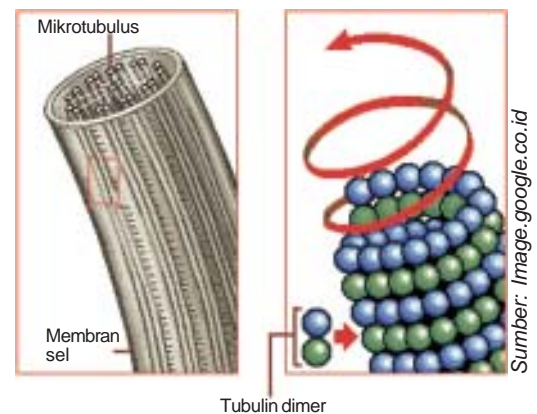
Mikrotubulus adalah silinder protein yang terdapat pada sebagian besar sel hewan dan tumbuhan. Diameter luarnya kira-kira 25 nm dan diameter lumennya sekitar 15 nm. Protein yang membentuk mikrotubulin disebut tubulin. Ada dua macam tubulin, yaitu  $\alpha$  tubulin dan  $\beta$  tubulin. Kedua tubulin ini memiliki susunan asam amino yang berbeda. Dua molekul ( $\alpha$  tubulin dan  $\beta$  tubulin) bergabung membentuk dimer. Dimer adalah blok bangunan yang membentuk mikrotubulus. Dimer membentuk dinding silinder dalam bentuk heliks (lihat Gambar 1.11). Mikrotubulus bersifat kaku sehingga penting dalam mempertahankan atau mengontrol bentuk sel.



Mikrotubulus berperan dalam pembelahan sel, karena setiap kromosom bergerak ke kutub pembelahan yang terikat pada gelendong mitotik yang dibentuk oleh mikrotubul. Selain itu, mikrotubul berguna sebagai saluran bagi arus zat sitoplasma di dalam sel dan merupakan komponen struktural yang penting dari silia dan flagela.

#### i. Mikrofilamen

Mikrofilamen adalah serat tipis panjang berdiameter 5 - 6 nm, terdiri atas protein yang disebut *aktin*. Banyak mikrofilamen membentuk kumpulan atau jaringan pada berbagai tempat dalam sel, misalnya terbentuknya mikrofilamen yang memisahkan kedua sel anak yang akan membelah. Selain itu, mikrofilamen berperan dalam gerakan atau aliran sitoplasma. Mikrofilamen juga merupakan ciri-ciri yang penting dalam sel yang berubah-ubah bentuknya.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 1.11**  
Mikrotubulus

Sel hewan dan sel tumbuhan memiliki bagian-bagian sel, seperti yang telah dijelaskan di atas. Selain memiliki persamaan, sel hewan dan sel tumbuhan memiliki perbedaan-perbedaan, di antaranya adalah pada sel hewan terdapat sentriol, sedangkan pada sel tumbuhan tidak terdapat organel tersebut. Tetapi, sel tumbuhan memiliki vakuola, kloroplas, dan dinding sel yang tidak dimiliki sel hewan.

**C**

### Perbedaan antara Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

#### 1. Sel Hewan

Ciri khas sel hewan adalah memiliki sentriol. Sel hewan mengandung dua sentriol yang terdapat dalam sitoplasma di dekat permukaan sebelah luar nukleusnya. Setiap sentriol terdiri atas sebaris silinder sebanyak sembilan mikrotubul, setiap mikrotubul memiliki dua bagian yang terikat padanya. Kedua sentriol biasanya berhadapan dengan sudut tegak lurus.

Sebelum sel membagi diri, sentriolnya melakukan duplikasi dan satu pasang berpindah ke sisi berlawanan pada nukleus, kemudian gelendong pembelahan terbentuk di antaranya. Pada beberapa sel, sentriol berduplikasi membentuk benda basal silia dan flagelata.

## 2. Sel Tumbuhan

Sel tumbuhan memiliki struktur yang tidak dimiliki oleh sel hewan, di antaranya adalah adanya vakuola, kloroplas, dan dinding sel.

### a. Vakuola

Vakuola adalah organel sitoplasma yang berisi cairan, dibatasi oleh membran yang identik dengan membran plasma. Vakuola sering terbentuk karena pelipatan membran sel ke arah dalam. Bahan atau buangan dapat ditemukan di dalam vakuola.

Sel tumbuhan berisi banyak vakuola kecil-kecil, tetapi dengan matangnya sel, terbentuklah vakuola tengah yang besar. Molekul makanan yang terlarut, bahan buangan, dan pigmen sering terdapat di dalamnya.

Vakuola memiliki beberapa fungsi, antara lain:

- 1) Memasukkan air melalui tonoplas yang bersifat diferensial permeabel untuk membangun turgor sel.
- 2) Vakuola ada yang berisi pigmen dalam bentuk larutan, seperti antosian, termasuk antosianin yang berwarna merah, biru, dan lembayung, juga warna gading dan kuning. Antosian dapat memberi warna pada bunga, buah, pucuk, dan daun. Hal ini, berguna untuk menarik serangga, burung, dan hewan lain yang berjasa bagi penyerbukan atau persebaran biji.
- 3) Vakuola tumbuhan, kadang-kadang mengandung enzim hidrolitik yang dapat bertindak sebagai lisosom waktu hidup. Setelah sel mati, tonoplas kehilangan sifat diferensial permeabelnya sehingga enzim-enzimnya lolos keluar menyebabkan autolisis (penghancuran diri).
- 4) Menjadi tempat timbunan sisa-sisa metabolisme, seperti kristal kalsium oksalat dan beberapa alkaloid, seperti tanin. Lateks (getah) dapat berkumpul dalam vakuola dalam bentuk emulsi. Sel khusus yang berfungsi seperti ini disebut *latisifer*, misalnya pada *Hevea brasiliensi* dan *Cannabis sativa*.
- 5) Menjadi tempat penyimpanan zat makanan terlarut yang sewaktu-waktu dapat digunakan oleh sitoplasma. Misalnya, sukrosa dan garam mineral.

Sumber: Image.google.co.id



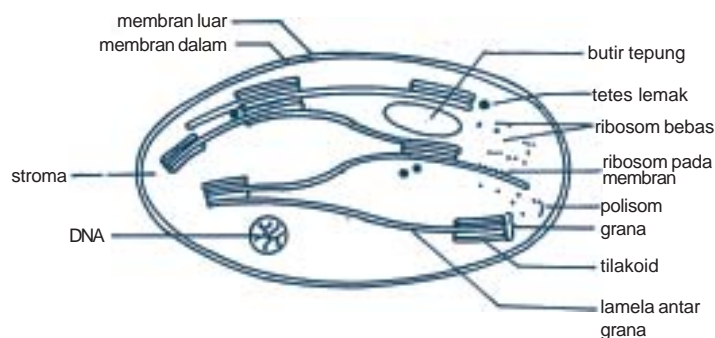
**Gambar 1.12**  
Vakuola

### b. Kloroplas

Kloroplas hanya terdapat pada sel-sel tumbuhan dan ganggang tertentu. Pada sel tumbuhan, kloroplas biasanya dijumpai dalam bentuk cakram dengan diameter 5 - 8  $\mu\text{m}$  dan tebal 2 - 4  $\mu\text{m}$ . Kloroplas dibatasi oleh membran ganda yang di dalamnya terdapat sistem luar membran interval yang

terbenam dalam matriks fluida yang disebut *stroma*. Membran dalam, kaya akan fosfolipid dan protein. Selain itu, kloroplas juga mengandung pigmen yang paling utama di antaranya adalah klorofil. Klorofil terdapat dalam struktur seperti tumpukan piring yang disebut granum (jamak: grana). Warna hijau klorofil yang tergabung dalam membran, memberi warna hijau pada kloroplas dan sel serta jaringan tumbuhan yang terkena cahaya.

Klorofil menangkap energi matahari dan digunakan untuk fotosintesis zat makanan. Jadi, kloroplas merupakan tempat fotosintesis.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 1.13**  
Struktur kloroplas

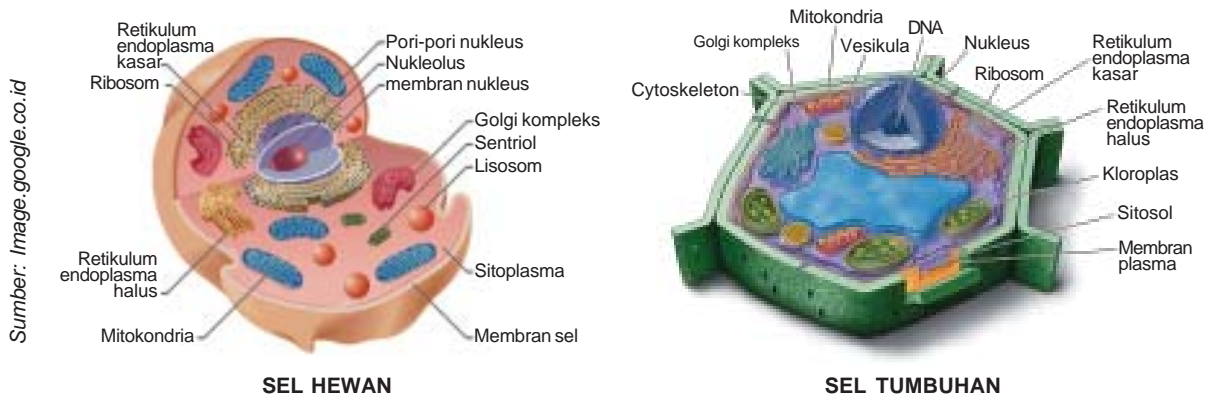
Pigmen-pigmen fotosintesis tumbuhan tingkat tinggi terbagi menjadi dua macam, yaitu klorofil dan karotenoid. Kedua pigmen ini berperan untuk menyerap energi cahaya, kemudian mengubahnya menjadi energi kimia. Kedua pigmen terletak di membran kloroplas. Klorofil berfungsi menyerap sinar merah dan biru-ungu, memantulkan sinar hijau, kecuali bila tertutup oleh pigmen warna lain. Karotenoid merupakan pigmen berwarna kuning, orange, merah atau coklat yang menyerap sinar bergelombang antara biru-ungu.

Karotenoid terdapat pada beberapa bunga dan buah-buahan sehingga memiliki warna yang cemerlang dan menarik insekta, burung atau hewan lain untuk membantu penyerbukan atau penyebaran biji. Misalnya, likopen yang merupakan karoten pada kulit buah tomat yang merah. Karotenoid juga berfungsi sebagai pelindung klorofil pada waktu sinar terlalu kuat dan oksidasi oleh oksigen yang dihasilkan dalam proses fotosintesis. Ada dua tipe karotenoid, yaitu *karoten* dan *xantofil*.

### c. Dinding sel

Sebagian besar ganggang dan semua tumbuhan, di luar membran sel terdapat pembungkus luar yang terdiri atas selulosa polisakarida dan yang membentuk dinding sel yang kaku.

Penataan fibril-fibril selulosa terlihat beraturan sehingga terbentuk dinding sel. Sifat-sifat linier molekul-molekul fibril selulosa dan mudahnya pengikatan hidrogen intermolekuler menyebabkan terbentuknya fibril-fibril yang panjang dan kaku. Selain selulosa, dinding sel juga mengandung polisakarida sebagai konstruksi penguat dinding sel. Untuk lebih mengetahui perbedaan antara sel hewan dan tumbuhan, mari cermati Gambar 1.14 di bawah ini.



**Gambar 1.14**  
Sel hewan dan tumbuhan

Setelah kamu mempelajari Gambar 1.14 di atas, berilah tanda (✓) pada kolom hewan dan tumbuhan bila organel yang dimaksud atau bagian lainnya ada.

**Tabel 1.1** Organel sel pada hewan dan tumbuhan

Organel atau Bagian Lainnya	Organisme	
	Hewan	Tumbuhan
Nukleus		
Nukleolus		
Sitoplasma		
Golgi kompleks		
Mitokondria		
Grana		
Retikulum endoplasma		
Kromatin		
Krista		
Matriks		
Ribosom		
Lisosom		
Kromosom		
Sentirol		
Sentrosom		
Dinding sel		
Lamela tengah		



Membran inti		
Stroma		
Kloroplas		
Vakuola		
Tonoplas		
Mikrofilamen		
Membran sel		
Plasmodesma		
Leukoplas		
Plastida		

Organisme multiseluler mempunyai sistem transportasi di dalam tubuhnya. Transportasi ini melibatkan sel atau membran sel yang memiliki ketebalan 5 - 10 nm (nano meter; 1 nm =  $1 \times 10^{-9}$ m). Membran ini menghalangi gerak ion dan molekul melewati membran. Hal ini sangat penting untuk menjaga kestabilan pH, menjaga konsentrasi ion dalam sel, untuk kegiatan enzim, mengeluarkan sisa-sisa metabolisme yang bersifat racun, dan memasok ion-ion yang penting dalam kegiatan saraf dan otot.

Berikut ini akan dibahas macam-macam gerakan yang melewati membran sel. Gerakan-gerakan ini terjadi pada selaput organel dalam sel. Pada dasarnya, hanya ada empat macam gerakan lewat membran sel ini, yaitu *difusi*, *osmosis*, *transpor aktif*, dan *endositosis* atau *eksositosis*. Setelah mempelajari subbab ini, kamu dapat membandingkan keempat transpor tersebut, mari cermati uraiannya.

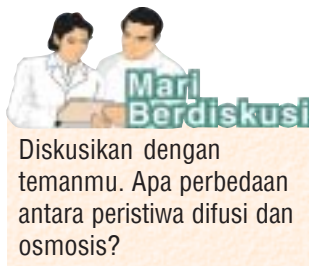
## 1. Difusi

Difusi adalah, gerakan molekul dari suatu daerah dengan konsentrasi yang tinggi ke daerah lain dengan konsentrasi lebih rendah yang disebabkan oleh energi kinetik molekul-molekul tersebut. Kecepatan difusi melalui membran sel tergantung pada perbedaan konsentrasi, ukuran molekul, muatan, daya larut partikel-partikel dalam lipid dan suhu.

Pada umumnya, zat-zat yang larut dalam lipid, yaitu molekul hidrofobik lebih mudah berdifusi melalui membran daripada molekul hidrofilik. Selain itu, membran sel juga bersifat permeabel terhadap molekul-molekul kecil yang tidak bermuatan seperti  $H_2O$ ,  $CO_2$ , dan  $O_2$ . Dalam keadaan yang sama, molekul kecil lebih cepat berdifusi melalui membran sel

## D

### Transpor Melalui Membran Sel



daripada molekul besar. Difusi sederhana dari molekul hidrofilik yang besarnya lebih dari 7 - 8 Å (Å = angstrom =  $10^{-10}$  m) hampir tidak dapat berlangsung karena terhalang oleh membran sel, tetapi molekul tersebut dapat masuk ke dalam sel dengan cara difusi terbantu atau *facilitated diffusion*.

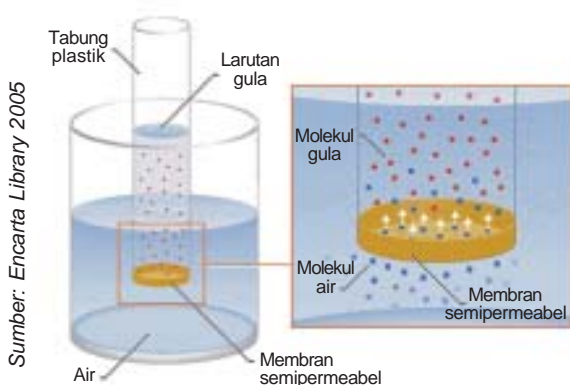
Difusi terbantu tergantung pada suatu mekanisme transpor khusus dari membran sel seperti permease. Permease adalah suatu protein (enzim) membran sel yang akan memberi jalan bagi ion dan molekul polar tidak bermuatan agar dapat melintasi dua lapisan lipid hidrofobik dari membran sel. Difusi ADP ke dalam dan ATP keluar dari mitokondria juga memerlukan difusi terbantu. Dalam semua proses difusi terbantu, molekul bergerak ke arah gradien konsentrasi.

## 2. Osmosis

Pada hakikatnya, osmosis merupakan suatu proses difusi. Osmosis adalah difusi dari tiap pelarut melalui suatu selaput yang permeabel secara diferensial. Pelarut universal adalah air. Jadi, dapat dikatakan bahwa osmosis adalah difusi air melalui selaput yang permeabel secara diferensial dari pelarut berkonsentrasi tinggi (banyak air) ke pelarut yang berkonsentrasi rendah (sedikit air). Proses osmosis akan berhenti jika konsentrasi di dalam dan di luar sel telah seimbang.

Bila sel memiliki konsentrasi zat terlarut lebih tinggi (sedikit air atau hipertonik) daripada di luar sel, maka air yang ada di luar sel akan masuk ke dalam sel. Peristiwa masuknya air ke dalam sel tersebut dapat mengakibatkan pecahnya sel pada sel hewan (hemolisis). Sedangkan, pada sel tumbuhan, sel hanya akan menggembung karena ditahan oleh dinding sel. Konsentrasi air yang tinggi di luar sel disebut *hipotonik*.

Sedangkan, bila sel memiliki konsentrasi zat terlarut lebih rendah (banyak air) daripada di luar sel, maka air yang ada di dalam sel akan keluar sel. Keluarnya air dari sel akan mengakibatkan sel mengerut. Pada sel hewan, mengerutnya sel ini disebut *krenasi*, sedangkan pada sel tumbuhan disebut *plasmolisis*.



**Gambar 1.15**  
Contoh peristiwa osmosis

### 3. Transpor Aktif

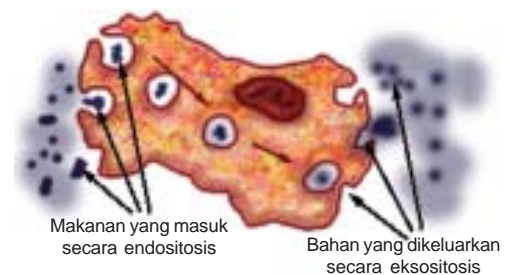
Transpor aktif merupakan gerakan ion dan molekul melawan suatu gradien konsentrasi dengan menggunakan energi untuk masuk atau keluar sel melalui membran sel. Selain memerlukan energi berupa ATP, transpor aktif juga memerlukan enzim untuk memindahkan molekul dan ion dari tempat konsentrasi rendah ke tempat konsentrasi tinggi. Agar enzim dapat berfungsi sebagai pompa, maka enzim tersebut harus dapat mengikat ion dan mengangkut ion dari satu sisi membran ke sisi yang lain.

Molekul gula dan asam amino diangkut secara aktif ke dalam sel menggunakan energi. Energi ini di peroleh dari gradien konsentrasi  $\text{Na}^+$  yang terjadi pada pengangkutan natrium-kalium. Dengan bantuan suatu protein transpor khusus, molekul glukosa dan ion natrium masuk ke dalam sel bersama-sama. Kemudian, natrium tersebut dikeluarkan lagi oleh pompa natrium-kalium. Dengan demikian, pompa natrium-kalium tidak hanya mengangkut secara aktif  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$ , tetapi secara tidak langsung menyediakan energi untuk proses pengangkutan yang lain.

### 4. Endositosis dan Eksositosis

Endositosis adalah suatu mekanisme pengangkutan bahan, seperti makromolekul protein dari cairan di luar sel ke dalam sel dengan membungkus makromolekul tersebut dengan cara melekkukan sebagian dari membran sel ke dalam. Kantung yang terbentuk kemudian melepaskan diri dari bagian luar membran dan membentuk vakuola di dalam sitoplasma. Kemudian, lisosom menyatu dengan vakuola endositik tersebut dan isi dari organel tersebut menjadi satu membentuk lisosom sekunder. Enzim-enzim lisosom akan mencerna makromolekul menjadi bahan yang dapat larut (asam amino, gula, dan nukleotida).

Eksositosis adalah kebalikan dari endositosis. Pada sel-sel yang mengeluarkan protein dalam jumlah yang besar, protein tersebut pertama-tama berkumpul di dalam sebuah kantung yang dilapisi membran di dalam aparat golgi, kemudian bergerak ke permukaan sel, lalu mendekat pada membran sel dan mengosongkan isinya ke luar.



Sumber: Image.google.co.id

**Gambar 1.16**  
Endositosis dan eksositosis