





# Sel

## A. PENDAHULUAN

 **Sel** merupakan unit struktural dan fungsional terkecil dari kehidupan.

 **Sel** merupakan komponen pembentuk organisme hidup.

 **Sel** pertama kali dilihat oleh seorang ilmuwan Inggris bernama Robert Hooke pada tahun 1665.

 **Hooke** melihat sel melalui sayatan tipis dari batang tumbuhan dibawah mikroskop cahaya, dan ia menganggap hal tersebut sebagai suatu kamar kosong (*cellula*).

 **Teori-teori** mengenai sel:

1) **Menurut Schleiden dan Schwann**

Sel merupakan satuan **struktural** kehidupan.

2) **Menurut Schultze dan Huxley**

Sel merupakan satuan **fungsional** kehidupan.

3) **Menurut Rudolf Virchow**


Sel merupakan kesatuan **hereditas** makhluk hidup.


4) **Menurut Flemming dan Strasburger**

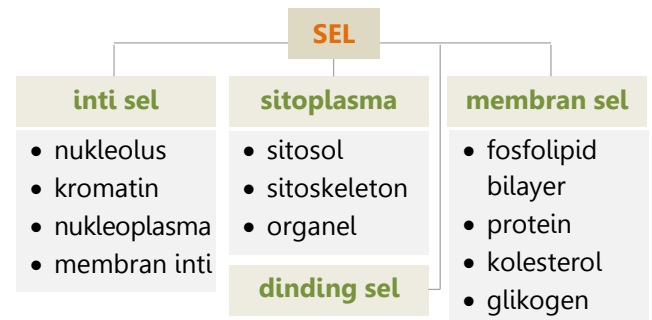
Sel merupakan kesatuan **reproduksi** makhluk hidup.

 **Ciri-ciri sel secara umum:**

- 1) Dikelilingi oleh membran plasma,
- 2) Terdiri dari protoplasma yang merupakan kesatuan dari sitoplasma dan inti sel,
- 3) Mengandung kromosom,
- 4) Memiliki ribosom.

 **Sel dipelajari** dengan diamati menggunakan mikroskop cahaya (perbesaran 2000 kali) atau mikroskop elektron (perbesaran 500.000 kali), dan organelnya diamati dengan fraksinasi sel.

 **Sel** terdiri dari empat bagian utama:




- 1) **Inti sel**, yaitu bagian pusat sel.
- 2) **Sitoplasma**, yaitu bagian di luar inti sel dan di dalam membran sel, yang terdiri dari cairan (sitosol) dan badan-badan (organel).
- 3) **Membran sel**, yaitu bagian luar sitoplasma yang mengatur keluar masuknya zat dari luar dan dalam sel.
- 4) **Dinding sel**, yaitu bagian luar membran sel yang melindungi sel.

 **Sel** berdasarkan keadaan inti:

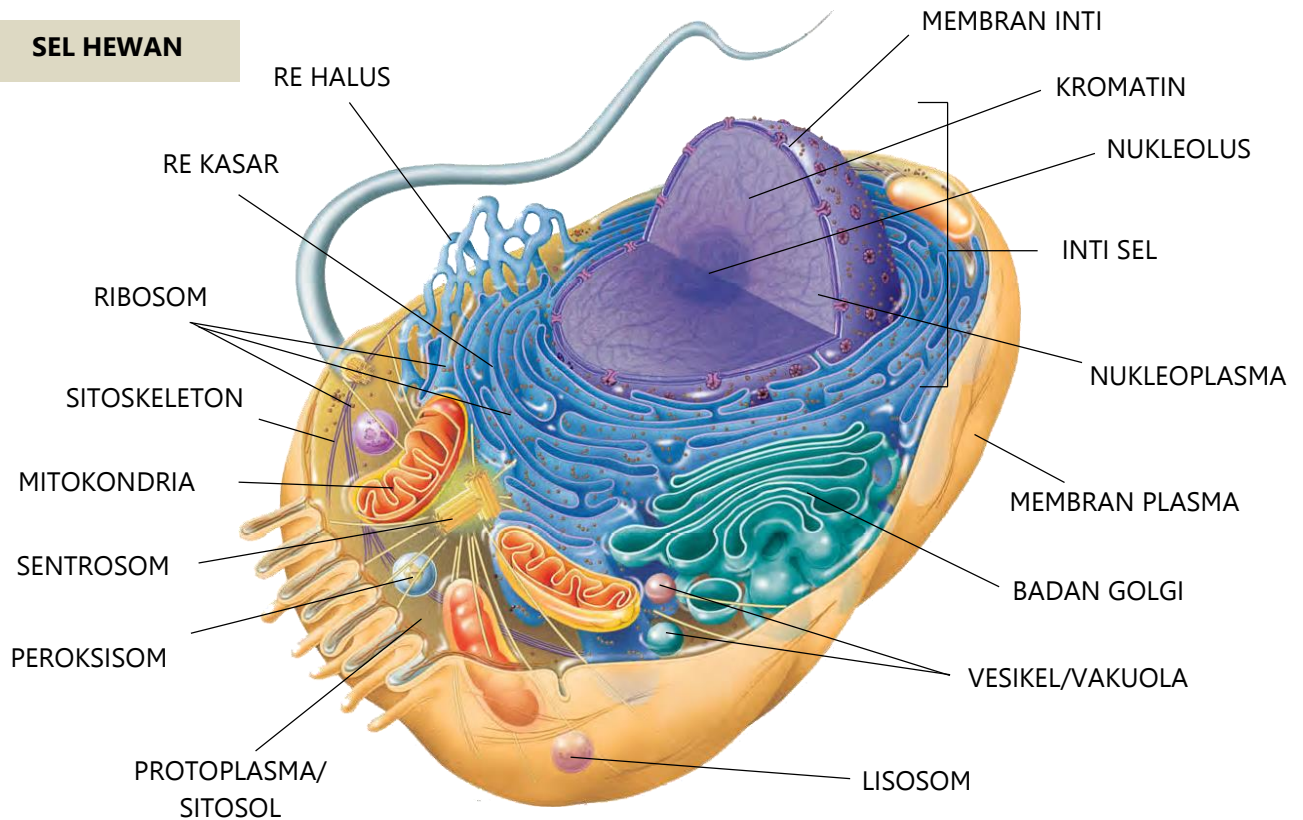
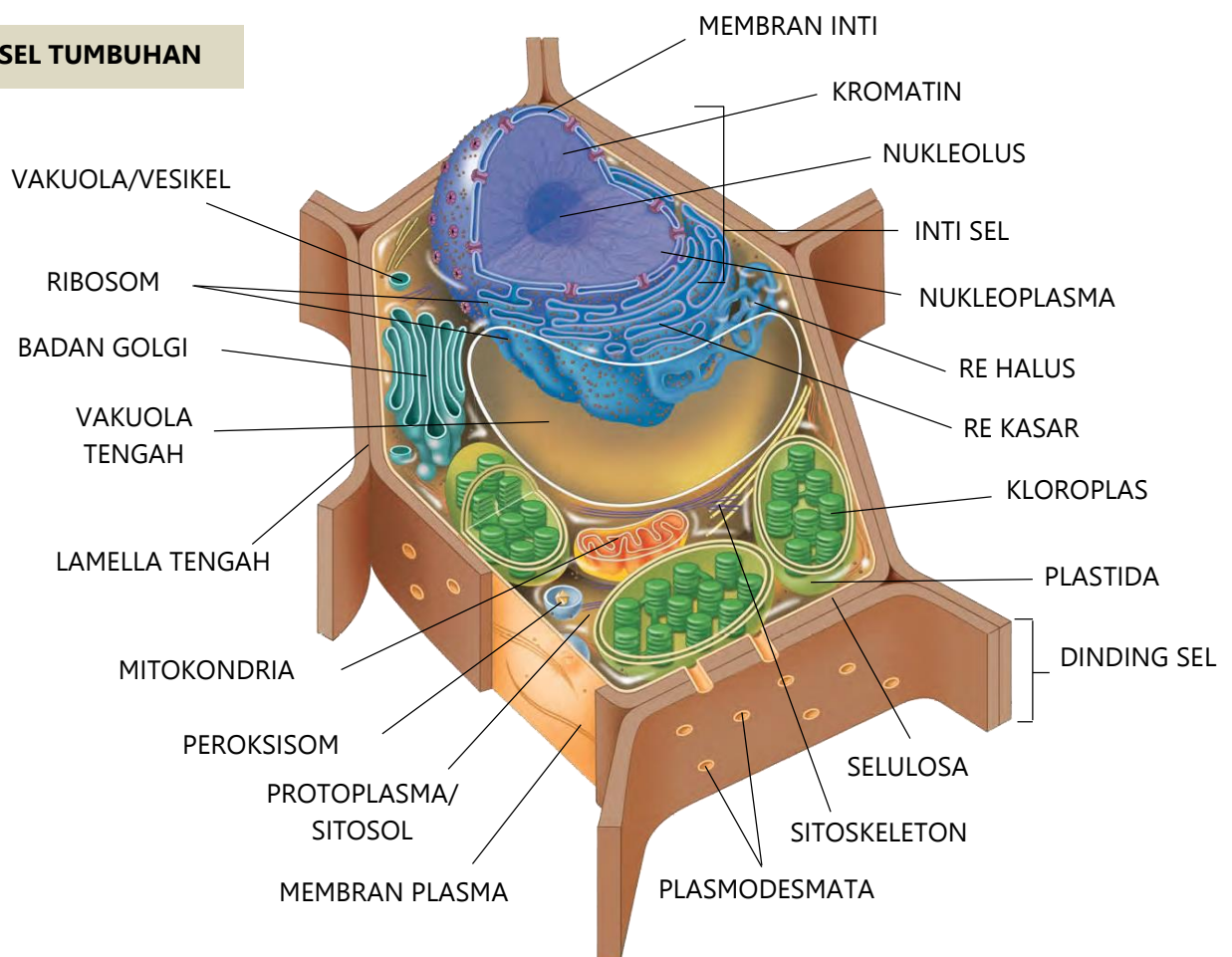
- 1) **Sel prokariotik**, yaitu sel yang tidak memiliki membran inti.  
Contoh: sel bakteri.
- 2) **Sel eukariotik**, yaitu sel yang memiliki membran inti.  
Contoh: sel jamur, sel hewan, sel tumbuhan.

 **Perbedaan** sel prokariotik dan eukariotik:

Perbedaan	Prokariotik	Eukariotik
Inti sel	nukleoid	nukleus
Membran inti	tidak ada	ada
Kromosom	melingkar	linear
Protein histon	tidak ada	ada
Plastida	tidak ada	ada (alga dan tumbuhan)
Mitokondria	tidak ada	ada
Badan Golgi	tidak ada	ada

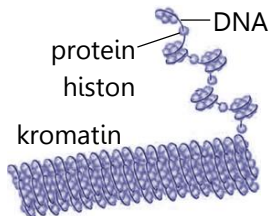
 **Perbedaan** sel hewan dengan sel tumbuhan:

- 1) **Pada sel tumbuhan** tidak terdapat lisosom, sentrosom, dan flagellum.
- 2) **Pada sel hewan** tidak terdapat plastida, kloroplas, dan dinding sel.

**SEL HEWAN****SEL TUMBUHAN**

## B. INTI SEL

- ✎ **Inti sel** adalah bagian pusat sel yang mencolok dari sitoplasma sel.
- ✎ **Inti sel** terdiri dari nukleolus, kromatin, nukleoplasma, dan membran inti.
- ✎ **Nukleolus** adalah anak inti sel yang berfungsi sebagai tempat sintesis RNA.
- ✎ **Nukleolus** menghasilkan tiga jenis RNA menggunakan enzim RNA polimerase:
  - 1) **mRNA** (*messenger*), menjadi duta pengirim informasi berupa kodon dari DNA ke ribosom untuk sintesis protein.
  - 2) **rRNA** (*ribosomal*), digunakan untuk merakit ribosom.
  - 3) **tRNA** (*transfer*), digunakan untuk translasi kodon yang dibawa mRNA.
 (dipelajari di Biologi 4)
- ✎ **Kromatin** adalah bagian inti sel yang menjadi tempat kromosom.



- ✎ **Kromatin** mengandung kromosom berupa DNA yang telah digulung oleh *binding protein*, yaitu:
  - 1) **Protein histon**, tugasnya menggulung kromosom, ukurannya besar dan jumlahnya sedikit.
  - 2) **Protein non-histon**, tugasnya menggulung kromosom dan memperbaiki kromosom yang rusak (mutasi), ukurannya kecil dan jumlahnya banyak.
- ✎ **Nukleoplasma** adalah cairan yang terdapat dalam inti sel.
- ✎ **Membran inti** adalah lapisan terluar inti sel yang terdapat pada organisme eukariotik.
- ✎ **Membran inti** memiliki pori-pori kecil yang berfungsi sebagai tempat keluar masuk zat, dan melindungi kromosom agar tidak bercampur dengan molekul besar dari sitoplasma.
- ✎ **Fungsi utama inti sel:**
  - 1) Pusat kendali metabolisme sel,
  - 2) Penyimpan informasi gen sel berupa DNA,
  - 3) Replikasi DNA dan sintesis protein,
  - 4) Pengatur ekspresi gen-gen tertentu.

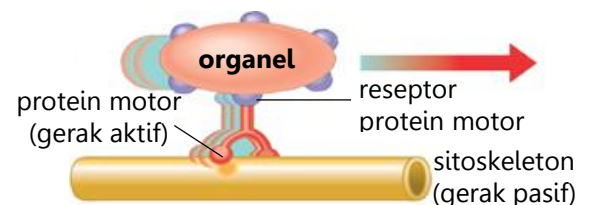
## C. SITOPLASMA

- ✎ **Sitoplasma** merupakan bagian di luar inti sel dan di dalam membran sel, yang terdiri dari padat dalam cair (sol).

- ✎ **Sitosol** adalah cairan pada sitoplasma yang tergolong koloid, terdiri atas fase:
  - 1) **Sol**, bersifat koloid encer.
  - 2) **Gel**, bersifat koloid lembek (sol agak padat).
- ✎ **Sitoskeleton** adalah rangka sel yang terdapat pada sitosol.

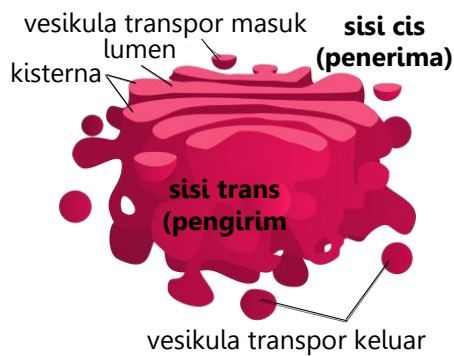
### Macam-macam sitoskeleton:

Mikrotubulus	
<b>Gambar</b>	
<b>Struktur</b>	tabung berongga dengan kolom tubulin
<b>Fungsi</b>	mempertahankan bentuk sel, menyusun benang spindel, motilitas silia dan flagel
Mikrofilamen	
<b>Gambar</b>	
<b>Struktur</b>	dua untai aktin yang terjalin
<b>Fungsi</b>	perubah bentuk sel, motilitas pseudopodia
Filamen intermediet	
<b>Gambar</b>	
<b>Struktur</b>	serabut yang menggulung
<b>Fungsi</b>	tempat berhubungnya nukleus dengan organel lain



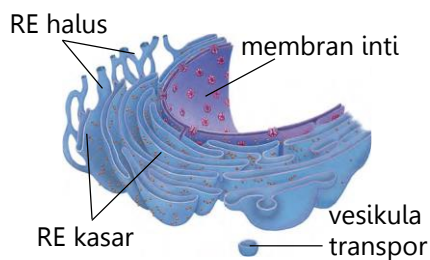
- ✎ **Fungsi utama sitoskeleton:**
  - 1) Pemberi bentuk sel,
  - 2) Alat pengatur pergerakan sel dan perpindahan organel,
  - 3) Pengatur gerak kromosom dan organel pada saat pembelahan sel berupa benang spindel.
- ✎ **Organel** adalah suatu badan atau bagian padat dari sel yang memiliki fungsi khusus.
- ✎ **Ribosom** adalah organel berbentuk bintik kecil yang tersusun atas rRNA dan protein.
- ✎ **Ribosom** berfungsi sebagai tempat sintesis protein yang dibutuhkan sel, dan mengelompok membentuk **poliribosom**.
- ✎ **Ribosom** terdiri dari dua:
  - 1) **Ribosom bebas**, tersebar di sitosol.
  - 2) **Ribosom ikat**, menempel pada RE kasar.

- Badan Golgi atau **diktiosom** (pada tumbuhan) adalah vakuola pipih yang terdiri dari kisterna dan lumen.



- Badan Golgi berfungsi sebagai tempat modifikasi protein yang disintesis ribosom, untuk diubah menjadi enzim, hormon, protein struktural, atau organel baru.

- Retikulum endoplasma (RE)** adalah penghubung membran inti, ribosom, dan badan Golgi yang berbentuk kantung pipih yang memenuhi sebagian sitoplasma.



- Macam-macam retikulum endoplasma:**

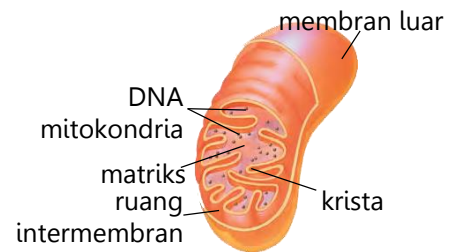
- Retikulum endoplasma halus (REH)**  
REH adalah RE yang tidak terdapat ribosom padanya, letaknya jauh dari membran inti.  
**Fungsi REH:**
  - Tempat sintesis lemak untuk hormon,
  - Metabolisme karbohidrat,
  - Penyimpan kalsium,
  - Detoksifikasi racun.
- Retikulum endoplasma kasar (REK)**  
REK adalah RE yang terdapat ribosom padanya, letaknya kebanyakan dekat dari membran inti.

**Fungsi REK** adalah untuk mensintesis protein bersama ribosom yang akan digunakan di membran atau luar sel.

- Lisosom** adalah kantung yang berfungsi untuk mencerna makromolekul yang masuk ke dalam sel secara **fagositosis**, dan hanya ditemukan pada **sel hewan**.

- Lisosom** berisi enzim hidrolitik yang dapat mencerna karbohidrat, protein, lemak, dll.

- Mitokondria** adalah organel yang melakukan respirasi yang terdiri atas krista dan matriks.



- Mitokondria** mengubah senyawa organik yang diterima menjadi energi (ATP) melalui respirasi.
- Mitokondria** dapat mensintesis protein sendiri karena memiliki DNA sendiri.

- Vesikel/vakuola** adalah segala jenis macam kantung yang terdapat pada sel.

- Macam-macam vesikel/vakuola:**

- Vakuola tengah/tonoplas**, vakuola yang mendominasi sel tumbuhan yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan makanan.
- Vakuola makanan**, vakuola yang berfungsi sebagai tempat pencernaan, penyimpanan, dan pengedaran makanan.
- Vakuola kontraktil**, vakuola berdenyut yang berfungsi sebagai osmoregulator.
- Vesikel transpor**, vesikel yang digunakan untuk transportasi antar organel, misalnya antara RE dengan badan Golgi.
- Organel-organel berbentuk kantung**, seperti lisosom, peroksisom, dll.

- Badan mikro** adalah organel yang berukuran kecil pada sel, diantaranya:

- Peroksisom**, mengubah  $\text{H}_2\text{O}_2$  toksik yang dihasilkan oleh mitokondria, menggunakan enzim peroksidase menurut reaksi:



- Glioksisom**, mengubah lemak kolesterol dan fitosterol menjadi glukosa dengan enzim glioksisom dan air.



- Sentrosom** adalah organel sel yang berperan dalam pembelahan sel, terdiri dari 2 sentriol.

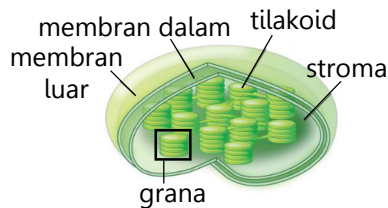
- Sentriol** disusun oleh mikrotubulus yang berperan sebagai kutub-kutub pada pembelahan sel. (dipelajari di Biologi 4)

- Plastida** adalah organel yang membentuk makanan pada sel tumbuhan.



### Macam-macam plastida:

- 1) **Kloroplas**, mengandung pigmen klorofil/hijau yang peka terhadap energi cahaya tampak, yaitu 400-700 nm (kecuali warna hijau dan kuning).



- 2) **Kromoplas**, mengandung pigmen selain klorofil, seperti fikosianin (merah dan biru), fukosantin (coklat), fikoeritrin (merah), karoten (jingga), dan xantofil (kuning).
- 3) **Leukoplas**, tidak mengandung warna, dan digunakan untuk menyimpan cadangan makanan, terdiri dari:
  - a. **Amiloplas** (menyimpan karbohidrat),
  - b. **Proteoplas** (menyimpan protein),
  - c. **Elaioplas** (menyimpan lemak).

## MEKANISME ORGANEL SEL

### MEKANISME FAGOSITOSIS DAN PINOSITOSIS



**Fagositosis** adalah proses masuknya zat padat ke dalam sel.

**Pinositosis** adalah proses masuknya zat cair ke dalam sel.

- 1) Makanan/cairan masuk ke dalam sel melalui vesikel transpor dengan cara **endositosis**.
- 2) Lisosom yang mengandung enzim hidrolitik **bergabung** dengan vesikel transpor.
- 3) Enzim hidrolitik **mencerna** makanan/cairan.
- 4) Sisa dari pencernaan dikeluarkan dari sel dengan vesikel transpor dengan cara **eksositosis**.

### MEKANISME AUTOFAGI DAN AUTOLISIS



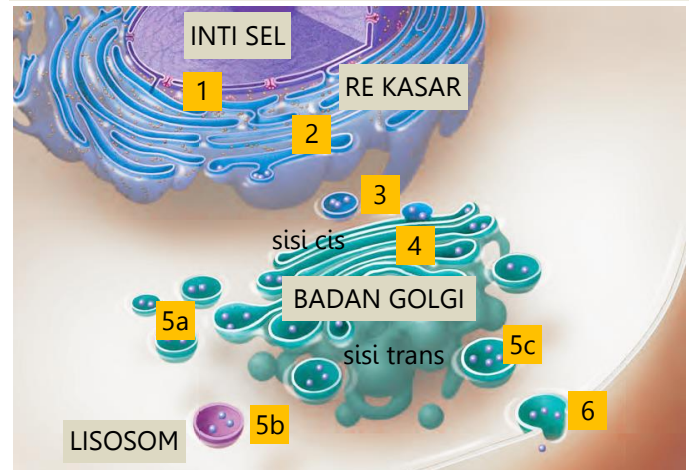
**Autofagi** adalah proses penghancuran organel yang rusak pada sel.

- 1) Organel yang rusak diantar oleh vesikel transpor.
- 2) Lisosom yang mengandung enzim hidrolitik bergabung dengan vesikel transpor.
- 3) Enzim hidrolitik mencerna organel yang rusak.
- 4) Organel yang telah dicerna dikeluarkan dari sel dengan vesikel transpor dengan cara **eksositosis**.

**Autolisis/apoptosis** adalah proses kematian terprogram sel dimana enzim lisosom keluar dan menyebar ke seluruh bagian sel, sehingga sel tersebut mencerna dirinya sendiri kemudian mati.

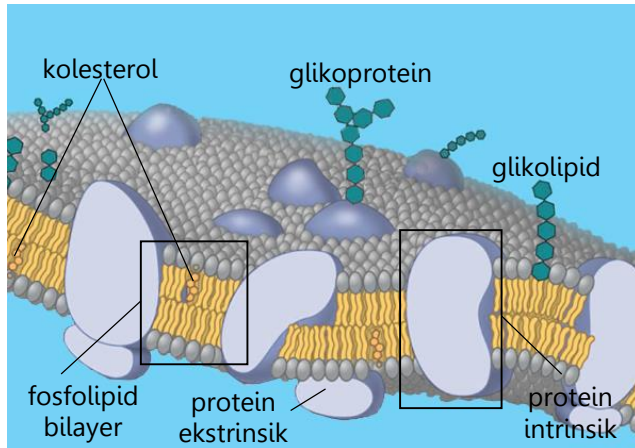
Contoh: penghancuran ekor berudu ketika akan dewasa, perkembangan embrio manusia dan sel hati.

### MEKANISME TRANSPORTASI PROTEIN

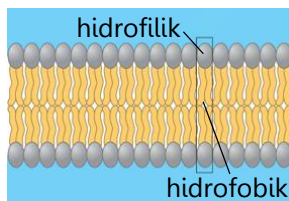


- 1) Ribosom dari dalam inti sel **menempel** pada RE kasar.
- 2) Ribosom dan RE kasar bersama **mensintesis protein**.
- 3) Protein yang dihasilkan **dikirim** ke sisi cis golgi menggunakan vakuola transpor.
- 4) Di badan Golgi, protein **dimodifikasi** menjadi enzim, hormon, protein struktural, atau organel baru.
- 5) Protein yang dimodifikasi **dikirim** dari sisi trans golgi menggunakan vakuola transpor.
  - a. Vakuola transpor dapat pergi menuju **tempat lain** di sel,
  - b. Vakuola transpor dapat bergabung (fusi) dengan **lisosom** untuk melakukan pencernaan protein,
  - c. Vakuola transpor dapat pergi menuju **luar sel** untuk mensekresi protein.
- 6) Vakuola transpor bergabung dengan membran plasma, dan protein disekresikan ke luar sel.

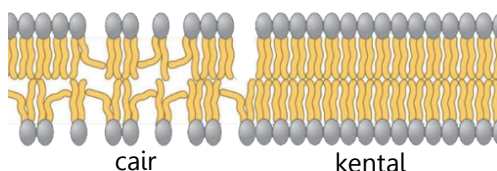
## D. MEMBRAN SEL



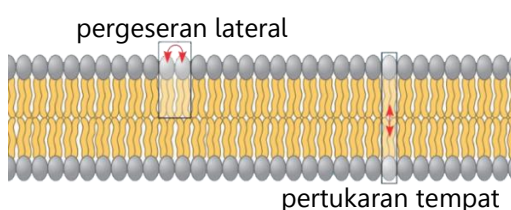
- **Membran sel/membran plasma** adalah bagian terluar sel yang menjadi pembatas antara bagian dalam dan luar sel.
- **Membran plasma** tersusun atas lemak (fosfolipid dan kolesterol), protein, dan karbohidrat (glikogen).
- **Membran plasma** bersifat selektif permeabel, menyeleksi molekul yang masuk ke dalam sel.
- **Fosfolipid bilayer** merupakan lapisan fosfat (kepala) dan lipid (ekor) rangkap yang bersifat *fluid*.



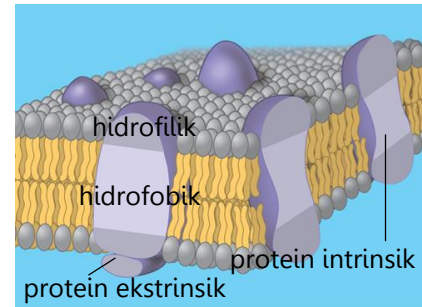
- **Fosfolipid bilayer** terdiri dari dua daerah:
  - 1) **Hidrofilik**, yaitu bagian kepala yang suka air.
  - 2) **Hidrofobik**, yaitu bagian ekor yang benci air.
- **Fosfolipid** bersifat *fluid*, yaitu dapat berubah-ubah bentuk dan posisinya.
  - 1) **Dalam perubahan bentuk**, ekor dapat menjadi kusut atau lurus.



- 2) **Dalam perubahan posisi**, fosfolipid dapat bergeser atau bertukar tempat.



- **Dalam fosfolipid bilayer**, tersisip protein struktural/membran.

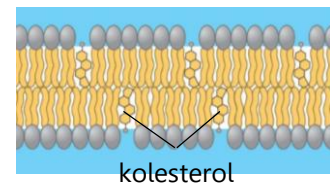


- **Macam-macam protein membran:**

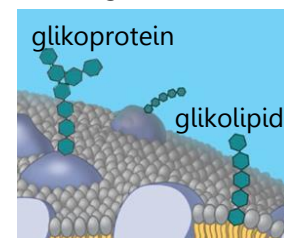
- 1) **Protein intrinsik/integral**, merupakan protein yang terdapat di kedua lapisan fosfolipid, dan berfungsi sebagai corong masuknya molekul dari luar sel.
- 2) **Protein ekstrinsik/periferal**, merupakan protein yang hanya terdapat pada satu lapisan fosfolipid saja.

- **Protein membran** terdiri dari dua daerah:

- 1) **Hidrofilik**, yaitu bagian luar yang suka air.
- 2) **Hidrofobik**, yaitu bagian yang berada di antara dua lapis fosfolipid yang benci air.



- **Kolesterol** (hewan) dan **fitosterol** (tumbuhan) adalah jenis lemak pada membran sel yang mengurangi fluiditas fosfolipid bilayer.
- **Glikogen** adalah gugus karbohidrat yang terdapat di permukaan membran sel.
- **Glikogen** berfungsi sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan.



- **Glikogen** terdiri dari **glikoprotein** (menempel pada protein membran), dan **glikolipid** (menempel pada fosfolipid).

## E. TRANSPOR ANTARSEL

- **Transpor antarsel** dilakukan dan terjadi di membran sel, terdiri dari:

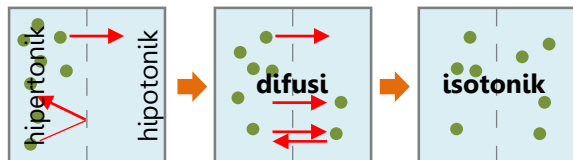
- 1) **Transpor pasif**, yaitu transpor molekul berukuran kecil yang tidak menggunakan energi (ATP) dan mengikuti gradien konsentrasi.

Contoh: difusi, difusi terfasilitasi dan osmosis.

- 2) **Transpor aktif**, yaitu transpor molekul berukuran besar yang menggunakan energi (ATP) dan melawan gradien konsentrasi melalui protein intrinsik.

Contoh: pompa ion, kotranspor, endositosis dan eksositosis.

- Difusi** adalah proses perpindahan zat terlarut yang **menuruni** gradien konsentrasi, dari konsentrasi tinggi (hipertonik) ke konsentrasi rendah (hipotonik).

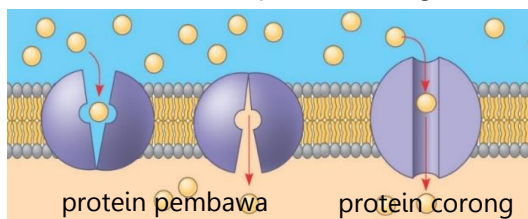


**Dalam terjadinya difusi:**

- 1) Biasanya memindahkan zat yang berukuran kecil dan gas.
- 2) Dapat melalui atau tidak melalui membran sel.
- 3) Hasil akhir difusi adalah kedua lingkungan bersifat isotonic.

- Difusi terfasilitasi** adalah difusi yang dibantu oleh protein transpor.

- Protein transpor** dapat berupa protein pembawa (*carrier*) atau protein corong (*channel*).



- Osmosis** adalah proses perpindahan zat pelarut yang **menaiki** gradien konsentrasi, dari konsentrasi rendah (hipotonik) ke konsentrasi tinggi (hipertonik).

**Dalam terjadinya osmosis:**

- 1) Memindahkan zat pelarut berupa air.
- 2) Melalui membran selektif permeabel sel.
- 3) Hasil osmosis adalah lingkungan isotonic.

- Perbedaan osmosis** terhadap kondisi lingkungan pada sel tumbuhan dan sel hewan:

Sel	Hipotonik	Isotonik	Hipertonik
Hewan	lisis	normal	krenasi
Tumbuhan	turgid	normal	plasmolisis

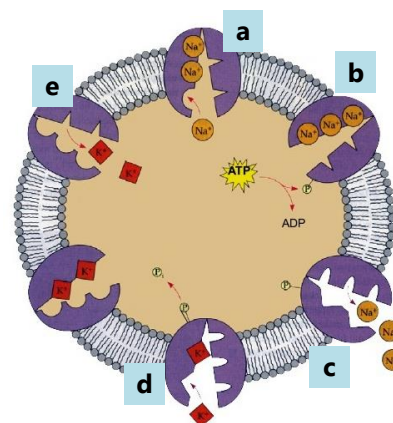
- Mekanisme sirkulasi air** pada tubuh ikan air tawar dan air laut juga termasuk osmosis air.

Perbedaan	Ikan Air Tawar	Ikan Air Laut
lingkungan	hipotonik	hipertonik
tubuh	hipertonik	hipotonik
osmosis	air masuk otomatis	air keluar otomatis
urin	encer	pekat
adaptasi	minum sedikit	minum banyak

- Transpor aktif** adalah transpor molekul berukuran besar menggunakan energi (ATP) dan melawan gradien konsentrasi melalui protein intrinsik.

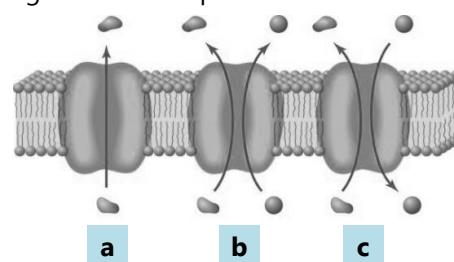
- 1) **Pompa ion**, yaitu transpor yang terjadi karena adanya beda potensial membran.

Contoh: Pompa ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$  pada sel saraf sewaktu menghantarkan impuls.



**Proses pompa ion:**

- a. Pengikatan ion  $\text{Na}^+$  dari dalam pada protein memicu fosforilasi ATP.
  - b. Fosforilasi ATP menghasilkan gugus fosfat yang mengubah bentuk protein.
  - c. Ion  $\text{Na}^+$  dari dalam dipompa keluar dan ion  $\text{K}^+$  dari luar diikat.
  - d. Pengikatan ion  $\text{K}^+$  memicu pelepasan gugus fosfat sehingga bentuk protein kembali ke awal.
  - e. Ion  $\text{K}^+$  dilepas ke dalam sel dan protein dapat menerima ion  $\text{Na}^+$  kembali.
- 2) **Kotranspor**, yaitu transpor zat yang mengaktifkan transpor zat lain.
- Contoh: ion  $\text{H}^+$  dipompa ke luar sel untuk mengaktifkan transpor sukrosa ke dalam sel.





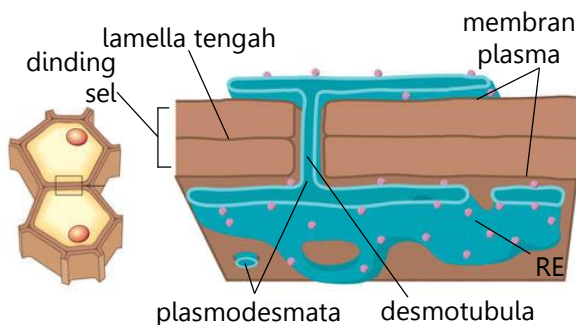
Macam-macam kotranspor:

- a. **Unipor**, transportasi zat dalam satu arah.
  - b. **Simpor**, transportasi dua atau lebih zat dalam satu arah.
  - c. **Antipor**, transportasi dua atau lebih zat yang berlawanan arah.
- 3) **Endositosis dan eksositosis**, yaitu pembentukan vesikel yang mengantarkan zat (makromolekul) menuju dalam atau luar sel.  
Contoh: vesikel pada fagositosis.

## F. DINDING SEL DAN HUBUNGAN ANTAR SEL

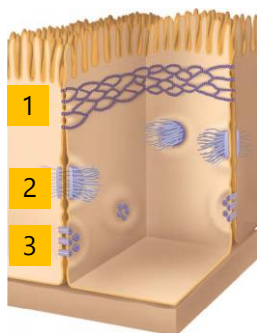
**Dinding sel** adalah lapisan terluar tambahan sel tumbuhan.

**Dinding sel** tersusun atas selulosa yang bersifat kaku dan memberi bentuk sel, dan mempertahankan turgiditas sel.



**Hubungan antar sel tumbuhan:**

- 1) **Plasmodesmata** adalah bagian yang tidak menebal pada dinding sel yang berhubungan dengan RE sel.
- 2) **Desmotubula** berfungsi sebagai saluran keluar masuknya zat antar sel.
- 3) **Lamella tengah** adalah lapisan pektin yang merekatkan dua sel tumbuhan sehingga dapat berhubungan, dan bersifat kedap air.



**Hubungan antar sel hewan** terdiri dari:

- 1) **Celah ketat** (*tight junction*) adalah celah yang mencegah zat padat dan cair masuk ke dalam ruang antar sel.
- 2) **Celah jangkar** (desmosom) adalah celah yang mengikat sel-sel pada sebuah jaringan.
- 3) **Celah komunikasi** (*gap junction*) adalah celah tempat transportasi zat antar sel.