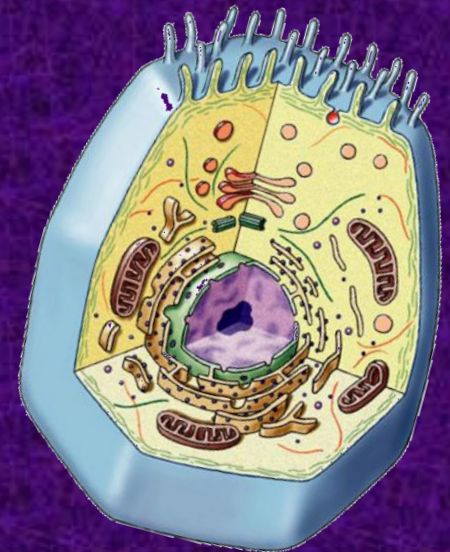
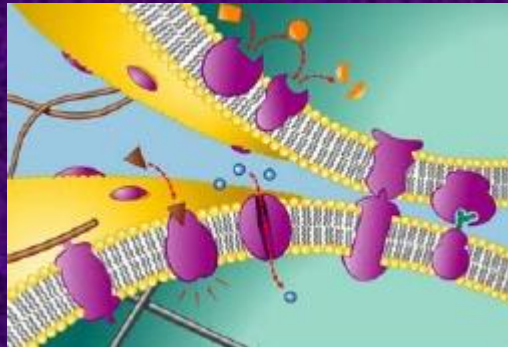
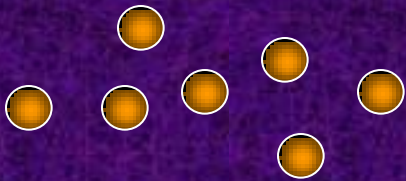
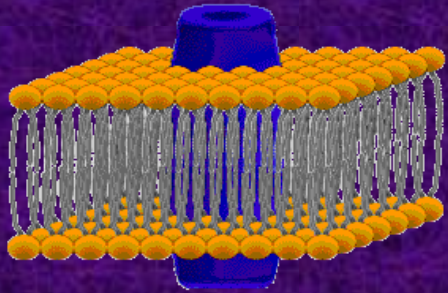


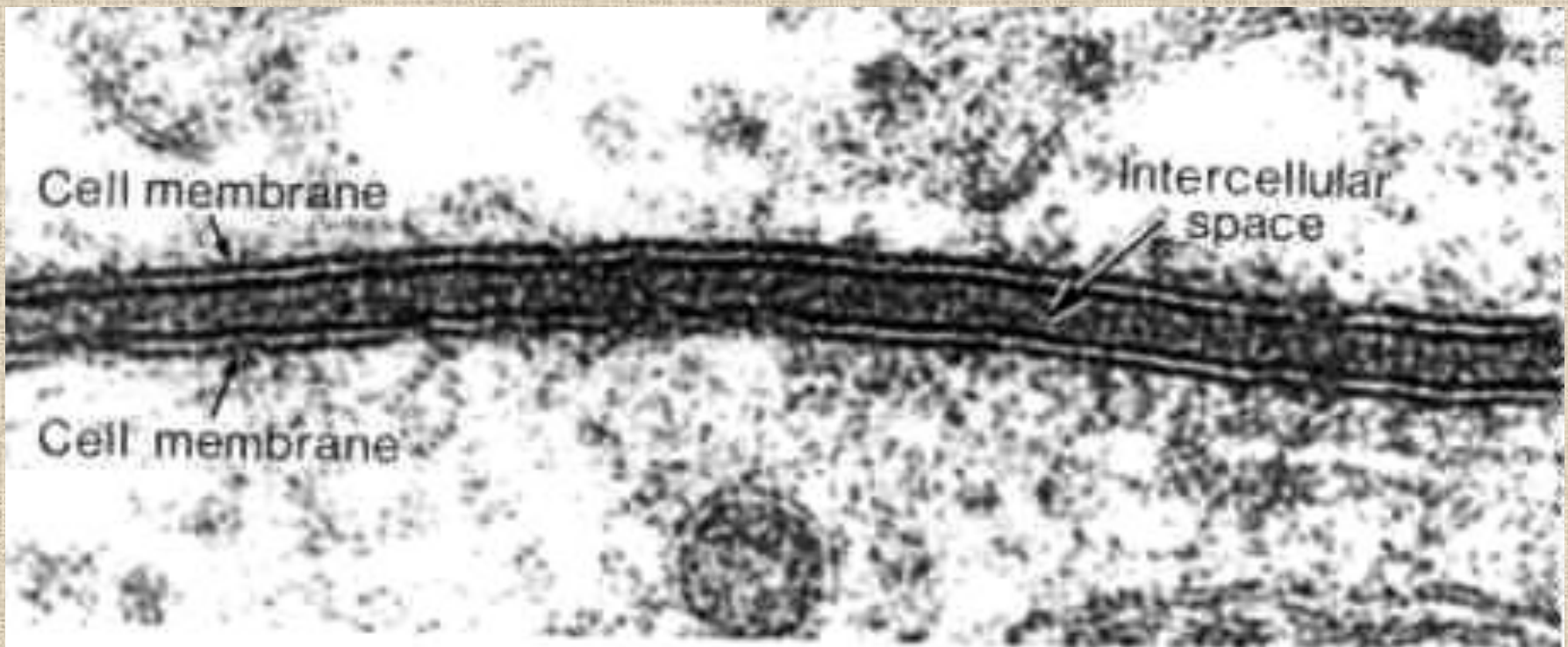
TRANSPOR LINTAS MEMBRAN



Sesilia Andriani Keban, MSi., S.Farm., Apt.

MEMBRAN PLASMA

Membran fleksibel yang memisahkan lingkungan internal sel dari lingkungan eksternalnya.

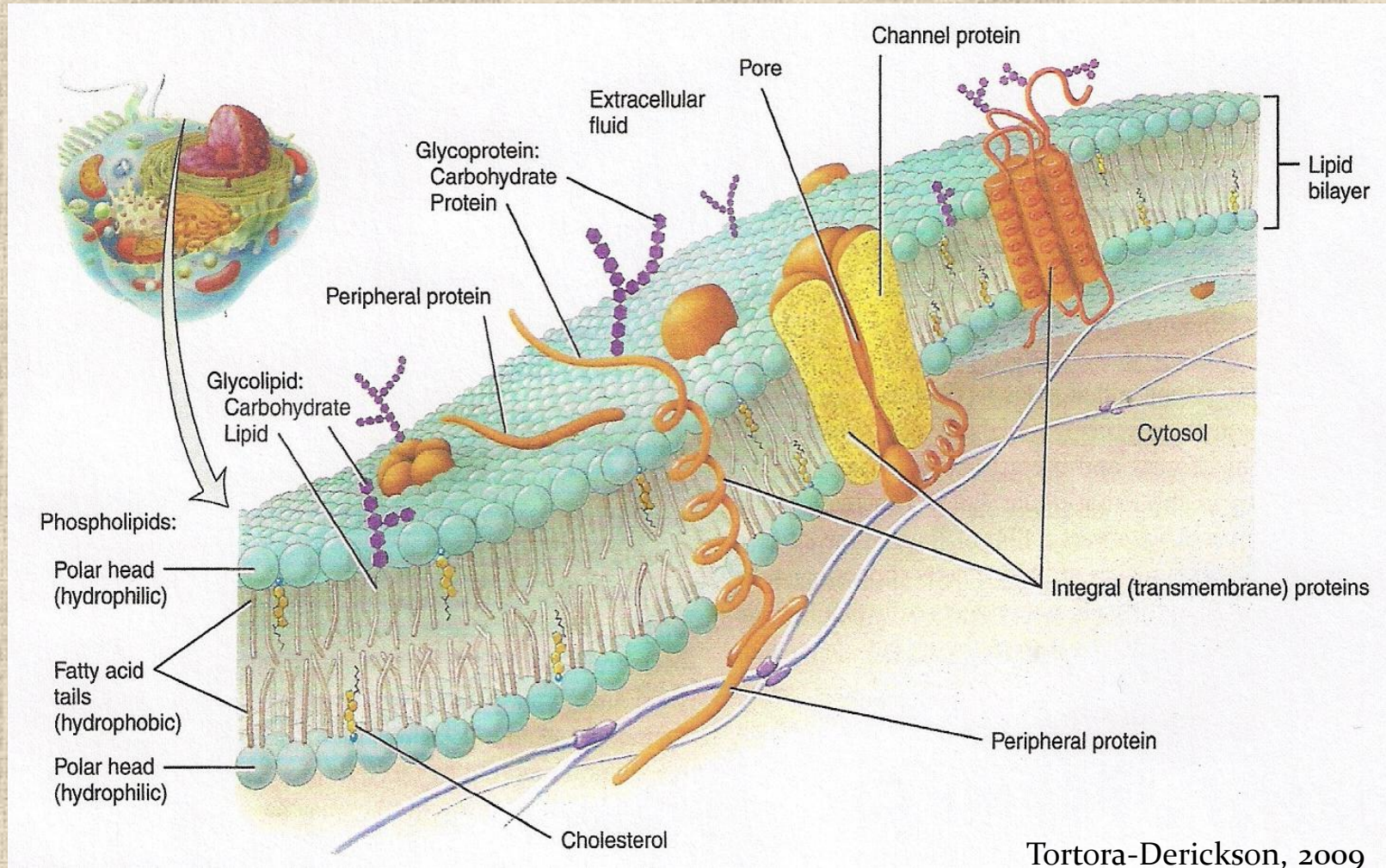


Fungsi Membran Plasma

- Sebagai pembatas antara lingkungan internal sel dengan lingkungan eksternalnya.
- Meregulasi aliran material /substansi masuk dan keluar sel → menjaga lingkungan agar aktivitas sel dapat berjalan dengan normal (homeostasis).
- Komunikasi antara sel satu dengan sel lainnya, dan sel dengan lingkungan eksternalnya.
- Melindungi sel dari lingkungan luar

Struktur Membran Plasma

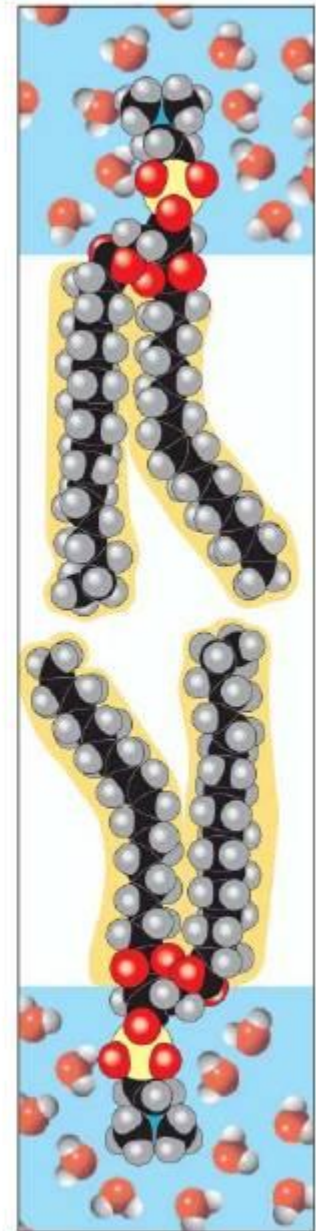
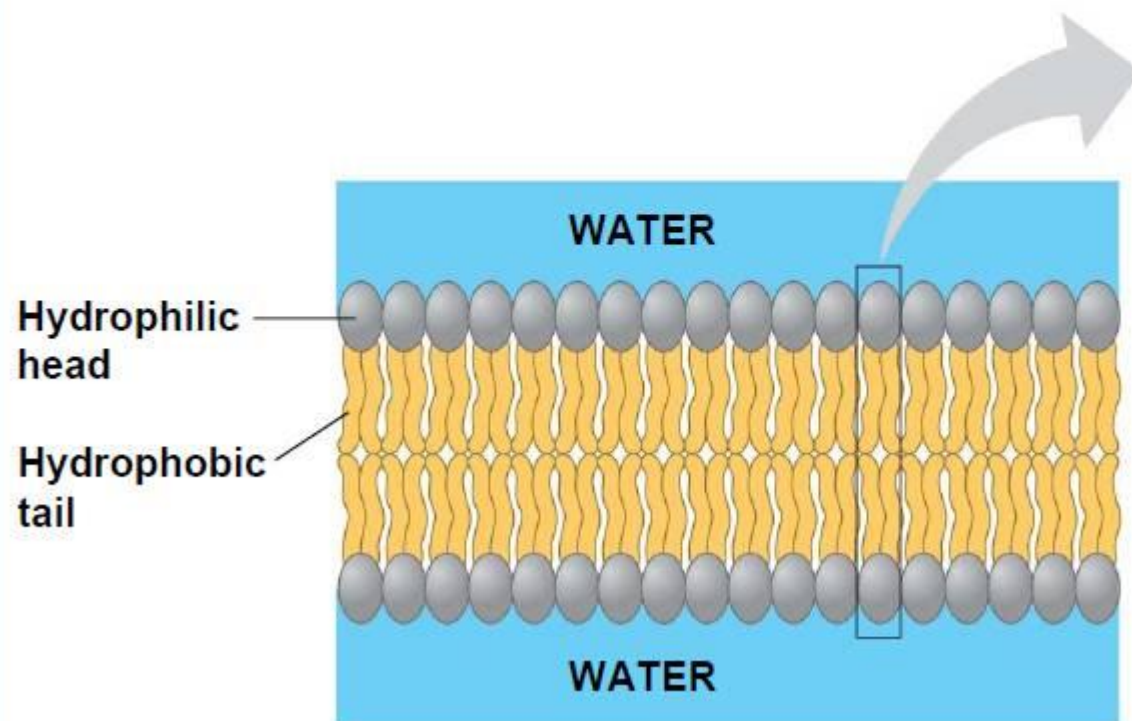
Terdiri dari : lipid (fosfolipid, glikolipid, dan kolesterol), protein, dan karbohidrat.



Membran Lipid

- Membran plasma yang terbuat dari lipid berlapis dua (*bilayer*).
- Komposisi : fosfolipid (75%), kolesterol (20%), dan glikolipid (5%).
- Bersifat Amfipatik → memiliki bagian polar dan nonpolar.
- Fosfolipid :
 - Bagian kepala (fosfat) yang bersifat polar hidrofilik dan terletak pada permukaan atas dan bawah dari membran.
 - Bagian ekor (asam lemak) yang bersifat nonpolar hidrofobik dan terletak di sebelah dalam membran plasma.

Fosfolipid



Membran Lipid

- Kolesterol (amfipatik lemah):
 - -OH (kepala) bersifat polar dan membentuk ikatan hidrogen dengan bagian polar (kepala) dari fosfolipid dan glikolipid.
 - Cincin steroid dan hidrokarbon (ekor) bersifat nonpolar, dan terletak di antara ekor asam lemak dari fosfolipid dan glikolipid.
- Glikolipid :
 - Bagian kepala yang berikatan dengan KH bersifat polar.
 - Bagian ekor yang berupa asam lemak bersifat nonpolar.
 - Terdapat hanya pada lapisan membran yang menghadap cairan ekstraseluler (CES).

Membran Karbohidrat

- Berikatan secara kovalen dengan lipid dan protein
- Bagian karbohidrat dari glikolipid dan glikoprotein akan membentuk lapisan gula yang disebut *glycocalyx*.
- Fungsi :
 - “*cell-cell recognition*” → kemampuan untuk membedakan sel satu dengan lainnya (antigen)
 - Perkembangan organ dan jaringan
 - Sistem imune → penolakan terhadap sel asing
 - Mengabsorpsi air sehingga permukaan sel menjadi licin → dapat melalui pembuluh darah yang sempit dan menjaga sel-sel di sepanjang saluran pernafasan dan GI agar tidak mengering.

Membran Protein

- Protein Integral:

- Terdapat disepanjang bagian ekor dari asam lemak pada lipid bilayer.
- Terikat kuat pada membran dan sulit untuk dipisahkan.
- Kebanyakan terdiri dari protein transmembran (membentang disepanjang lipid bilayer dan menonjol keluar ke dalam sitosol dan CES).
- Bersifat amfipatik dengan bagian hidrofilik (polar) menonjol keluar ke dalam sitosol dan CES, dan bagian hidrofobik (nonolar) berada disepanjang bagian ekor dari asam lemak.

Membran Protein

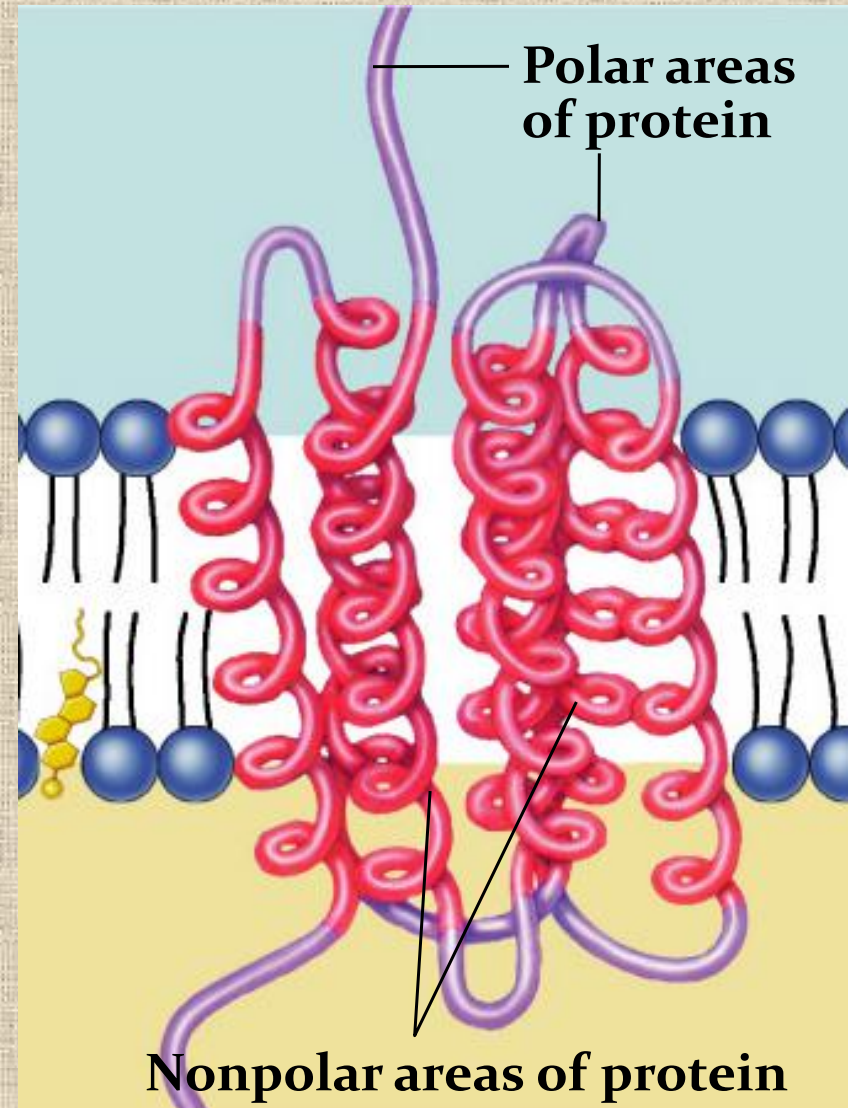
- Protein Perifer:
 - Tidak terikat kuat pada membran sehingga mudah untuk dipisahkan.
 - Terikat secara longgar pada bagian polar (kepala) dari membran lipid atau pada protein integral yang terdapat pada bagian dalam maupun luar dari membran.
- Glikoprotein:
 - Protein yang pada bagian ujungnya terikat oleh kelompok karbohidrat (KH) dan terdapat hanya pada CES.

- Permukaan dalam membran

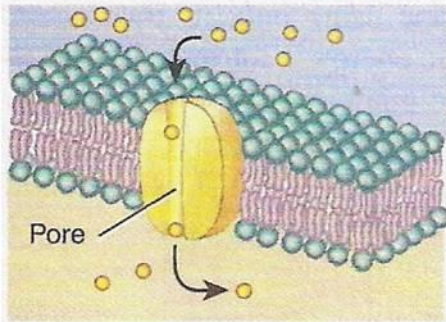
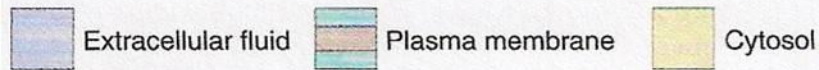
- asam amino nonpolar
 - hydrophobic
 - Menjangkarkan protein ke dalam membran

- Permukaan luar membran

- asam amino polar
 - hydrophilic
 - Berada disepanjang sitosol dan CES

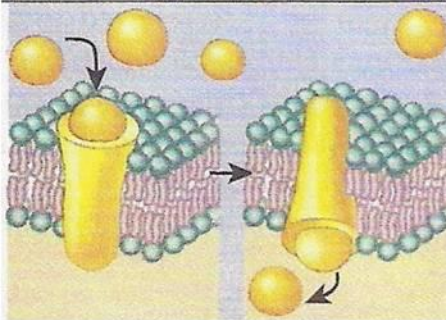


Fungsi Membran Protein



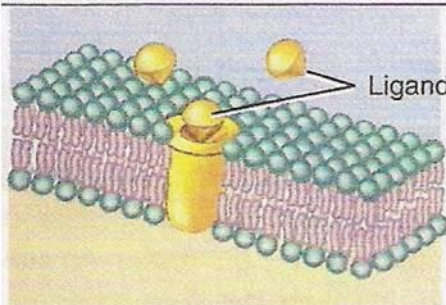
Ion channel (integral)

Allows specific ion (●) to move through water-filled pore. Most plasma membranes include specific channels for several common ions.



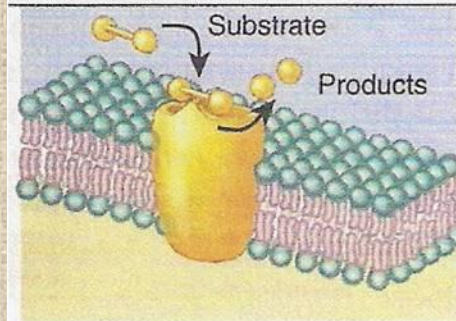
Carrier (integral)

Transports specific substances (●) across membrane by changing shape. For example, amino acids, needed to synthesize new proteins, enter body cells via carriers. Carrier proteins are also known as *transporters*.



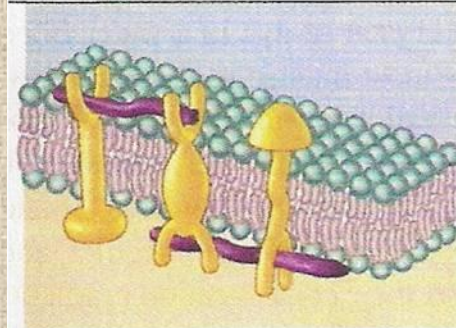
Receptor (integral)

Recognizes specific ligand (◊) and alters cell's function in some way. For example, antidiuretic hormone binds to receptors in the kidneys and changes the water permeability of certain plasma membranes.



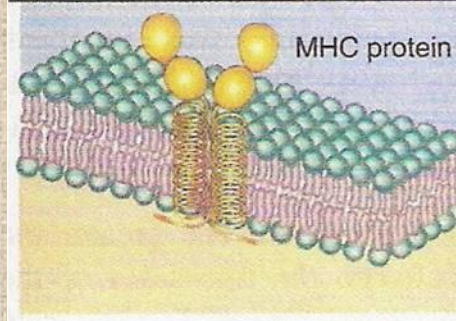
Enzyme (integral and peripheral)

Catalyzes reaction inside or outside cell (depending on which direction the active site faces). For example, lactase protruding from epithelial cells lining your small intestine splits the disaccharide lactose in the milk you drink.



Linker (integral and peripheral)

Anchors filaments inside and outside the plasma membrane, providing structural stability and shape for the cell. May also participate in movement of the cell or link two cells together.



Cell identity marker (glycoprotein)

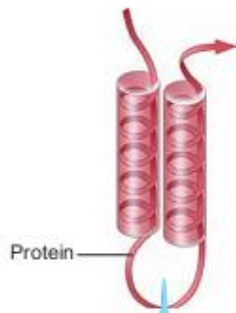
Distinguishes your cells from anyone else's (unless you are an identical twin). An important class of such markers are the major histocompatibility (MHC) proteins.

Transport Protein

- Merupakan protein integral yang menyebabkan ion atau molekul bergerak dari sisi membran plasma satu ke yang lainnya.
- Protein ini meliputi *channel protein*, *carrier protein*, dan *ATP-powered pumps*.
- **Channel Protein** – small hydrophilic pores that allow for solutes to pass through
 - Use diffusion to move across
 - Also called ion channels when only ions moving

- **Carrier Proteins** – move the solute across the membrane by binding it on one side and transporting it to the other side
 - Requires a conformation change
 - Usually only carry one type of molecule
 - Required for almost all small organic molecules
 - Exception – fat-soluble molecules and small uncharged molecules that can pass by simple diffusion
 - The movement of ions or molecules by carrier protein can be classified as uniport, symport, or antiport.
- **ATP-Powered Pumps** — move specific ions and molecules from one side of the plasma membrane to the other fueled by the breakdown of ATP (adenosine triphosphate) into ADP (adenosine diphosphate) which releases energy, changing the shape of protein.

- a. Some regions of a protein are helical. Each helical region can be depicted as a cylinder.



- b. In some membrane proteins, the helical regions form a circle with a channel in the center.



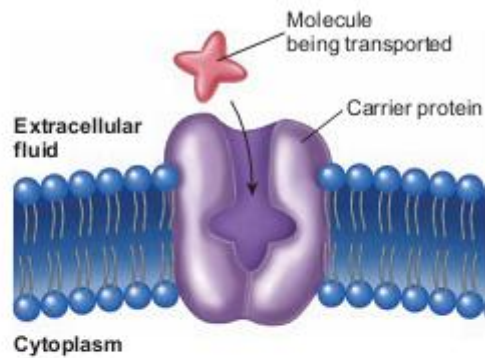
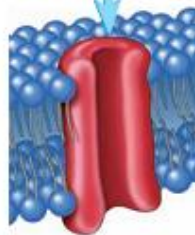
- c. The ring of cylinders can be depicted as a 3-D globular structure with a channel in the center. This is called a channel protein.



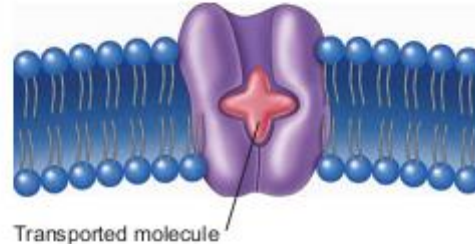
- d. The channel protein can be depicted cut in half to show the channel.



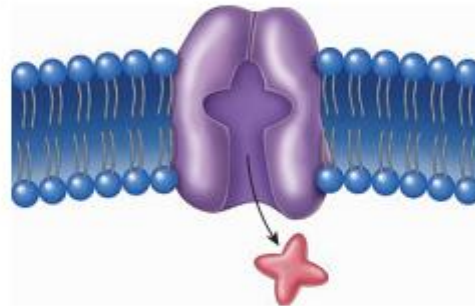
- e. The cut channel protein is depicted within the plasma membrane.



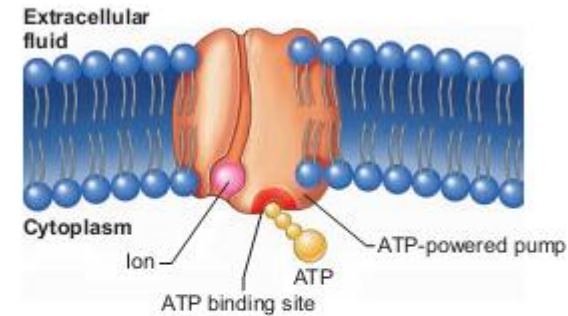
1. A molecule enters the carrier protein from one side of the plasma membrane.



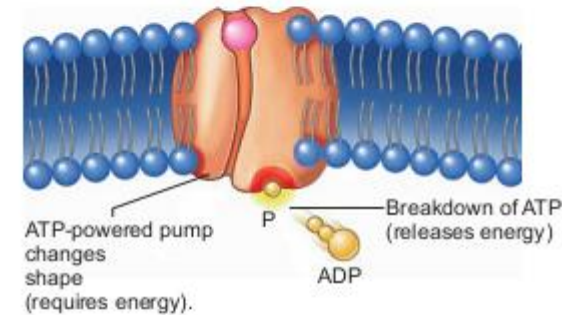
2. The carrier protein briefly binds the transported molecule.



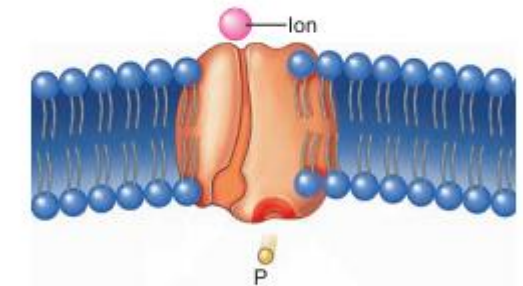
3. The carrier protein changes shape and releases the transported molecule on the other side of the plasma membrane. The carrier protein then changes back to its original shape (go to step 1).



1. ATP and ion bind to the ATP-powered pump.



2. The ATP breaks down to adenosine diphosphate (ADP) and a phosphate (P) and releases energy, which powers the shape change in the ATP-powered pump. As a result, the ion moves across the membrane.



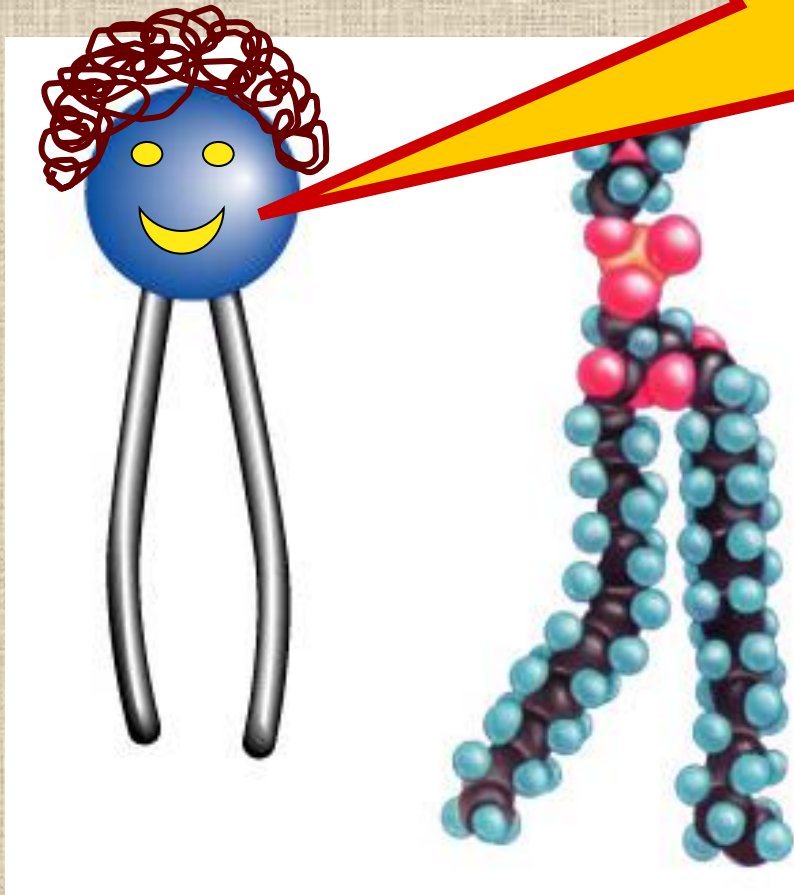
3. The ion and phosphate are released from the ATP-powered pump. The pump resumes its original shape (go to step 1).

FIGURE 3.6 Channel Protein

PROCESS FIGURE 3.7 Carrier Protein

PROCESS FIGURE 3.8 ATP-Powered Pump

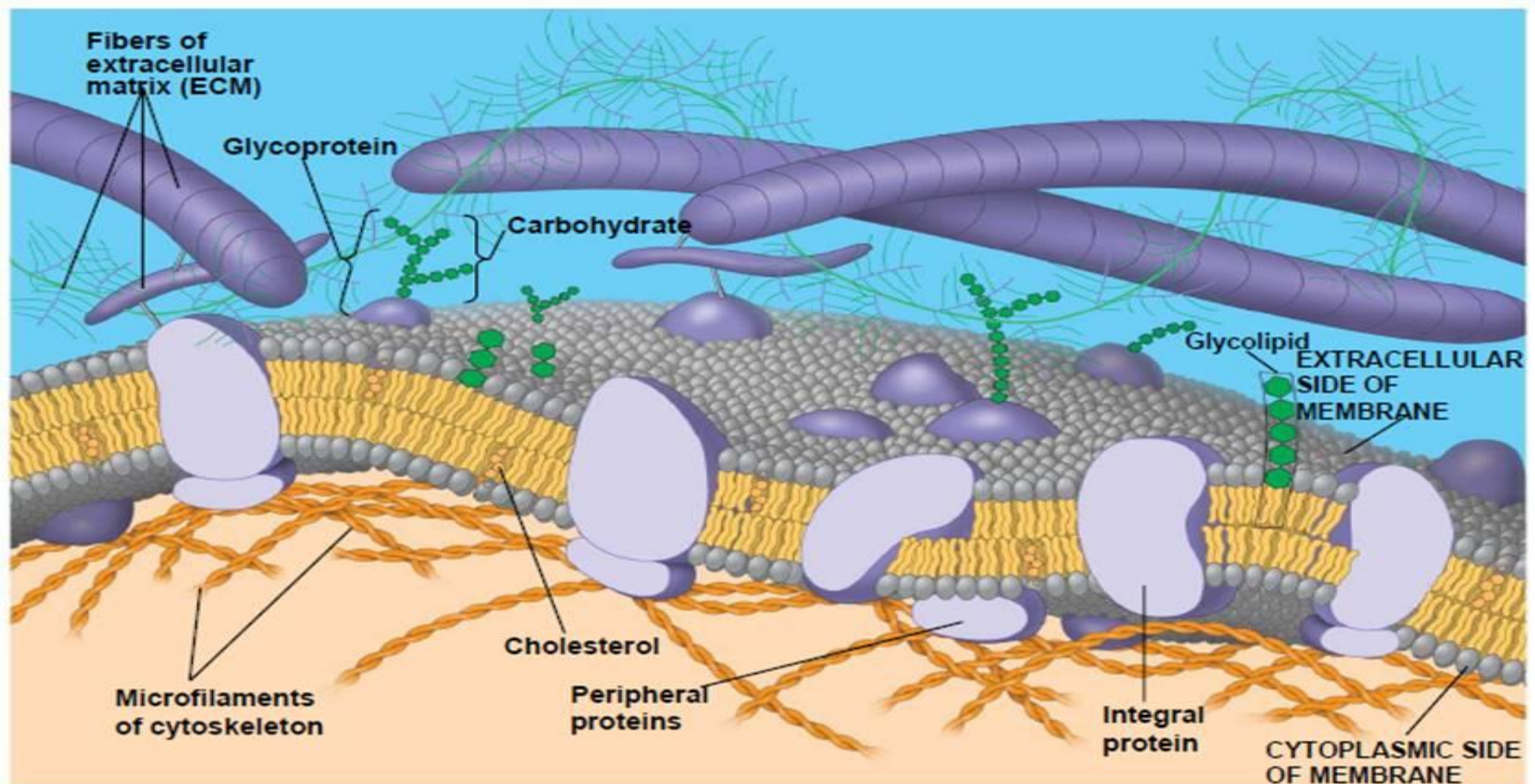
Any Questions??



1972, S.J.Singer and G. Nicolson proposed this model:

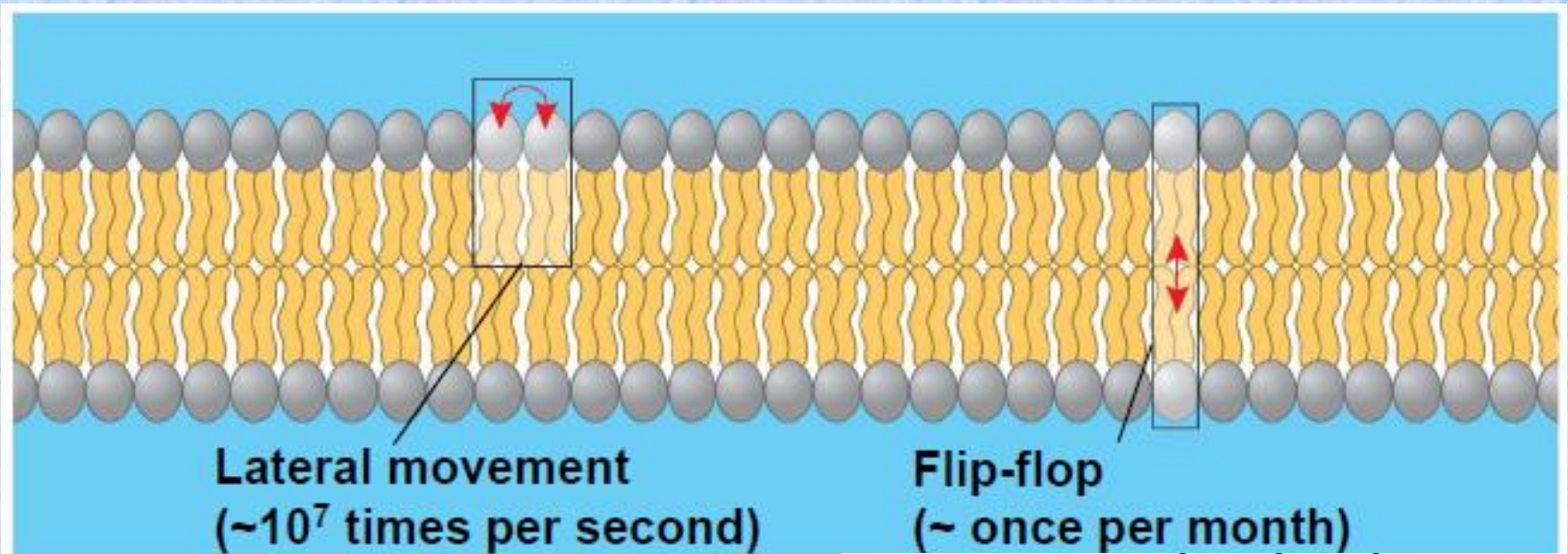
Membranes are Mosaic of Structure and Function

A membrane is a collage of different proteins embedded in the fluid matrix of the lipid bilayer.



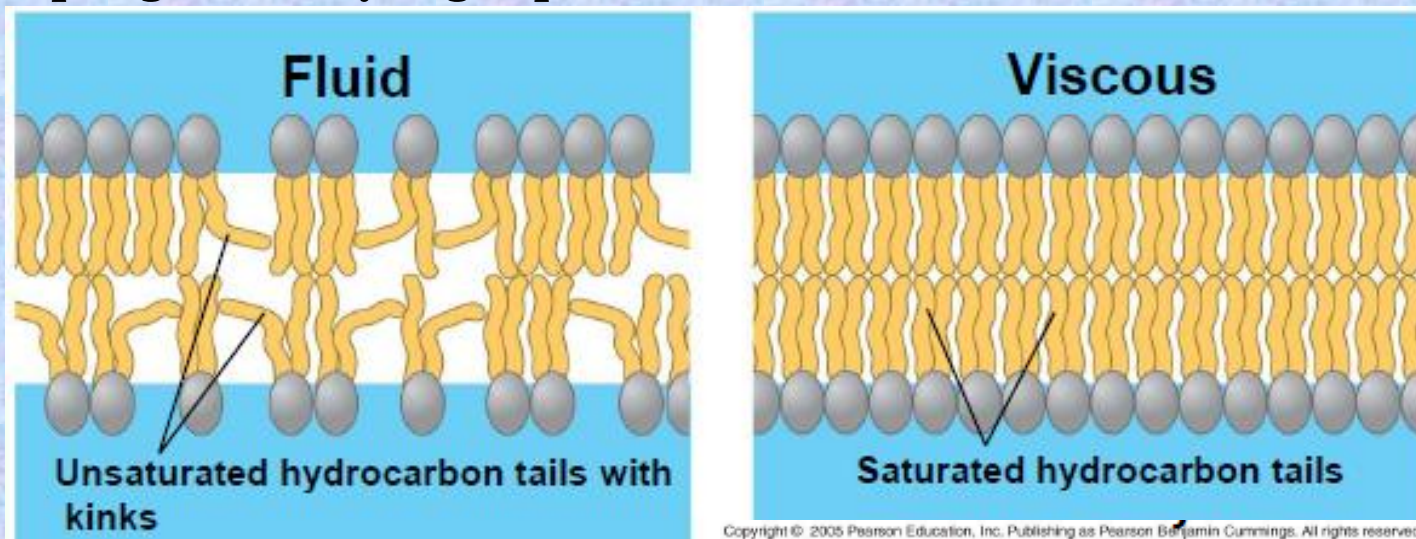
Fluiditas Membran

- Membran adalah struktur cair (*fluid*):
 - Molekul lipid dan protein dapat bergerak bebas secara lateral pada masing-masing lapisan → sering
 - Fosfolipid dapat bergerak secara transversal dari satu lapisan ke lapisan lainnya (*flip-flop*) → jarang



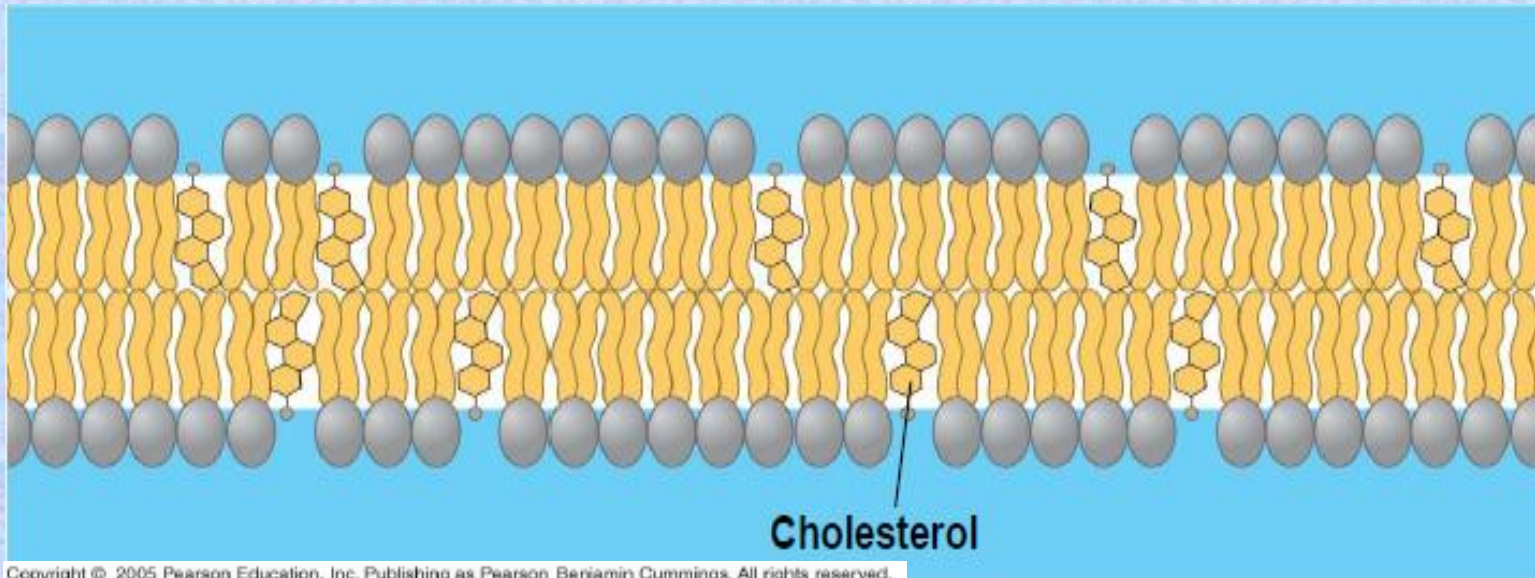
Fluiditas Membran

- Faktor yang mempengaruhi fluiditas membran :
 - Suhu dan komposisi lipid
 - pada suhu rendah, membran menjadi kurang cair dan fosfolipid dikemas menjadi lebih berdekatan.
 - membran yang kaya akan asam lemak tidak jenuh lebih cair daripada membran yang kaya akan asam lemak jenuh karena “*kink*” pada bagian ekor dari asam lemak tidak jenuh mencegah pengemasan yang rapat.



Fluiditas Membran

- Faktor yang mempengaruhi fluiditas membran :
 - Jumlah kolesterol yang ada
 - pada suhu normal / hangat, kolesterol menyebabkan fluiditas membran menjadi kurang dengan cara membatasi pergerakan dari fosfolipid.
 - Pada suhu rendah, kolesterol meningkatkan fluiditas membran dengan cara menghalangi pengepakan fosfolipid yang rapat.

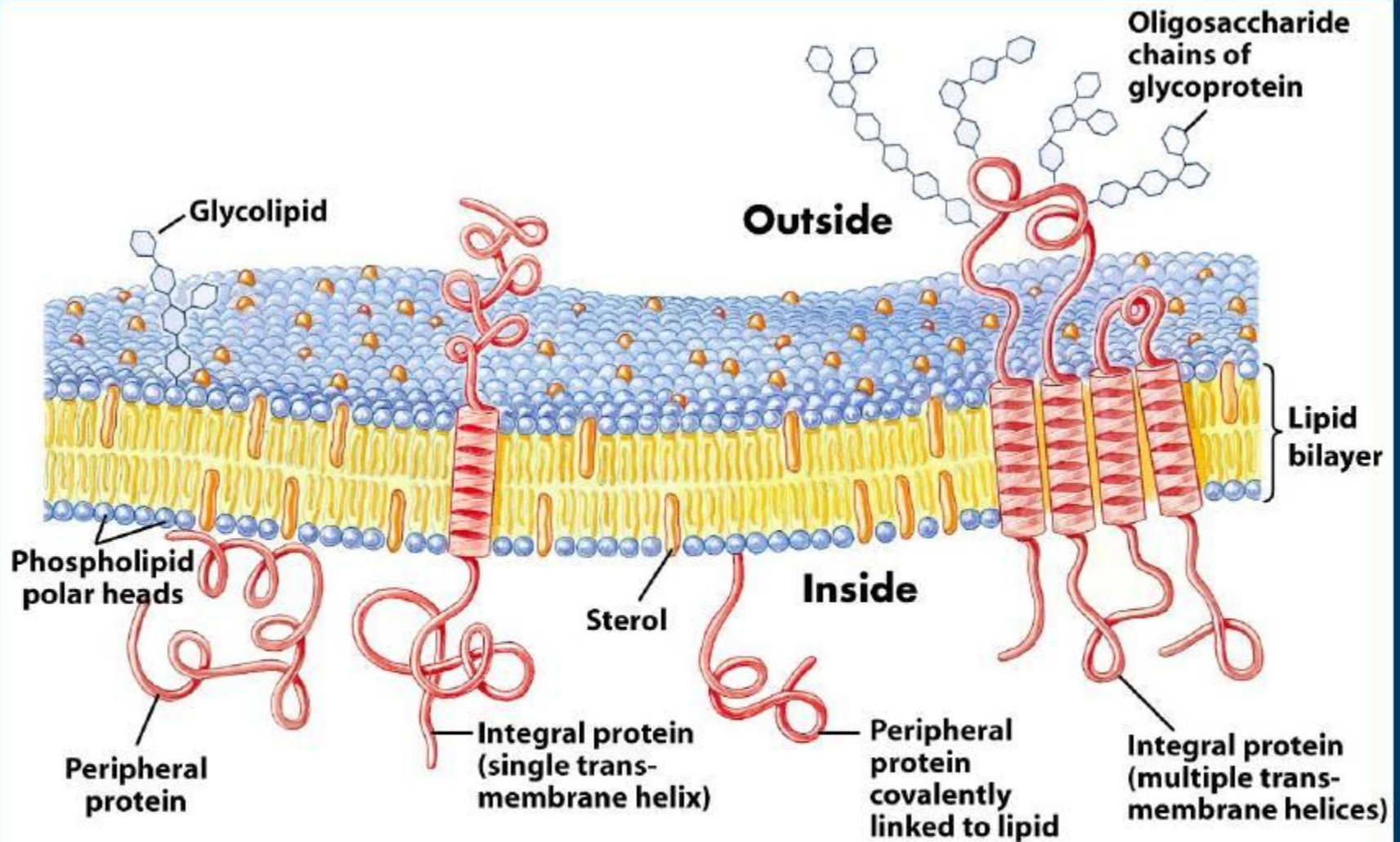


Fluiditas Membran

- Fungsi fluiditas membran :
 - Terjadinya interaksi di dalam membran plasma (mis : pertemuan membran protein).
 - Pergerakan komponen membran yang bertanggungjawab terhadap proses seluler seperti pergerakan, pertumbuhan, pembelahan, dan sekresi sel, dan pembentukan persimpangan sel.
 - Menyebabkan lipid bilayer mampu untuk melakukan “*self-seal*” jika sobek atau ditusuk.

Sifat dan Permeabilitas Membran

- Sifat membran :
 - *Impermeable membrane* - membran yang tidak dapat dilewati oleh apapun.
 - *Freely permeable membrane* – membran yang dapat dilewati oleh substansi secara bebas (Mis : molekul nonpolar (hidrofobik) yang tidak bermuatan seperti oksigen, karbondioksida, dan steroid).
 - *Selectively (slightly) permeable membrane* – membran yang dapat dilewati oleh beberapa substansi / material tertentu (Mis: molekul kecil polar yang tidak bermuatan seperti air dan urea).
 - Perbedaan berdasarkan ukuran, muatan listrik, bentuk molekul, dan kelarutan lipid.
- Sel memiliki permeabilitas yang berbeda tergantung dari :
 - Jenis lipid dan protein yang terdapat pada membran;
 - Bagaimana susunan dari komponen tersebut.



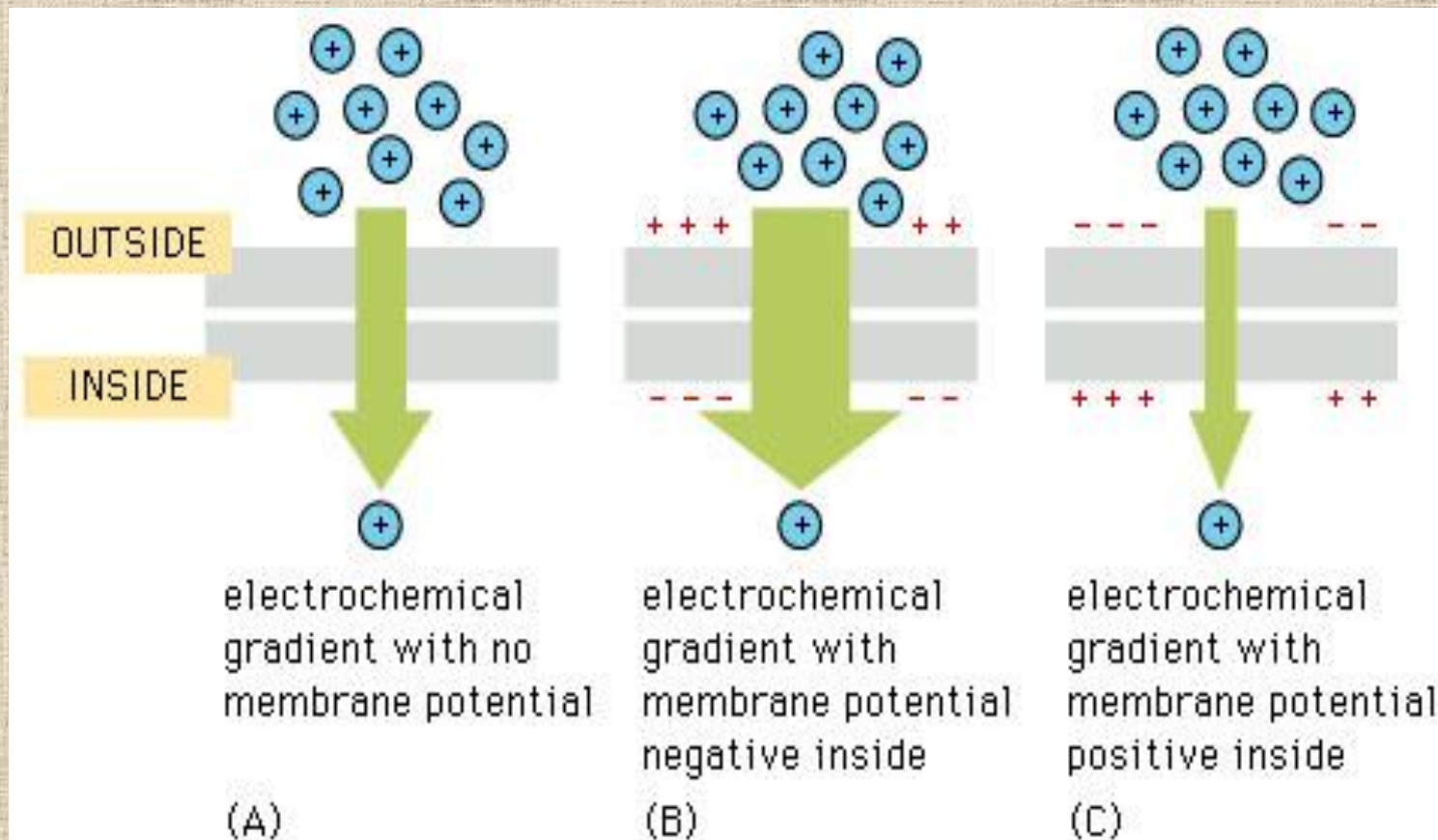
Supramolecular Structure of Biological Membrane: Results in Selective Permeability

Gradien Melewati Membran Plasma

- Membran plasma yg selektif permeabel memungkinkan sel menjaga perbedaan konsentrasi beberapa substansi pada masing-masing sisi membran plasma.
- **Gradien Konsentrasi** : perbedaan konsentrasi senyawa kimia antara satu tempat dg tempat lainnya (mis : *inside-outside* membran plasma).
- **Gradien Elektrik** : perbedaan muatan listrik di antara dua regia. (karena terjadi di antara membran plasma, maka disebut Potensial Membran).
- Pengaruh gabungan dari gradien konsentrasi dan gradien elektrik terhadap pergerakan ion tertentu **disebut Gradien Elektrokimia**.
- Kebanyakan ion dan molekul terkonsentrasi di dalam sitosol atau CES.

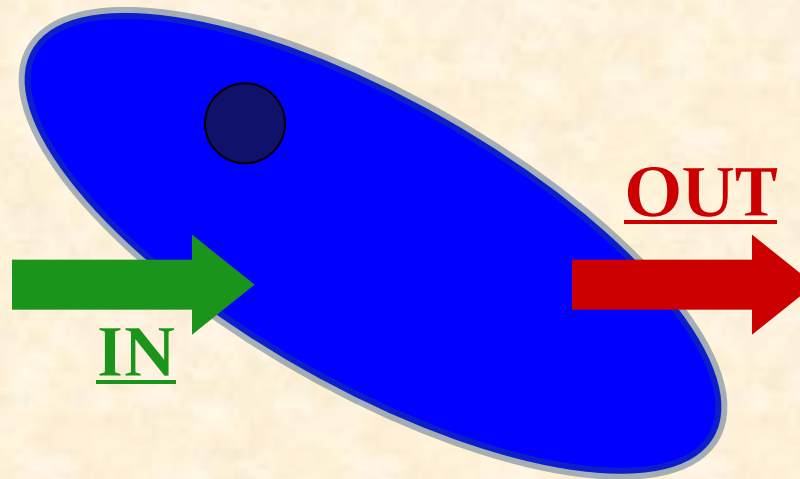
Electrochemical Gradient

- This gradient determines the direction of the solute during passive transport



Transpor Lintas Membran

IN
food
carbohydrates
sugars, proteins
amino acids
lipids
salts, O₂, H₂O



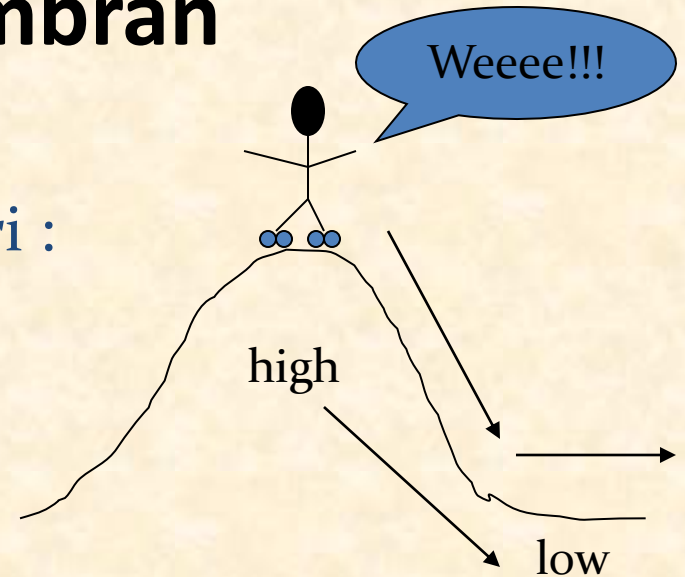
OUT
waste
ammonia
salts
CO₂
H₂O
products

Tipe Transpor Lintas Membran

Passive Process

- substansi melewati membran dari :
konsentrasi **HIGH** → **LOW**
- tidak menggunakan energi

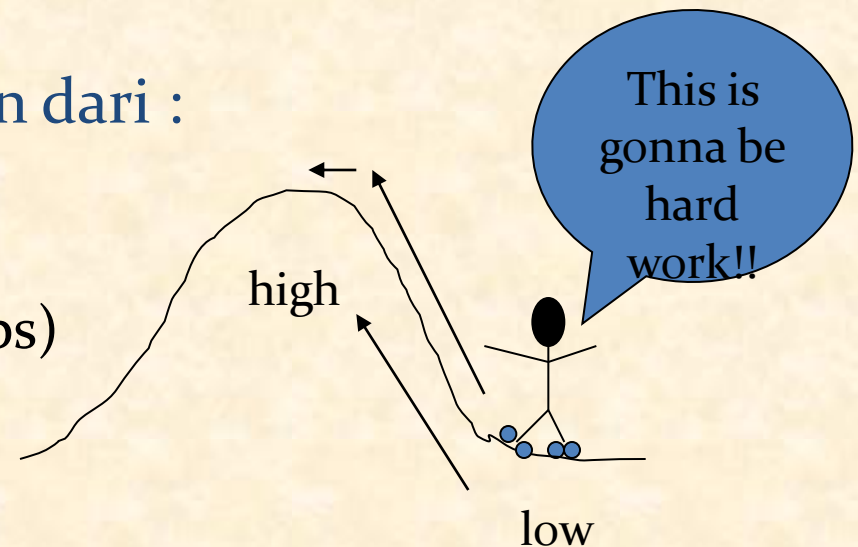
1. Diffusion
2. Facilitated Diffusion
3. Osmosis



Active Process

- substansi melewati membran dari :
konsentrasi **LOW** → **HIGH**
- menggunakan energi seluler

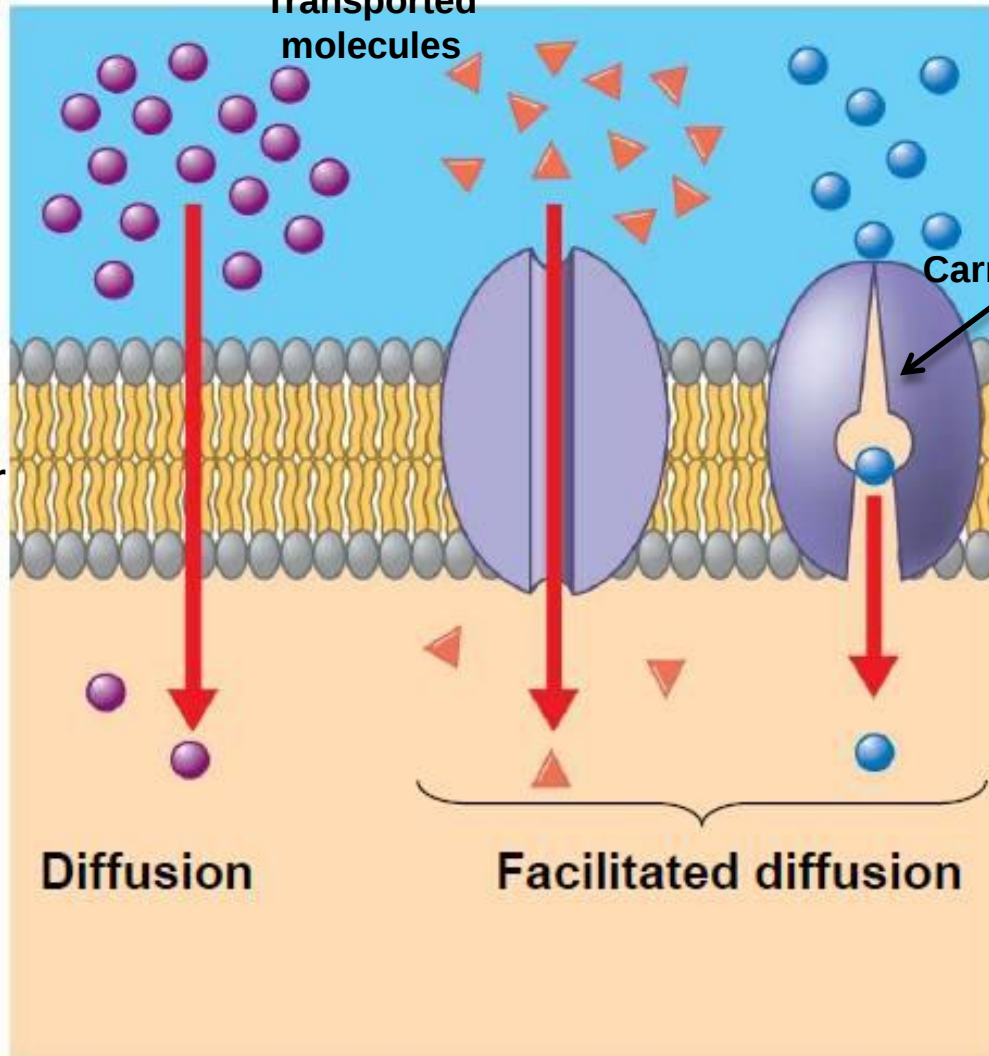
1. Active transport (Protein Pumps)
2. Endocytosis
3. Exocytosis



Passive transport

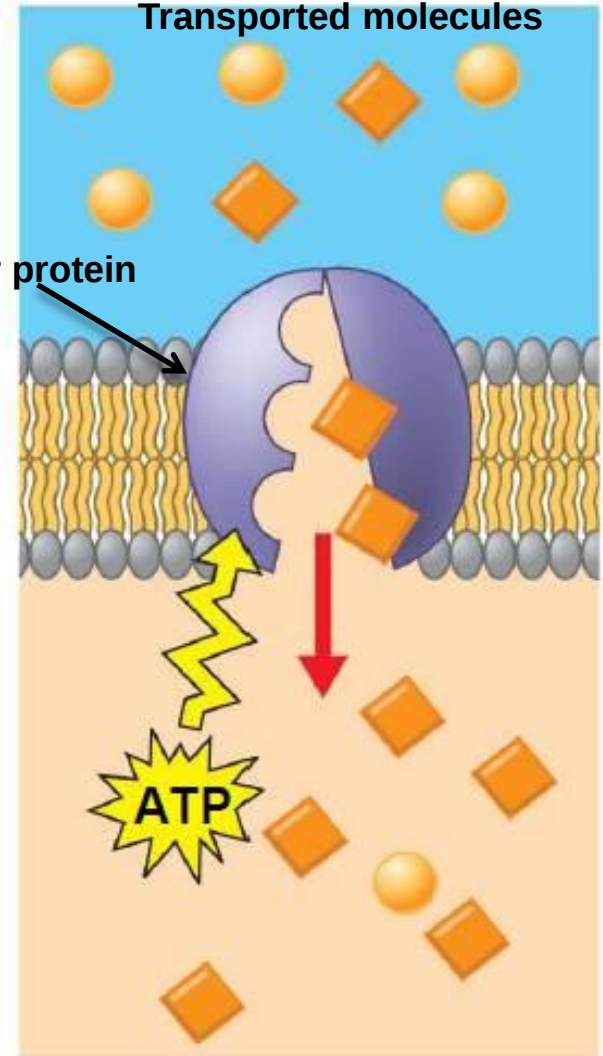
Transported molecules

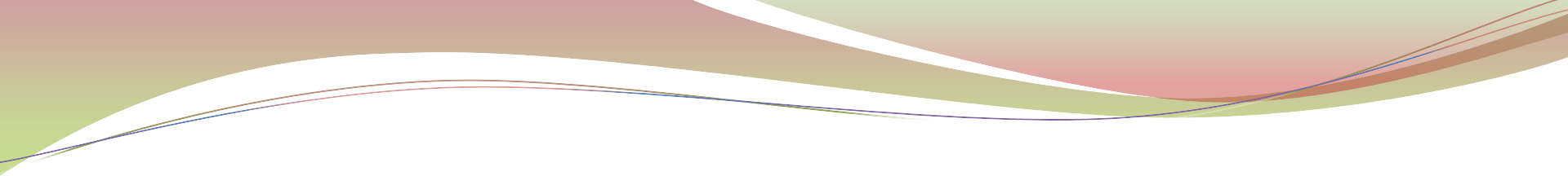
Lipid bilayer



Active transport

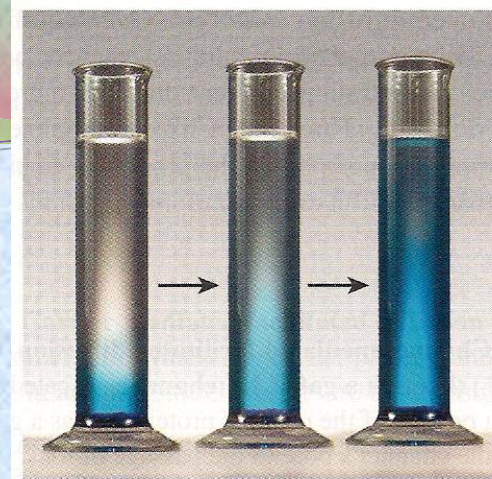
Transported molecules





Proses Pasif

Diffusion



Beginning
(a)

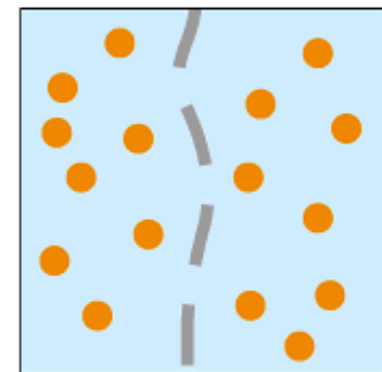
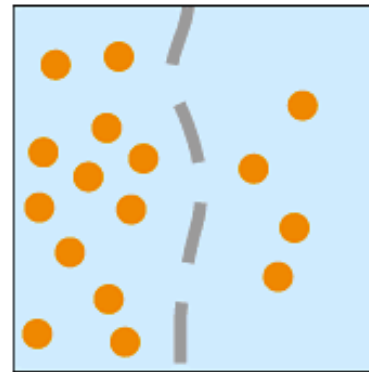
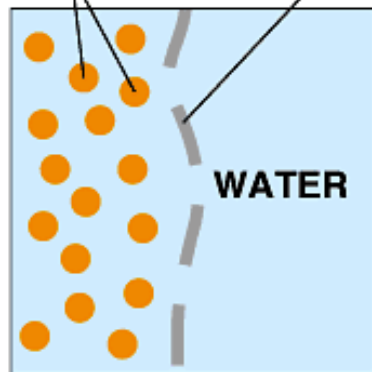
Intermediate
(b)

Equilibrium
(c)

■ Diffusion

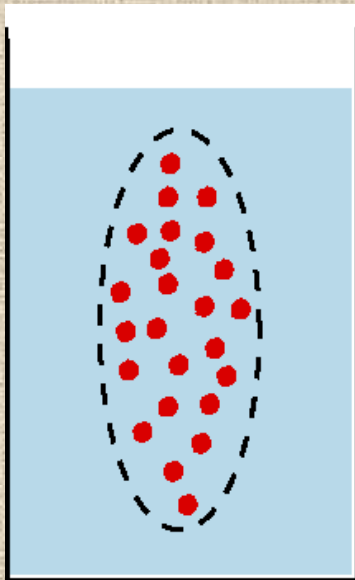
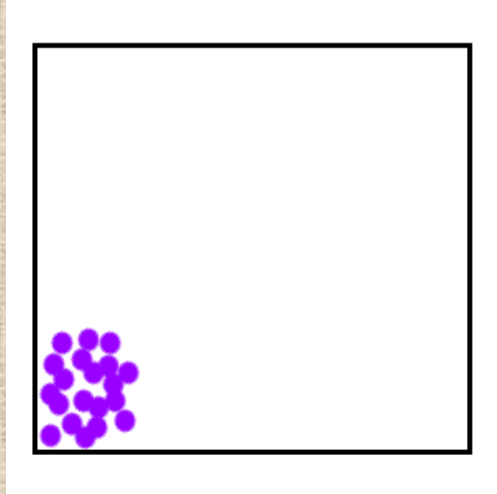
◆ movement from **High** → **Low** concentration

Molecules of dye Membrane (cross section)



Equilibrium

Difusi



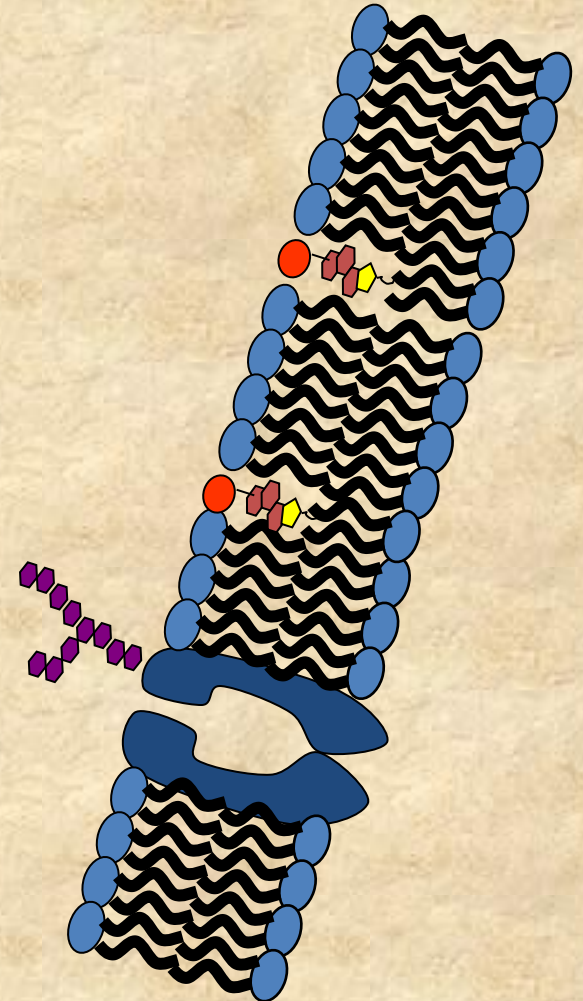
Difusi berlangsung terus-menerus hingga mencapai equilibrium.

Note :

walaupun kesetimbangan tercapai, tetapi molekul akan terus bergerak secara random → energi kinetik

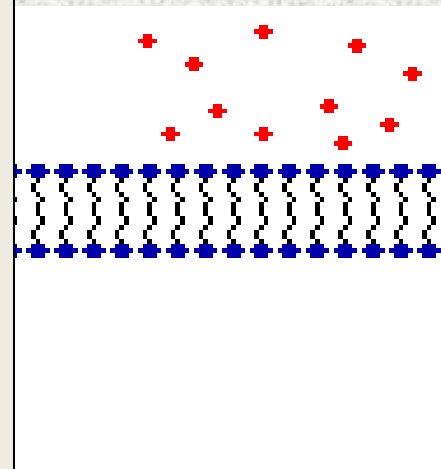
Faktor yang mempengaruhi kecepatan difusi

- Steepness of concentration gradient
- Temperature
- Mass of diffusing substance
- Surface area
- Diffusion distance



Simple Diffusion

- Difusi substansi secara bebas dari konsentrasi **HIGH** → **LOW** melalui lipid bilayer tanpa bantuan protein transporter.
- Molekul nonpolar (hidrofobik) : gas oksigen, karbondioksida, dan nitrogen; asam lemak; steroid; vitamin yang larut lemak (vit A,D,E,dan K).
- Molekul kecil polar : air, urea, dan alkohol berukuran kecil.
- Paling penting dari difusi pasif → pergerakan O₂ dan CO₂ antara darah dan sel; dan darah dan udara di dalam paru-paru selama pernafasan.

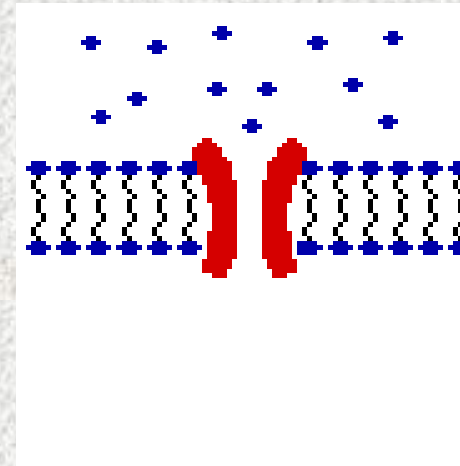


**Diffusion
(Lipid
Bilayer)**

Facilitated Diffusion

- Difusi partikel spesifik / molekul besar bermuatan dari konsentrasi **HIGH** → **LOW** menggunakan protein transporter yang berupa protein integral.
- Protein integral ini berupa : *channel atau carrier proteins.*

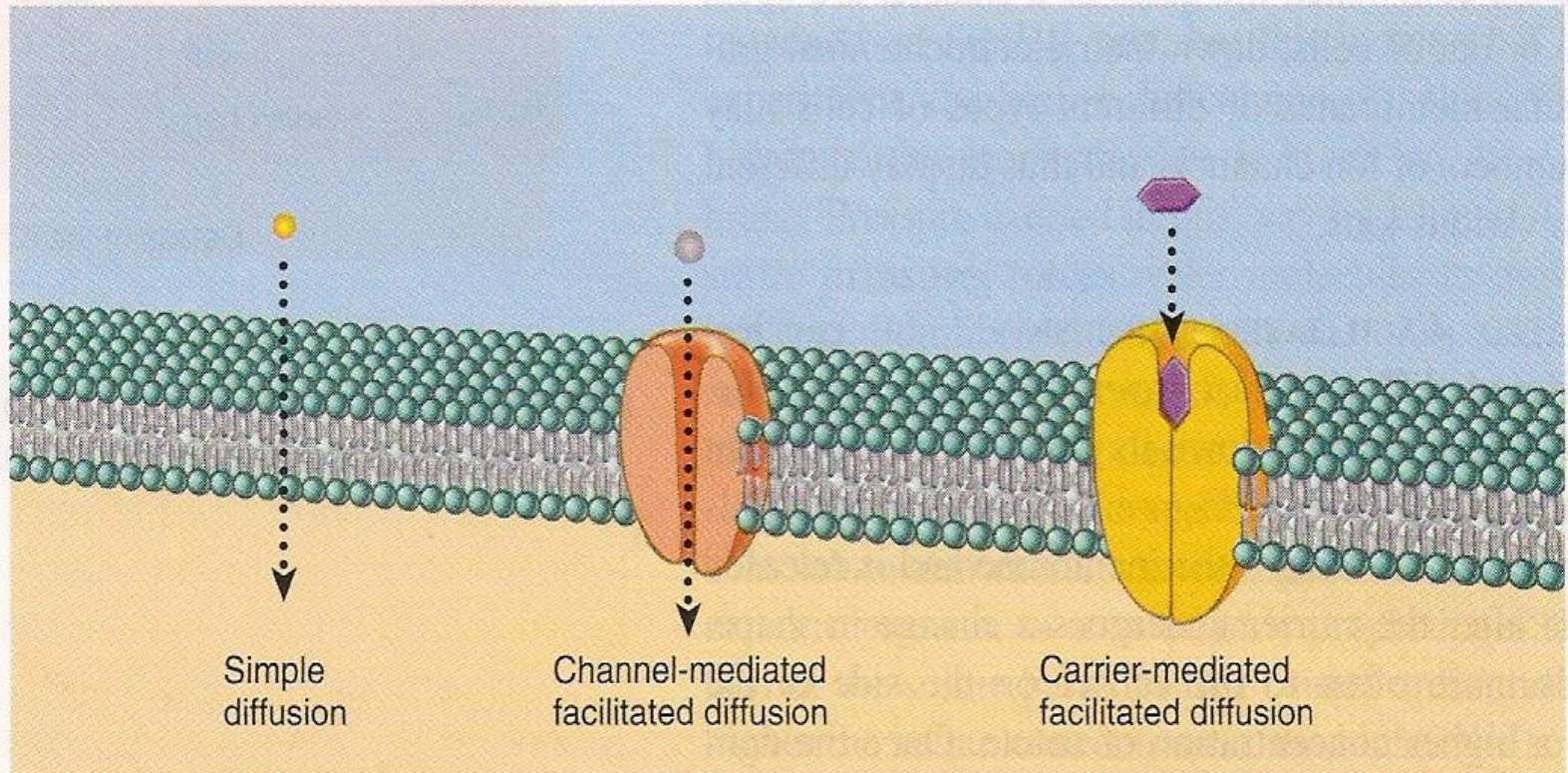
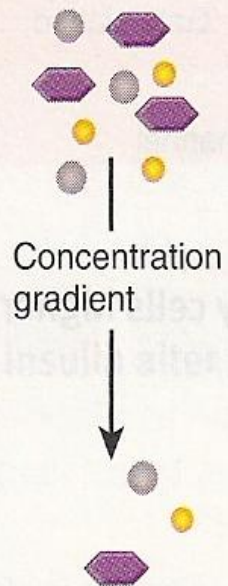
Facilitated = with help



**Facilitated diffusion
(Channel Protein)**



Carrier Protein



Channel-Mediated Facilitated Diffusion

- Protein integral (transmembran) yang memungkinkan lewatnya ion inorganik kecil yang terlalu hidrofilik untuk berpenetrasi ke dalam lapisan lipid yang nonpolar.
- Ion *channel* yang jumlahnya paling banyak pada membran plasma → ion *channel* selektif terhadap K^+ (ion kalium) dan Cl^- (ion klorida).
- Beberapa *channel* tersedia untuk Na^+ atau Ca^{2+}



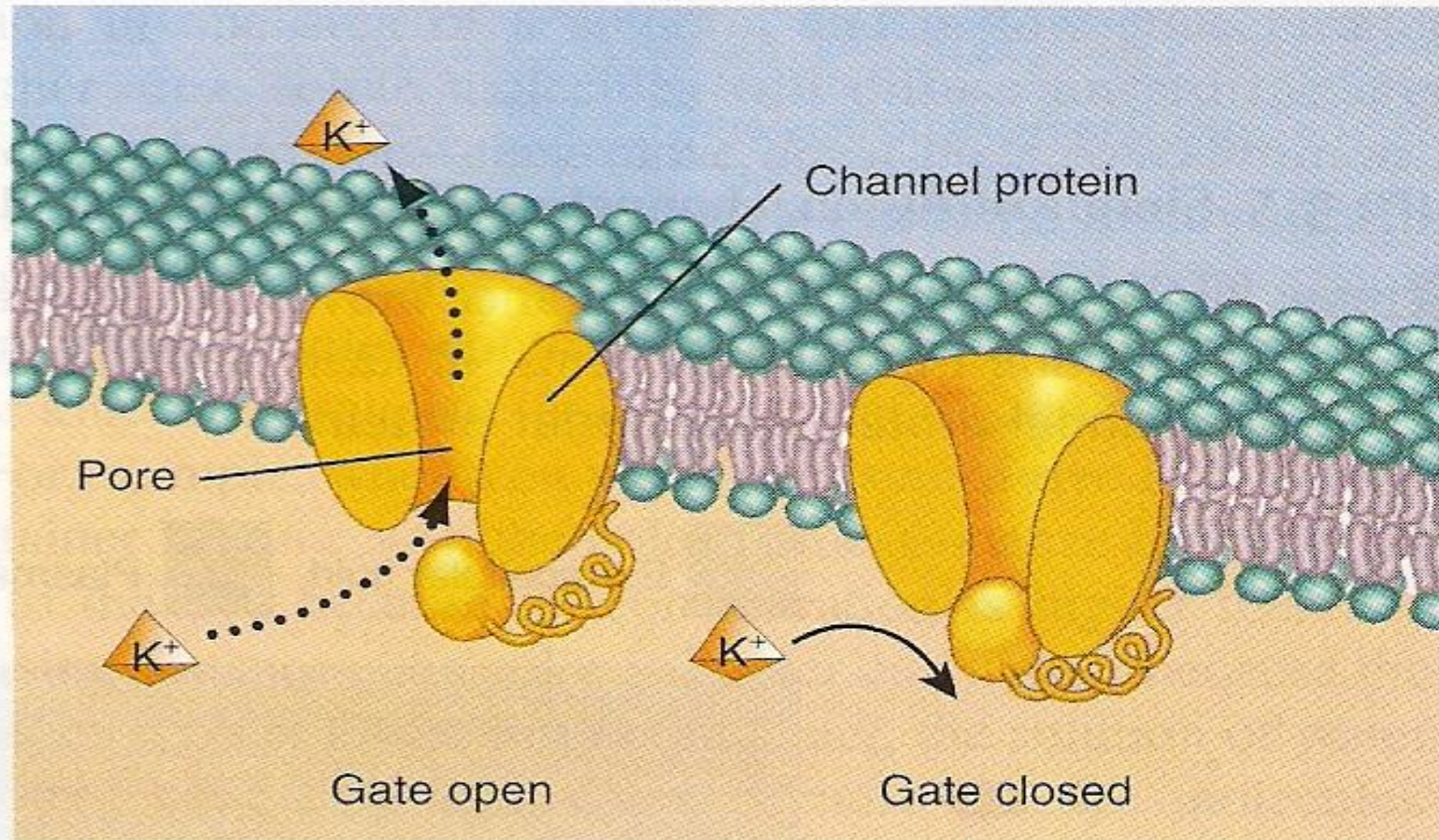
Extracellular fluid



Plasma membrane



Cytosol



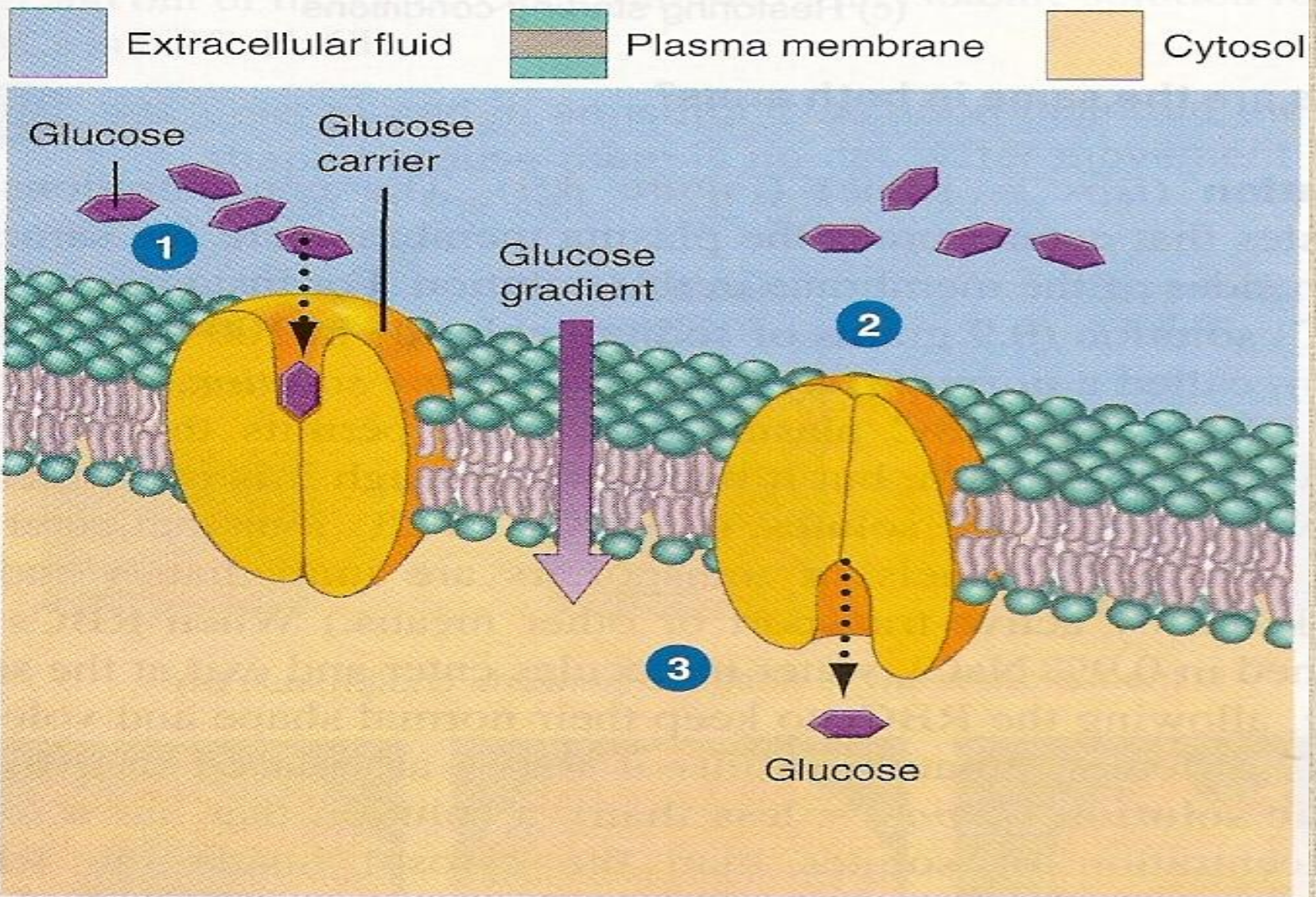
Details of the K⁺ channel

Carrier-Mediated Facilitated Diffusion

- Pada difusi ini molekul solute mengikat carrier yang spesifik pada salah satu sisi membran.
- Molekul solute mengikat membran pada satu sisi (CES) dan akan dilepaskan pada sisi lain membran (sitosol) setelah carrier mengalami perubahan bentuk → proses ini berjalan terus hingga konsentrasi pada kedua sisi membran sama.
- Selanjutnya molekul solute akan mengikat carrier pada sisi sitosol dan bergerak keluar menuju sisi CES.
- Apabila semua carrier telah ditempati, maka transport maximum tercapai dan kecepatan difusi terfasilitasi tidak akan meningkat.

Carrier-Mediated Facilitated Diffusion

- Substansi yg melewati membran plasma melalui difusi terfasilitasi meliputi glukosa, fruktosa, galaktosa, dan beberapa vitamin.
 1. Glukosa mengikat carrier spesifik (glucose transporter / GluT) pd permukaan luar membran.
 2. Saat transporter mengalami perubahan bentuk, glukosa melewati membran.
 3. Transporter melepaskan glukosa pada sisi lain membran.

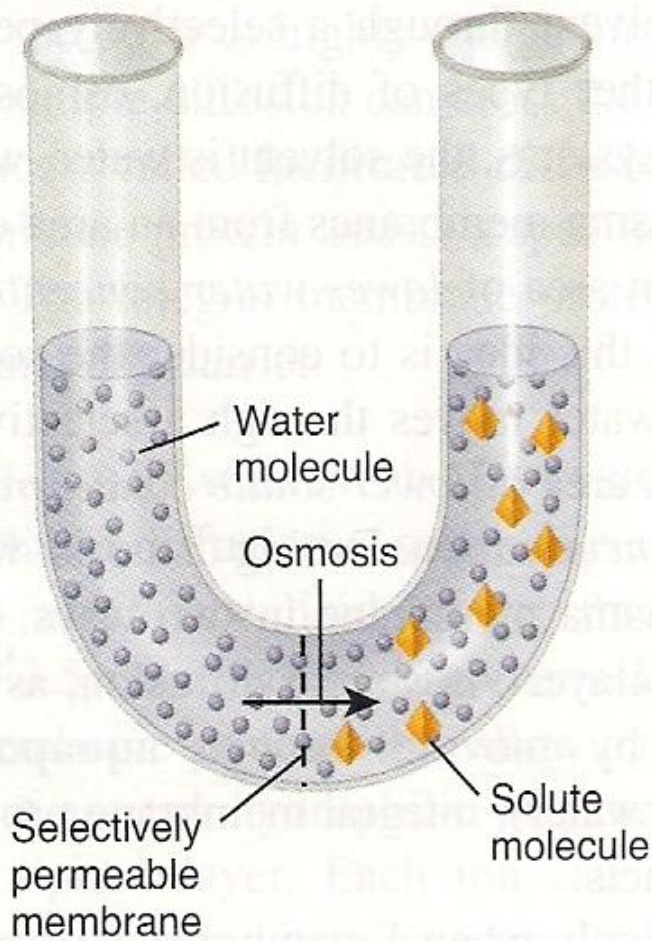


Osmosis

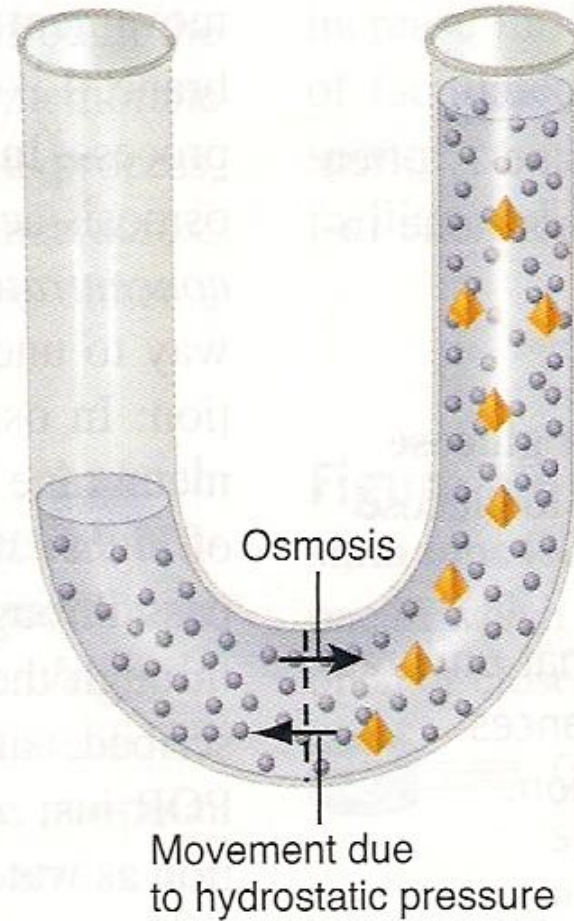
- Perpindahan air melewati membran selektif permeabel dari daerah yang memiliki konsentrasi solute rendah ke daerah yang konsentrasi solute-nya tinggi.
- Hanya dapat terjadi pada membran yang permeabel terhadap air, tapi tidak permeabel terhadap solute tertentu.
- Molekul air melewati membran plasma melalui dua cara :
 1. Bergerak melewati lipid bilayer melalui **difusi sederhana**.
 2. Bergerak melewati **aquaporin** (membran protein yg berfungsi sbg *water channel*).

Left arm

Right arm

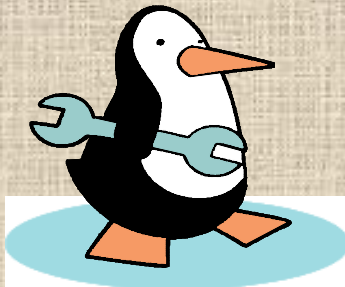


(a) Starting conditions

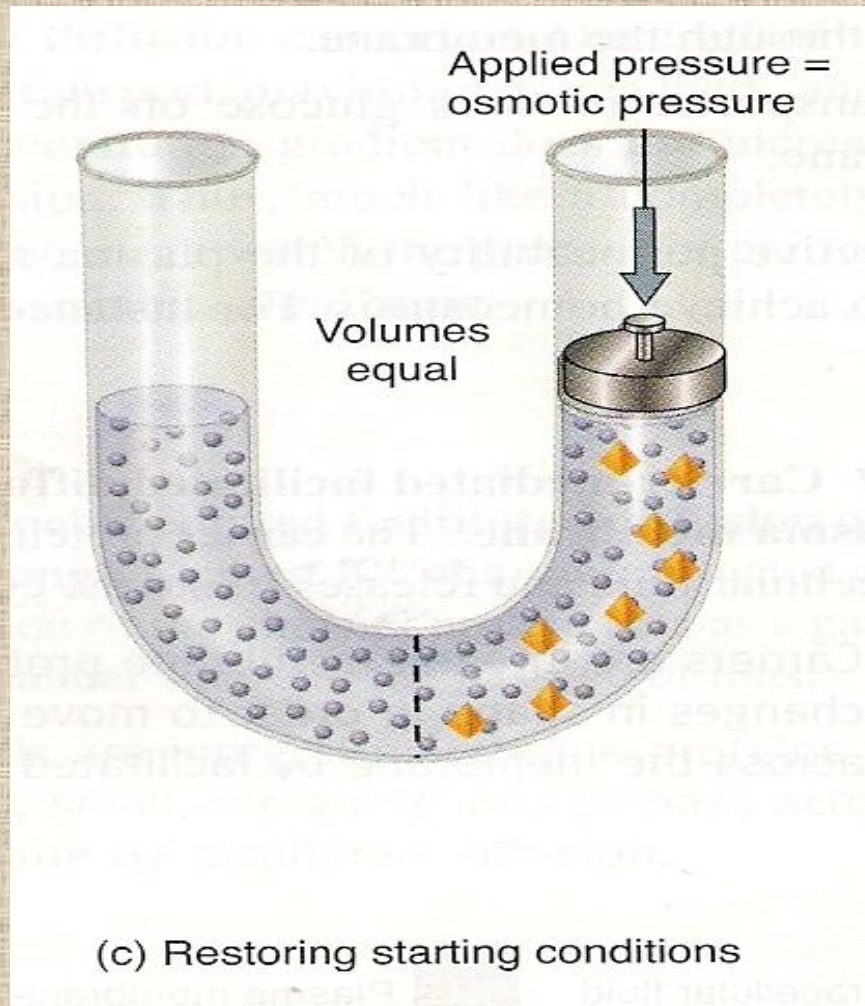
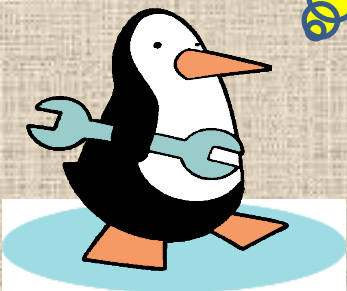


(b) Equilibrium

**Can Starting
Condition Be
Restored ???**



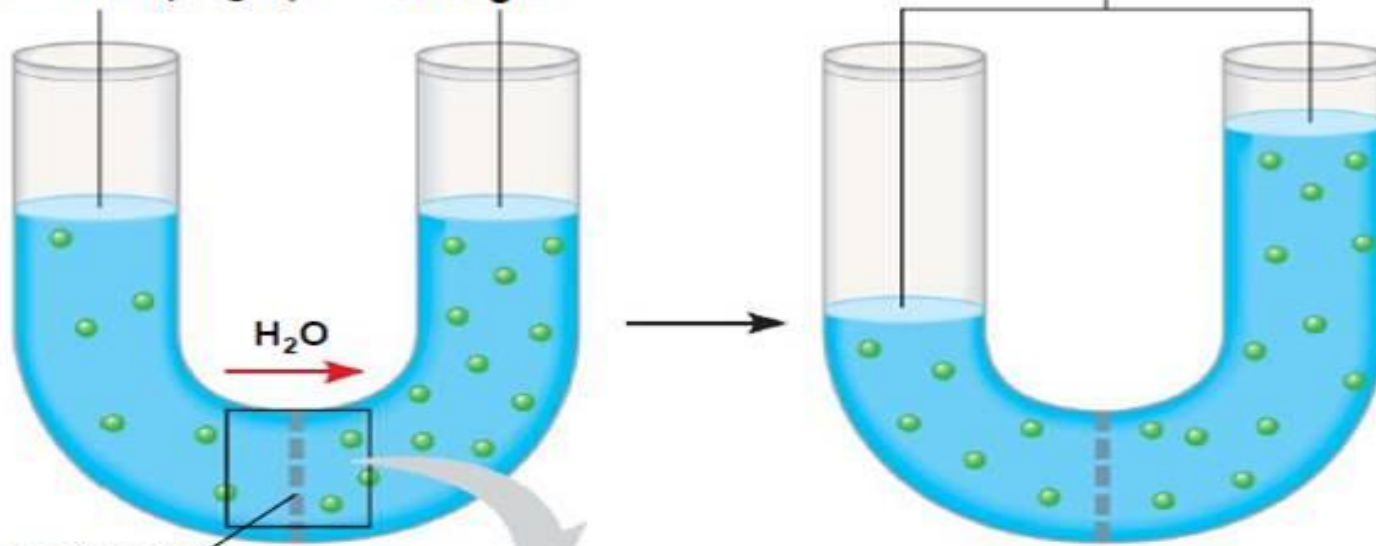
YES



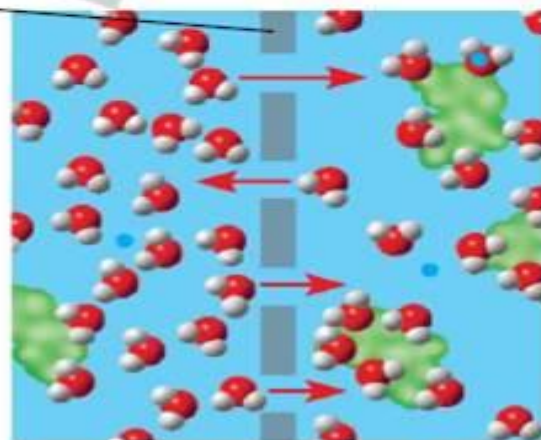
Lower
concentration
of solute (sugar)

Higher
concentration
of sugar

Same concentration
of sugar

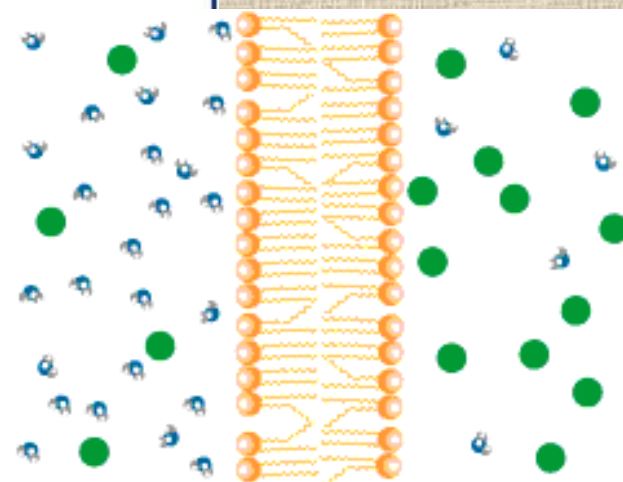


Selectively
permeable mem-
brane: sugar mole-
cules cannot pass
through pores, but
water molecules can



Osmosis

movement of water



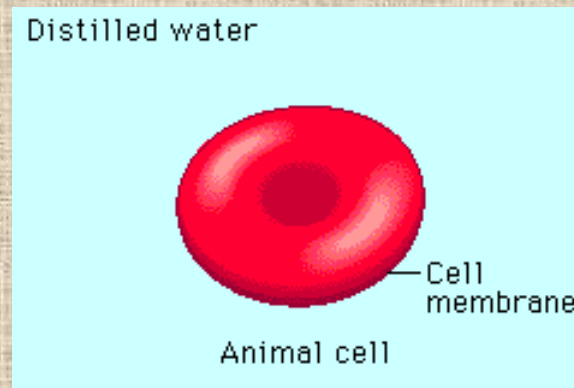
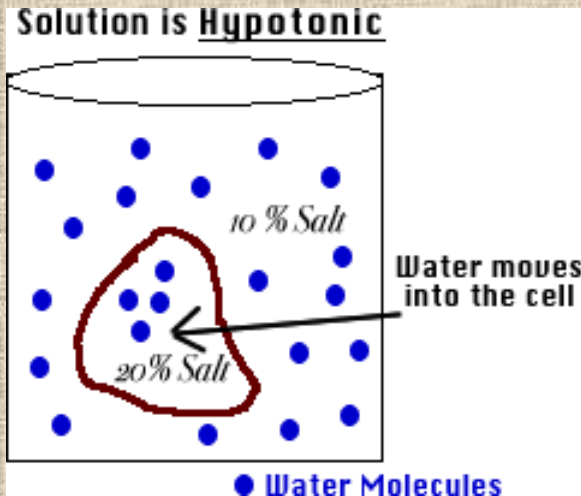
Pengaruh Tonisitas terhadap RBC

- Tonisitas adalah kemampuan larutan untuk merubah volume sel dg cara merubah kandungan air.

Hypotonic Solution

- [Osmosis](#)
Animations for isotonic, hypertonic, and hypotonic solutions

Hypotonic: The solution has a lower concentration of solutes and a higher concentration of water than inside the cell. (**Low solute; High water**)



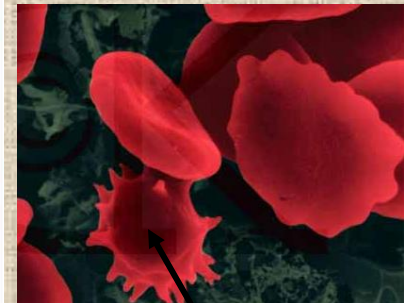
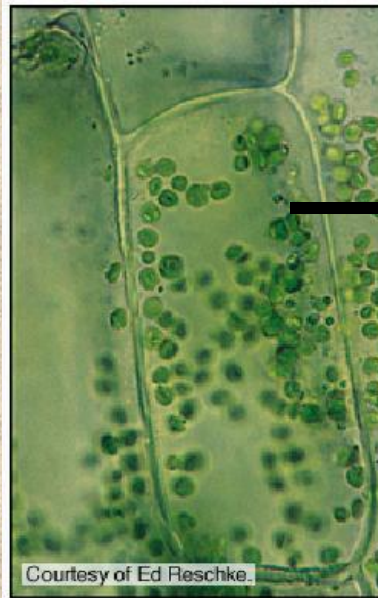
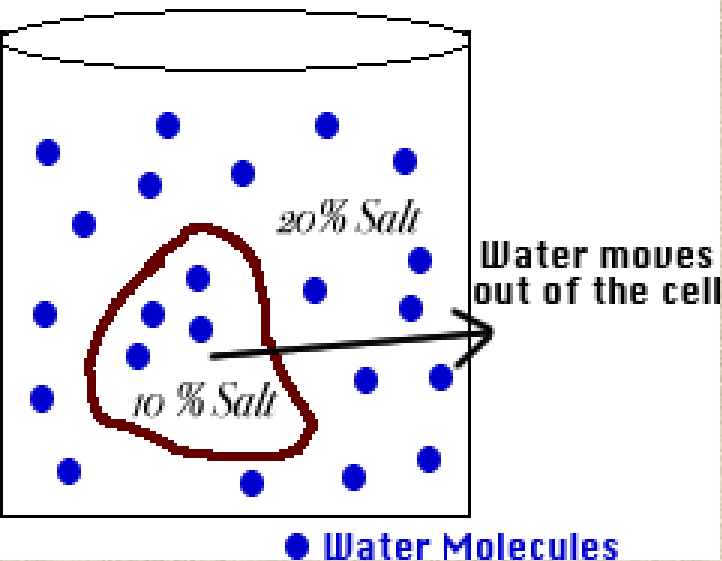
Result: Water moves from the solution to inside the cell): Cell Swells and bursts open (*cytolysis*)!

Hypertonic Solution

- [Osmosis](#)
Animations for isotonic, hypertonic, and hypotonic solutions

Hypertonic: The solution has a higher concentration of solutes and a lower concentration of water than inside the cell. **(High solute; Low water)**

Solution is Hypertonic

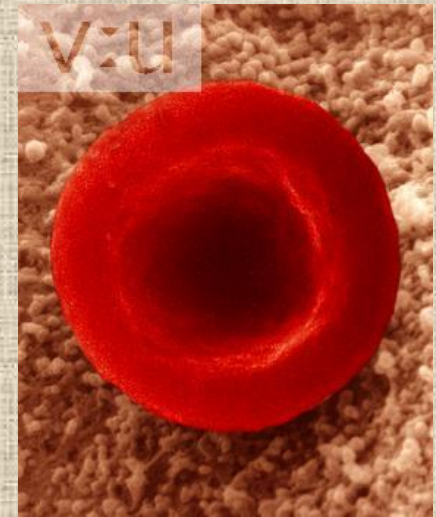
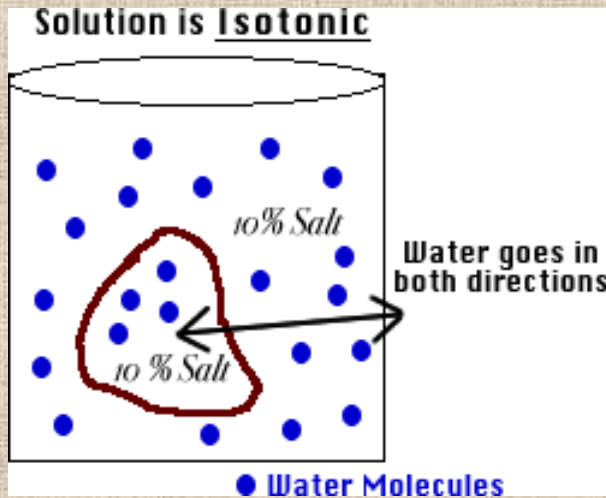


shrinks

Result: Water moves from inside the cell into the solution: Cell shrinks (*Plasmolysis*)!

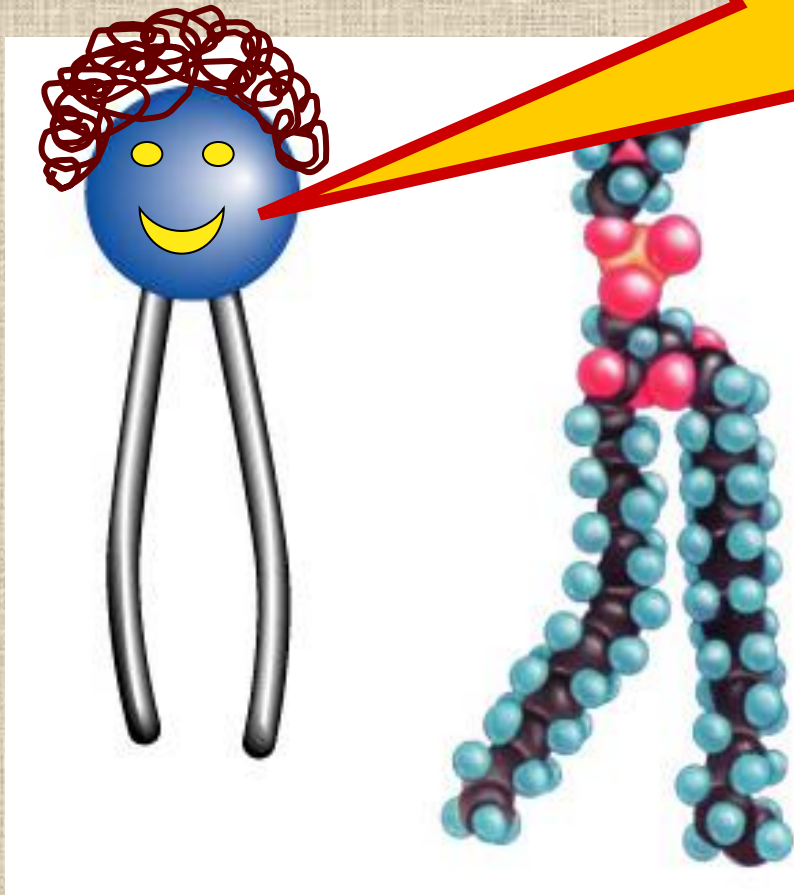
Isotonic Solution

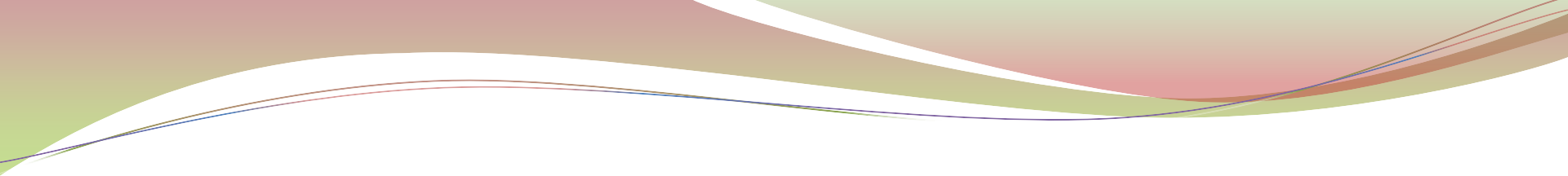
Isotonic: The concentration of solutes in the solution is equal to the concentration of solutes inside the cell.



Result: Water moves equally in both directions and the cell remains same size! (Dynamic Equilibrium)

Any Questions??



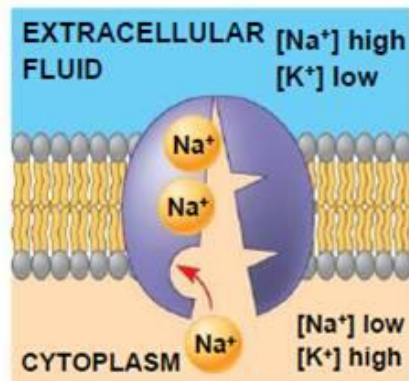


Proses Aktif

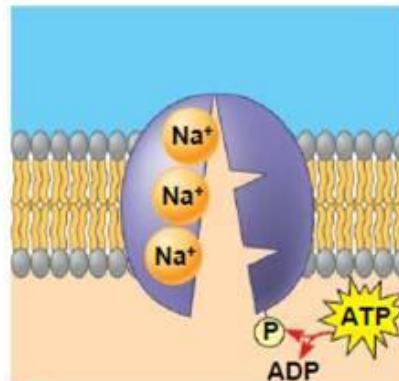
Active Transport

- Perpindahan substansi melewati membran dari konsentrasi **LOW** → **HIGH** menggunakan protein carrier yang membutuhkan energi seluler.
- Sumber energi : (1) hidrolisis Adenosine Triphosphate (ATP) → **transpor aktif primer**; (2) energi yg disimpan di dlm gradien konsentrasi ionik → **transpor aktif sekunder**.
- Solute yg menjalani transpor aktif melewati membran plasma : ion Na^+ , K^+ , H^+ , I^- , dan Cl^- ; asam amino; dan monosakarida

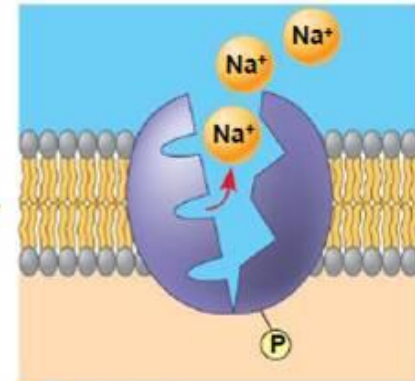
Transpor Aktif Primer



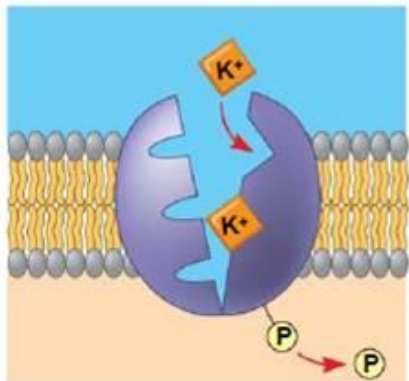
1 Cytoplasmic Na^+ bonds to the sodium-potassium pump



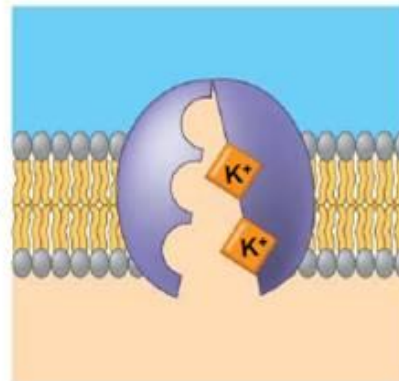
2 Na^+ binding stimulates phosphorylation by ATP.



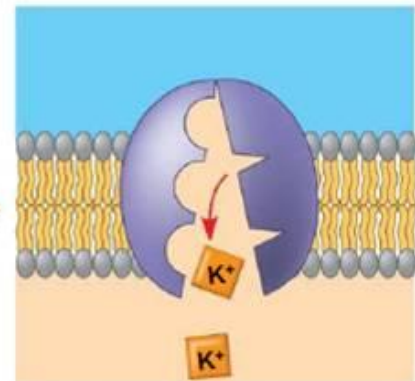
3 Phosphorylation causes the protein to change its conformation, expelling Na^+ to the outside.



4 Extracellular K^+ binds to the protein, triggering release of the phosphate group.

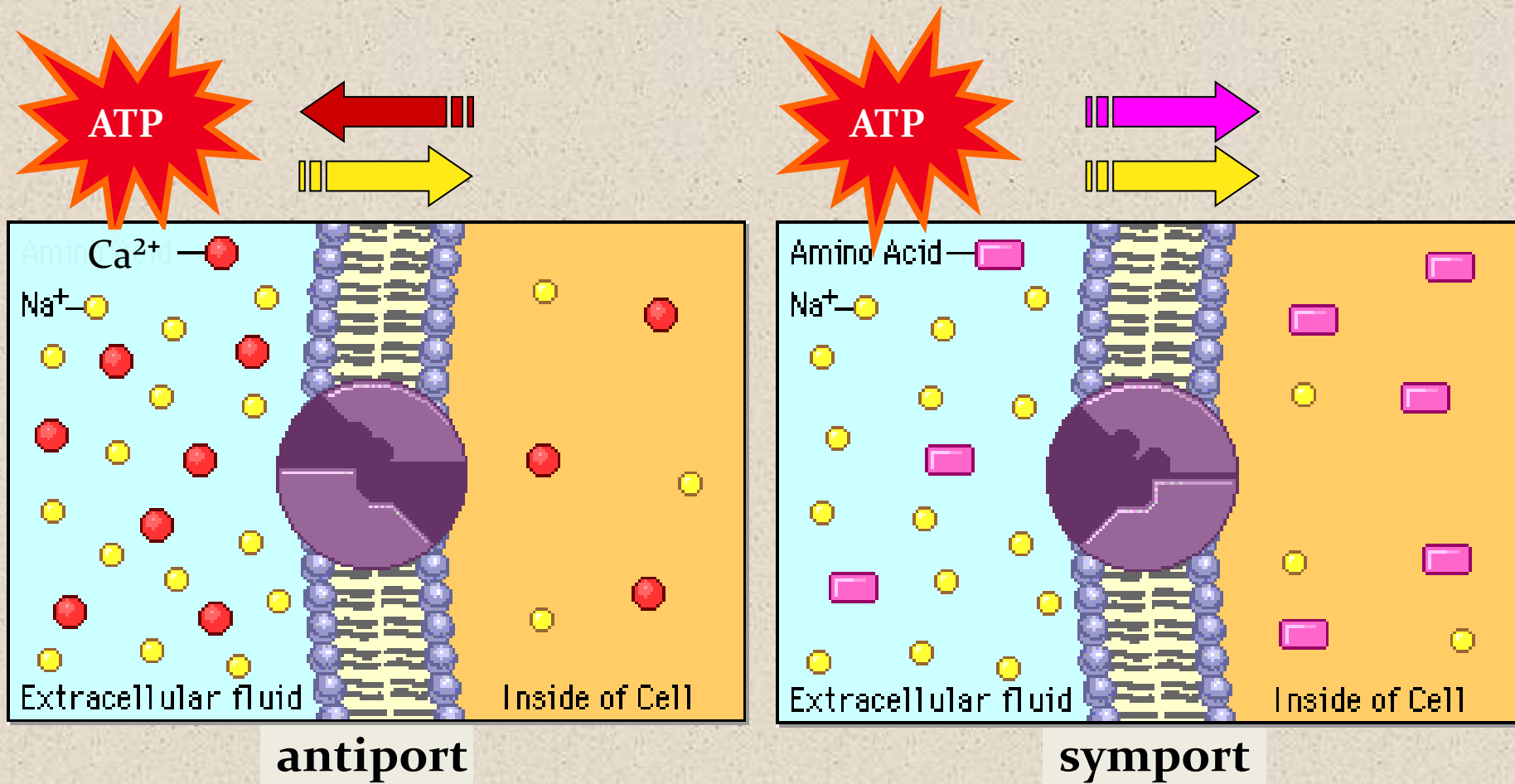


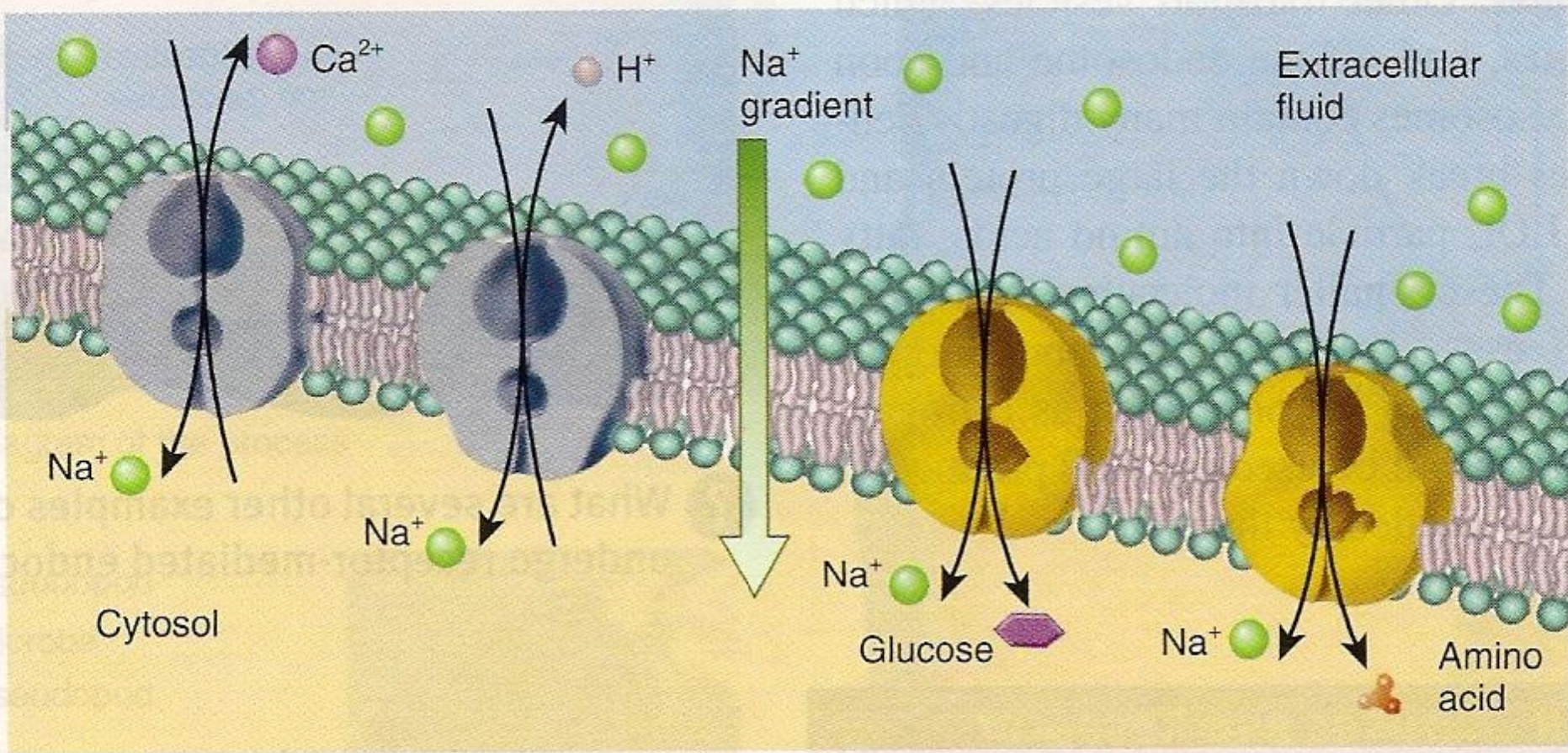
5 Loss of the phosphate restores the protein's original conformation.



6 K^+ is released and Na^+ sites are receptive again; the cycle repeats.

Transpor Aktif Sekunder





(a) Antiporters

(b) Symporters

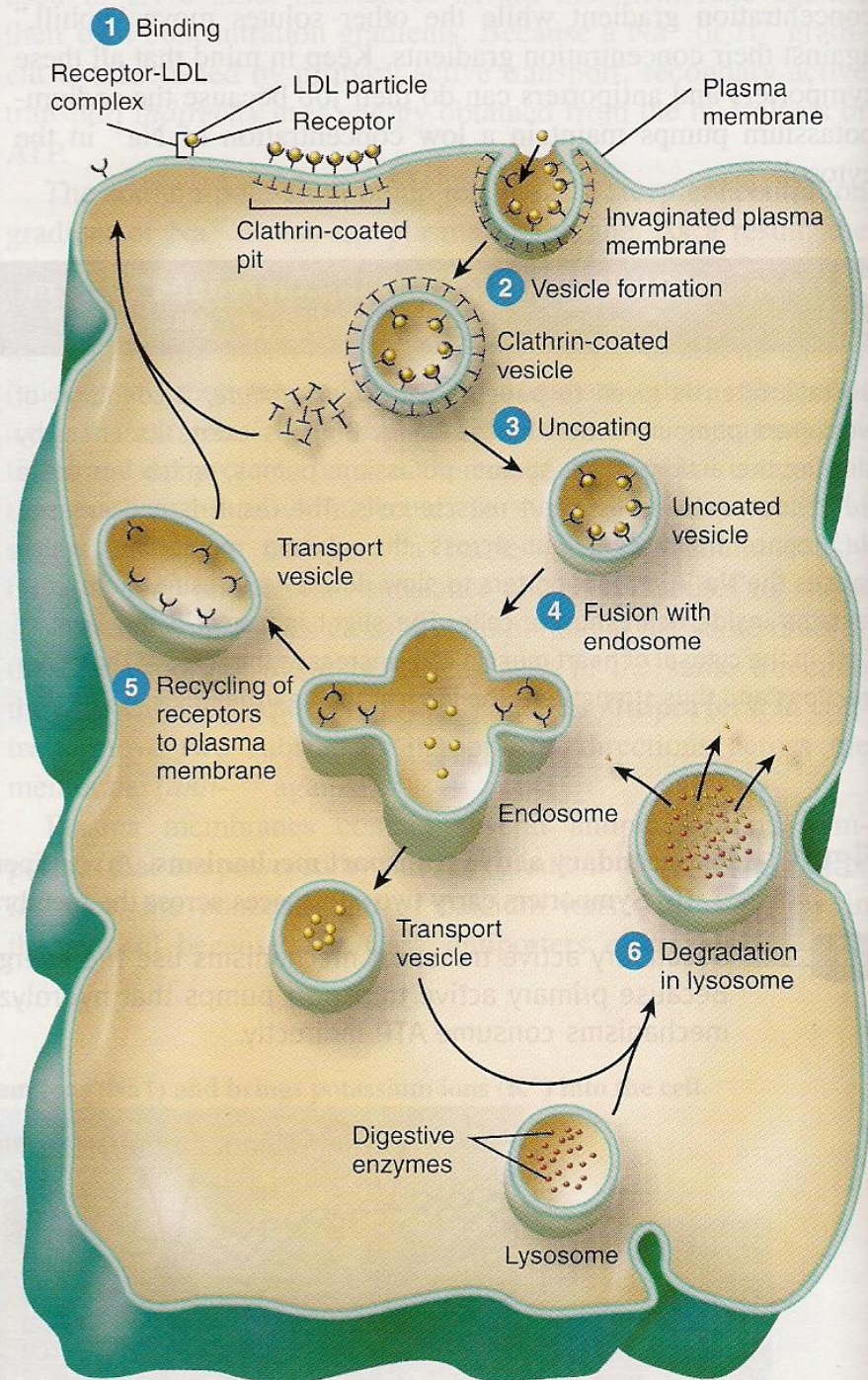
Transport in Vesicles

- Vesicles : kantong sferis yang kecil yang digunakan untuk mentranspor berbagai substansi dari satu struktur ke struktur lainnya di dalam sel.
- Endositosis : material bergerak ke dalam sel dalam bentuk vesikel yang dibentuk dari membran plasma.
- Eksositosis : material bergerak keluar sel dengan cara berfusi dengan membran plasma dari vesikel yang dibentuk di dalam sel.
- Membutuhkan energi yang berasal dari ATP.

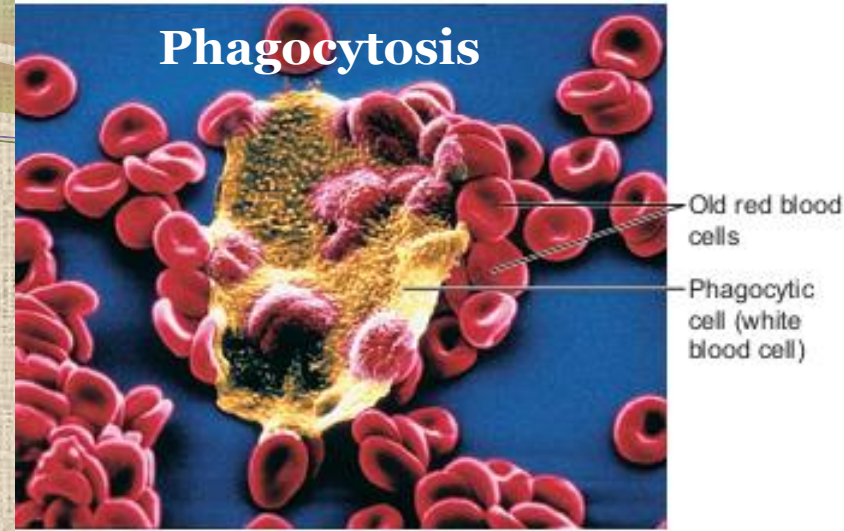
Endocytosis

- ***Reseptor-Mediated Endocytosis*** adalah endositosis yang sangat selektif dimana sel menggunakan ligand yang spesifik.
- Sel mengambil kolesterol yg mengandung LDL. Transferin, bbrp vitamin, antibodi, dan bbrp hormon tertentu melalui endositosis yang dimediasi oleh reseptor.
- Kompleks ligand-reseptor memacu terlipatnya *clathrin-coated pit* ke dalam, membentuk vesikel yang mengandung ligand.

Receptor-Mediated Endocytosis of LDL Particle.



Endocytosis

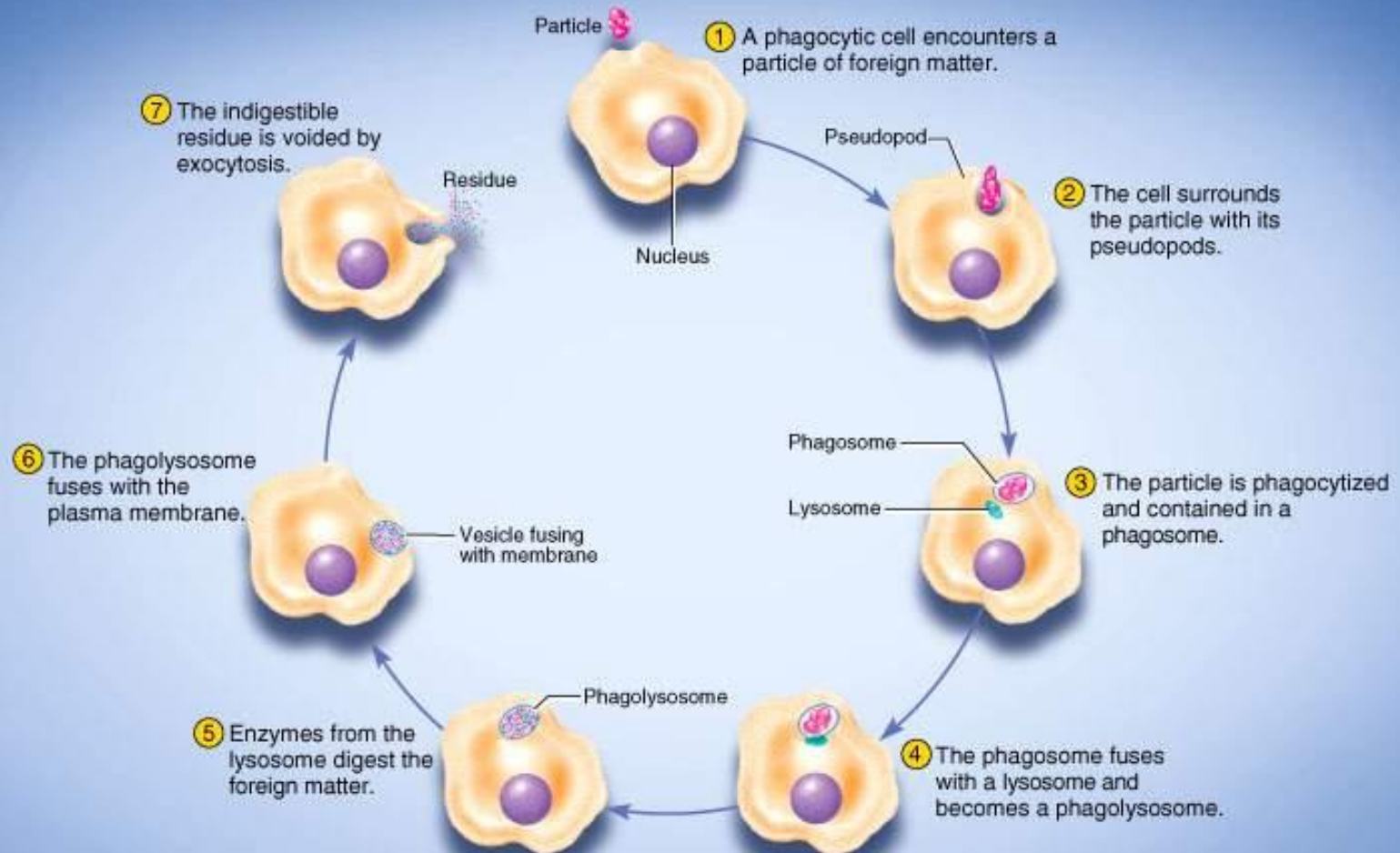


- ***Fagocytosis*** adalah pergerakan partikel padat ke dalam sel setelah *pseudopods* memekan partikel padat yang besar, seperti sel-sel yang sudah rusak, bakteri, atau virus, untuk membentuk *phagosome*.
- Dilakukan oleh beberapa badan sel yang disebut fagosit.
- “*Cell Eating*”
- Fagosit terdiri dari makrofag (monosit) yang terdapat di banyak jaringan tubuh; dan neutrofil (suatu jenis sel darah putih).

Vesicular Transport

Phagocytosis or “Cell-Eating”

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

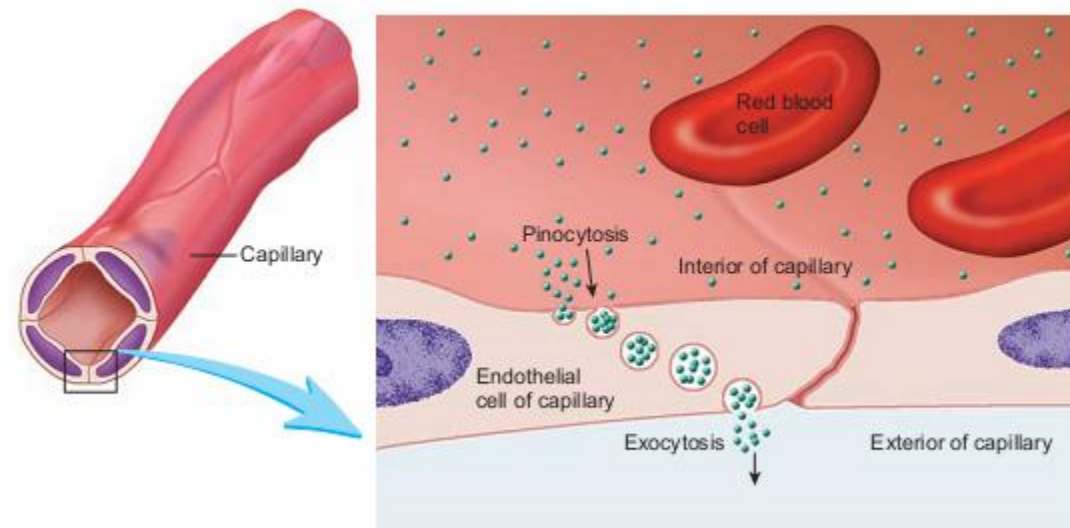
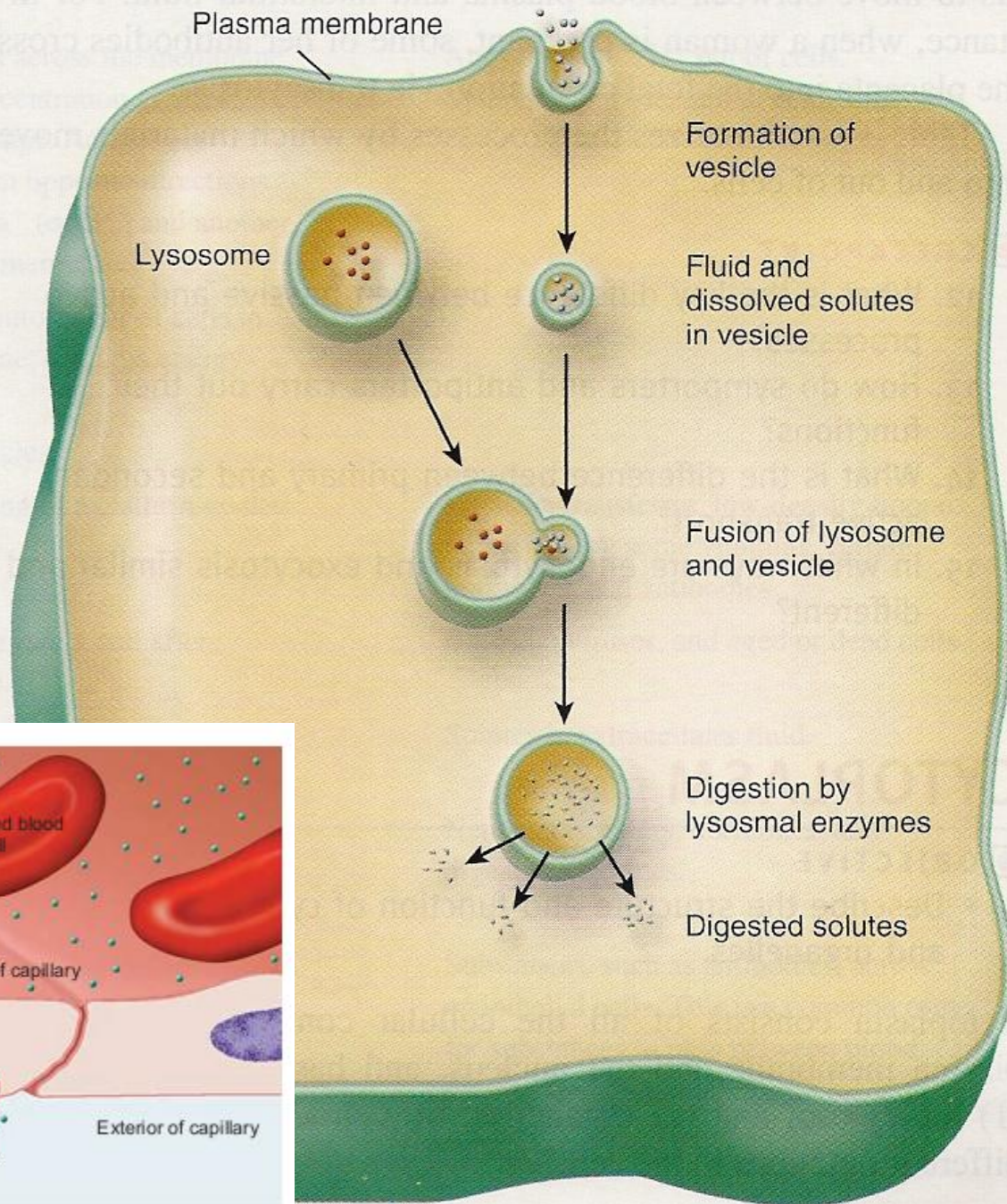


Keeps tissues free of debris and infectious microorganisms.

Endocytosis

- *Bulk Phase Endocytosis* atau *Pinocytosis* adalah pergerakan CES ke dalam sel dengan melipat membran plasma ke dalam untuk membentuk vesikel.
- “*Cell Drinking*”
- Tidak menggunakan reseptor protein; dan semua solute yang terlarut di dalam CES akan masuk ke dalam sel.

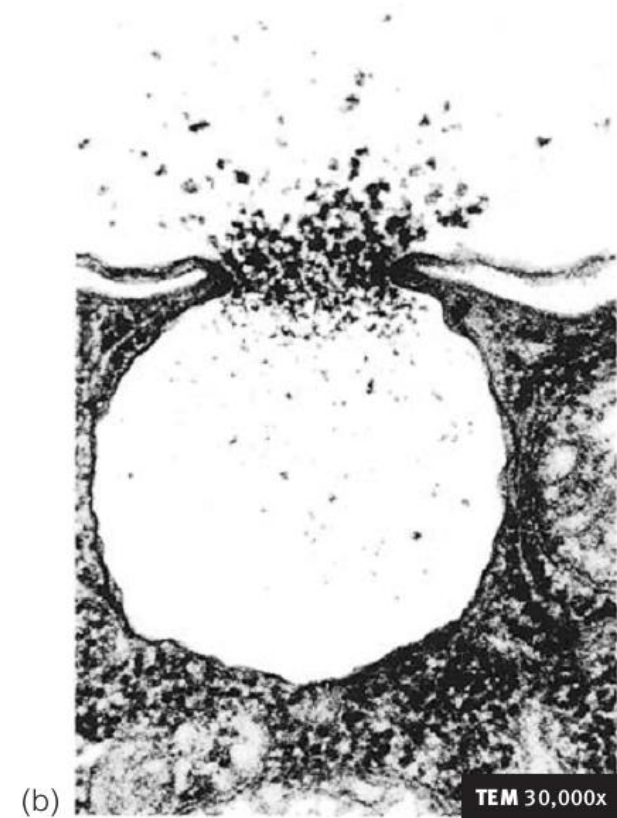
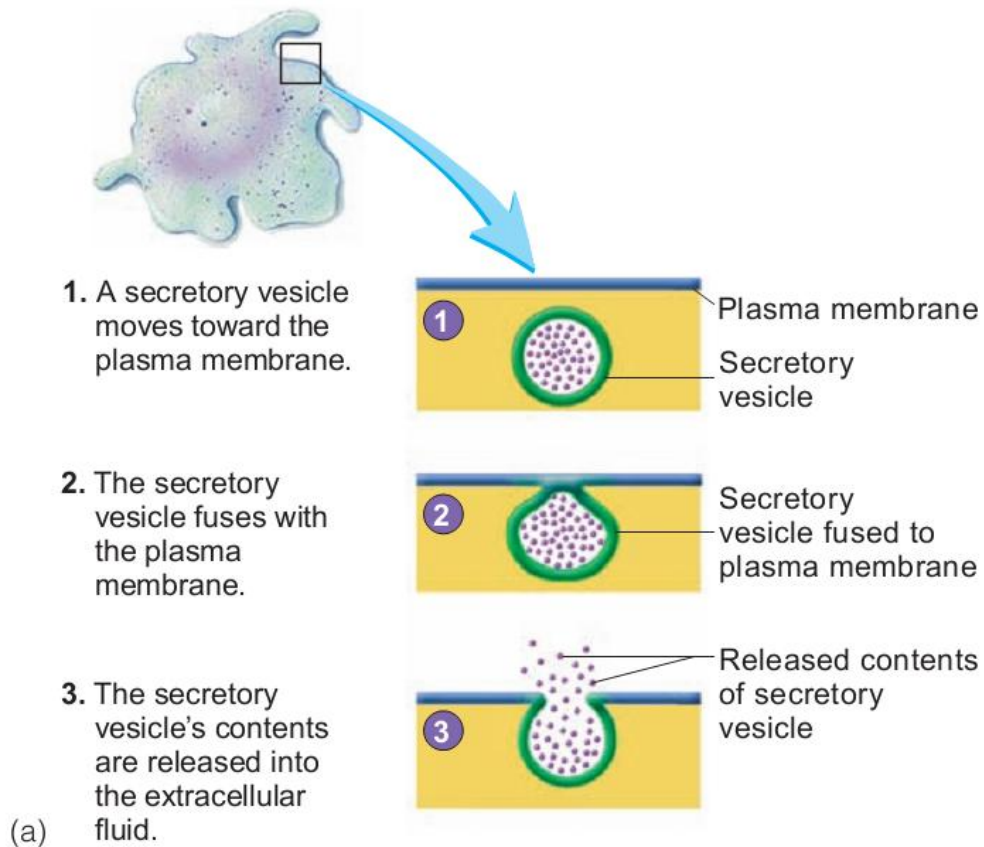
Bulk Phase Endocytosis / Pinocytosis



Exocytosis

- Pergerakan substansi keluar dari sel yang berada di vesikel sekretori yang melebur dengan membran plasma dan melepaskan isinya ke dalam CES.
- Substansi yang ditranspor berupa neurotransmitter, hormon, dan enzim pencernaan.
- Dilaksanakan oleh semua sel, terutama penting bagi dua tipe sel : (1) sel sekretori yg melepaskan enzim pencernaan, hormon, mukus, dan sekret lainnya; (2) sel syaraf yg melepaskan neurotransmitter.

Exocytosis



PROCESS FIGURE 3.26 Exocytosis

(a) Diagram of exocytosis. (b) Transmission electron micrograph of exocytosis.

Transcytosis

- Pergerakan substansi ke dalam sel sebaga hasil dari endositosis pada satu sisi, dan eksositosis pada sisi yang berlawanan (sisi lainnya).
- Substansi yang ditranspor berupa antibodi yang melewati sel endotelial yang menutupi pembuluh darah.
- Merupakan rute yang umum dilalui substansi untuk melewati plasma dan cairan interstitial.
- Contoh : pada wanita hamil, beberapa antibodi melewati plasenta ke dalam sirkulasi darah fetus.

TABLE 3.3 Comparison of Membrane Transport Mechanisms

Transport Mechanism	Description	Substances Transported	Example
Diffusion	Random movement of molecules results in net movement from areas of higher to lower concentration.	Lipid-soluble molecules dissolve in the lipid bilayer and diffuse through it; ions and small molecules diffuse through membrane channels.	Oxygen, carbon dioxide, and lipids, such as steroid hormones, dissolve in the lipid bilayer; Cl^- and urea move through membrane channels.
Osmosis	Water diffuses across a selectively permeable membrane.	Water diffuses through the lipid bilayer.	Water moves from the intestines into the blood.
Filtration	Liquid moves through a partition that allows some, but not all, of the substances in the liquid to pass through it; movement is due to a pressure difference across the partition.	Liquid and substances pass through holes in the partition.	Filtration in the kidneys allows removal of everything from the blood except proteins and blood cells.
Facilitated diffusion	Carrier proteins combine with substances and move them across the plasma membrane; no ATP is used; substances are always moved from areas of higher to lower concentration; it exhibits the characteristics of specificity, saturation, and competition.	Some substances too large to pass through membrane channels and too polar to dissolve in the lipid bilayer are transported.	Glucose moves by facilitated diffusion into muscle cells and fat cells.

TABLE 3.3 Comparison of Membrane Transport Mechanisms

Transport Mechanism	Description	Substances Transported	Example
Active transport	ATP-powered pumps combine with substances and move them across the plasma membrane; ATP is used; substances can be moved from areas of lower to higher concentration; it exhibits the characteristics of specificity, saturation, and competition.	Substances too large to pass through channels and too polar to dissolve in the lipid bilayer are transported; substances that are accumulated in concentrations higher on one side of the membrane than on the other are transported.	Ions, such as Na^+ , K^+ , and Ca^{2+} , are actively transported.
Secondary active transport	Ions are moved across the plasma membrane by active transport, which establishes an ion concentration gradient; ATP is required; ions then move back down their concentration gradient by facilitated diffusion, and another ion or molecule moves with the diffusion ion (symport) or in the opposite direction (antiport).	Some sugars, amino acids, and ions are transported.	There is a concentration gradient for Na^+ into intestinal epithelial cells. This gradient provides the energy for the symport of glucose. As Na^+ enter the cell, down their concentration gradient, glucose also enters the cell. In many cells, H^+ are moved in the opposite direction of Na^+ (antiport).
Endocytosis	The plasma membrane forms a vesicle around the substances to be transported, and the vesicle is taken into the cell; this requires ATP; in receptor-mediated endocytosis, specific substances are ingested.	Phagocytosis takes in cells and solid particles; pinocytosis takes in molecules dissolved in liquid.	Immune system cells called phagocytes ingest bacteria and cellular debris; most cells take in substances through pinocytosis.
Exocytosis	Materials manufactured by the cell are packaged in secretory vesicles that fuse with the plasma membrane and release their contents to the outside of the cell; this requires ATP.	Proteins and other water-soluble molecules are transported out of cells.	Digestive enzymes, hormones, neurotransmitters, and glandular secretions are transported, and cell waste products are eliminated.



THE END

THE END