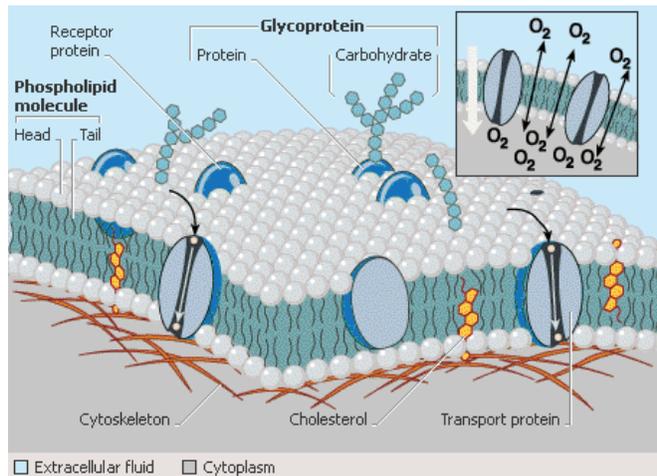


# MEMBRAN SEL

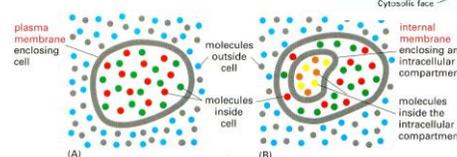
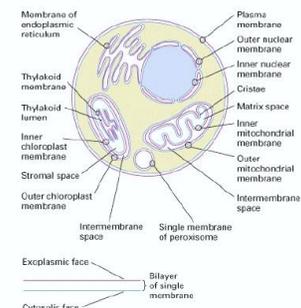


## Peranan membran sel

### 1. pembatas

- ❖ lapisan yang kontinyu
- ❖ melingkupi sel, inti, organel

### 2. mendukung aktivitas biokimia yang berlangsung di dalam sel



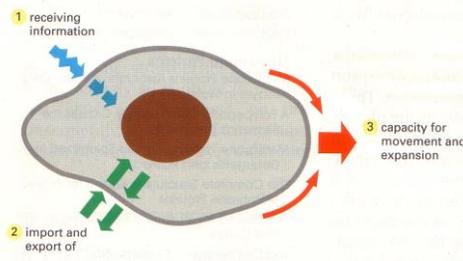
### 3. pembatas yang bersifat selektif permeabel

- ❖ mencegah pertukaran molekul dari satu sisi ke bagian lainnya.
- ❖ komunikasi antara bagian yang terpisah
- ❖ memungkinkan substansi tertentu masuk ke sitoplasma dari lingkungan luar

# Peranan membran sel :



- 4. perpindahan suatu senyawa terlarut
- 5. Memberikan respons terhadap rangsangan luar
  - ❖ berperan dalam memberi respons terhadap rangsangan luar → transduksi sinyal → reseptor + ligand.
  - ❖ Tipe sel yang berbeda memiliki molekul reseptor yang berbeda

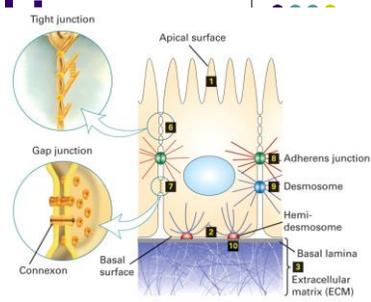


3

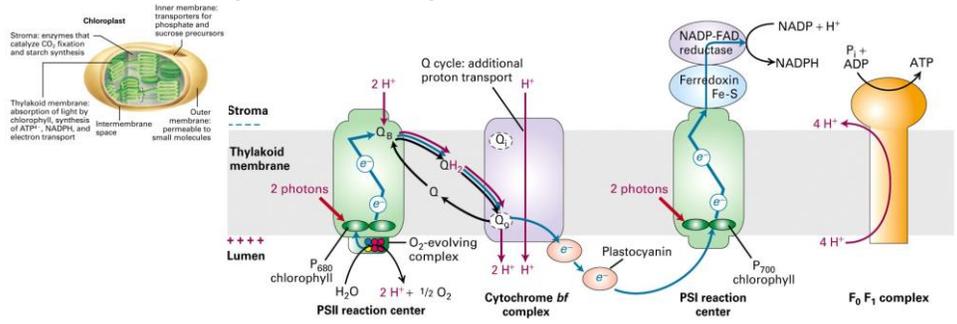
# Peranan membran sel :



- 6. interaksi interselular
  - membran plasma memperantarai interaksi antar sel dalam organisme multiselular



- 7. Transduksi energi
  - terlibat dalam proses perubahan energi ke bentuk energi lain.

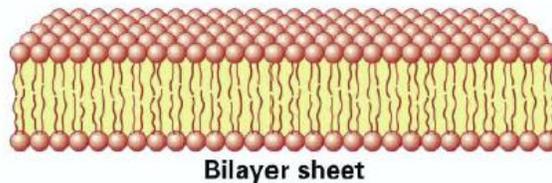


## Perkembangan teori-teori mengenai Struktur membran plasma



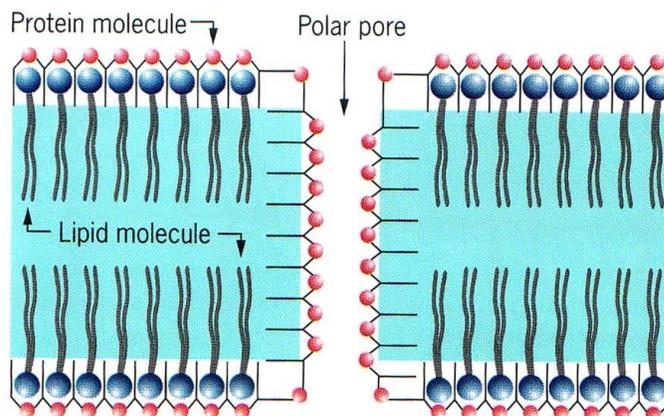
### lipid bilayer (Gortel & Grendel, 1925)

- ❖ lapisan molekul yang mengandung gugus polar dan gugus yang bersifat hidrofob
- ❖ gugus polar mengarah ke bagian luar dari bilayer, sedangkan gugus hidrofob (rantai 'fatty acyl') berada di bagian tengah dari lipid bilayer



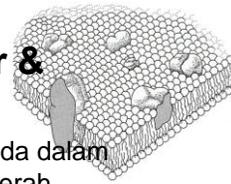
5

### lipid bilayer yang disisipi dengan protein yang melintasi membran dan terdapat pula protein di permukaan luar dan dalam membran (Davson & Danielli, 1954).



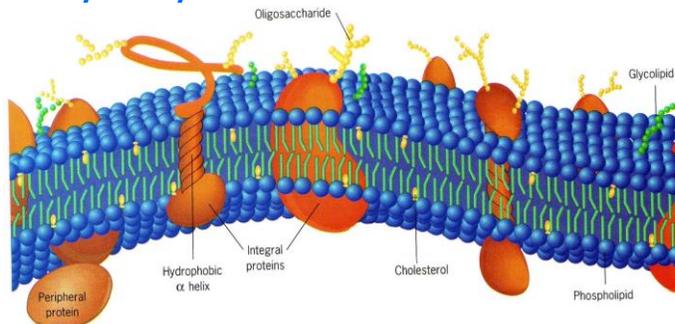
6

## model mosaik / 'fluid mosaik (Singer & Nicholson, 1972)



- ❖ membran plasma terdiri atas lipid bilayer yang berada dalam keadaan fluid dan dapat bergerak lateral dalam daerah membran → struktur dinamis → interaksi yang sementara atau semipermanen.
- ❖ Protein → partikel menembus ke dalam atau melalui lapisan lipid.

### Trifold Concept of: Membrane Amphipathy, Membrane Fluidity and Membrane Asymmetry

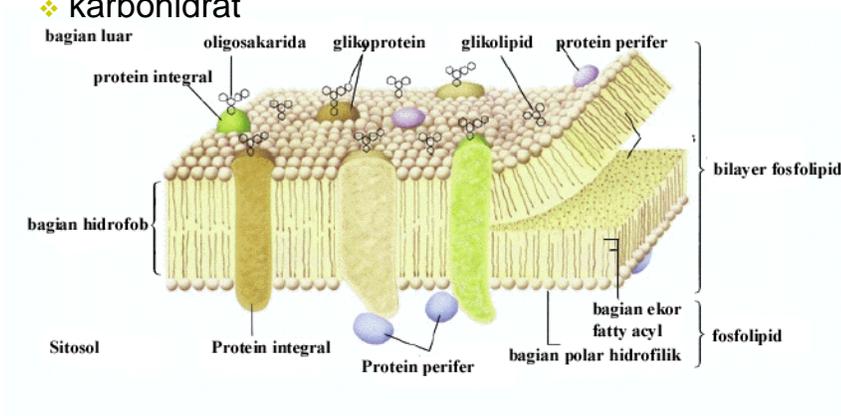


7

## KOMPOSISI KIMIA MEMBRAN

### Membran mengandung :

- ❖ lipid
- ❖ protein
- ❖ karbohidrat



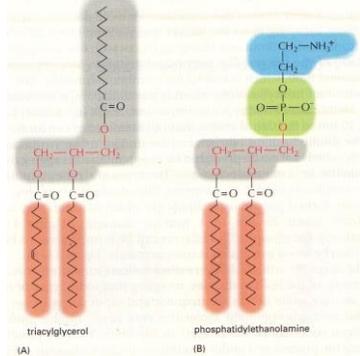
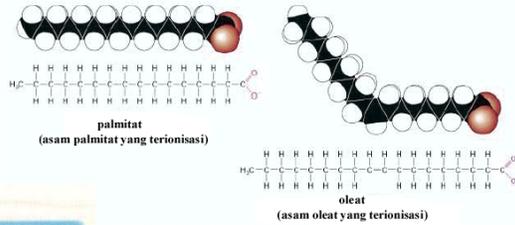
# LIPID MEMBRAN



Dua tipe asam lemak penyusun membran

- Membran mengandung lipid yang bersifat **amfipatik**

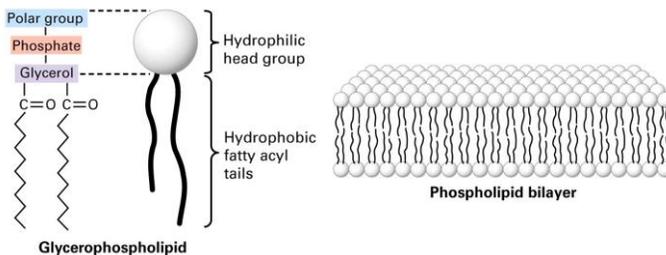
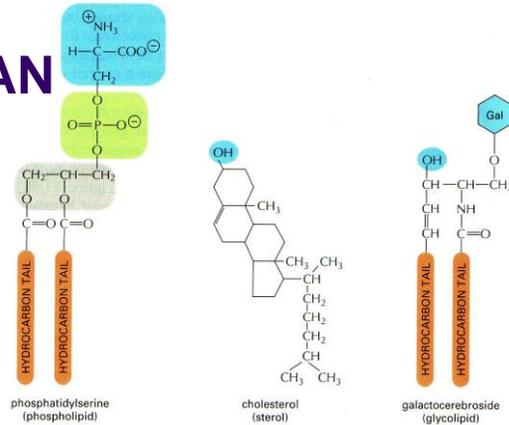
→ memiliki gugus yang bersifat **hidrofilik** dan **hidrofobik**.



9

# LIPID MEMBRAN

- Tipe lipid membran :
  - fosfogliserida
  - sfingolipid
  - kolesterol

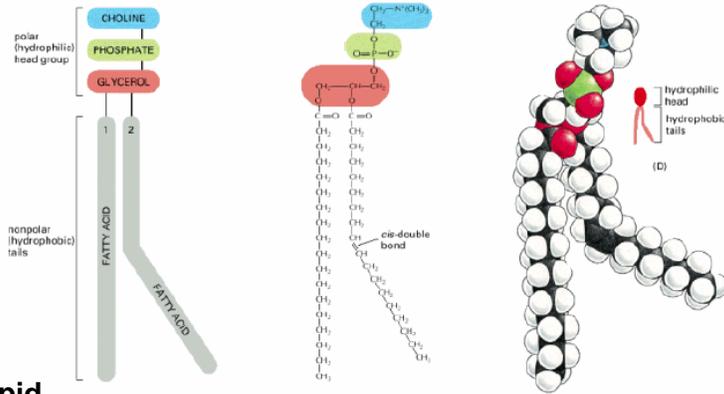


10

# LIPID MEMBRAN

- Fosfoliserida

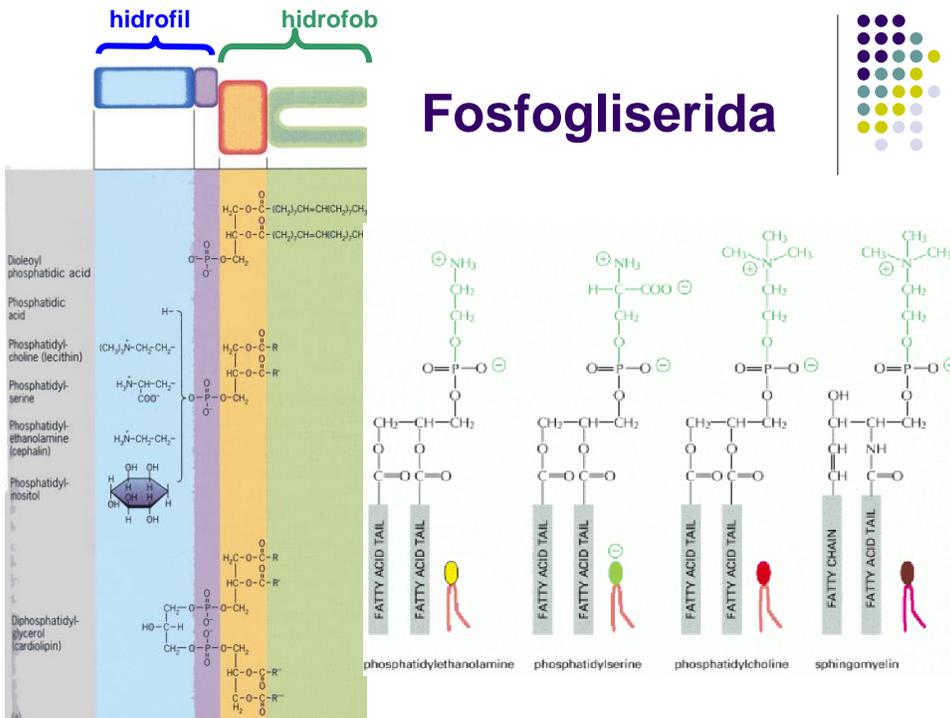
→ Fosfolipid mengandung gugus fosfat



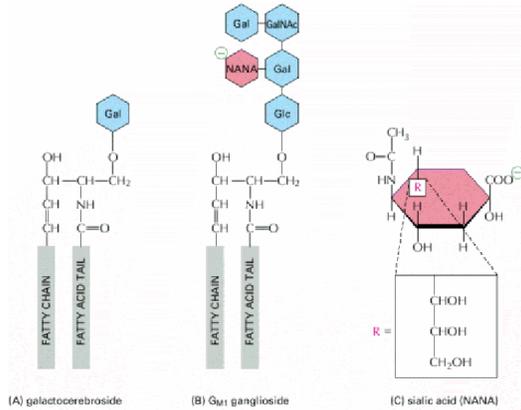
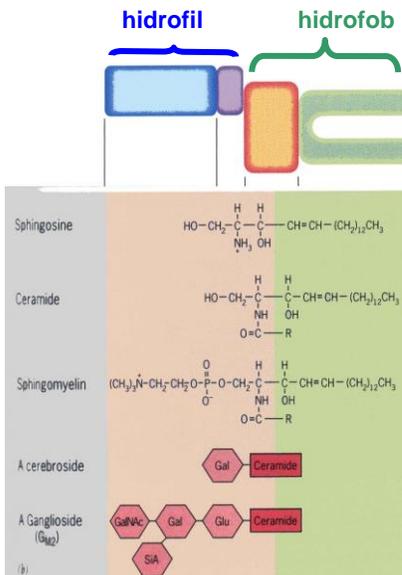
- Sflingolipid

→ derivat dari sflingosin: suatu amino alkohol yang mengandung rantai hidrokarbon yang panjang.

11



# Sfingolipida

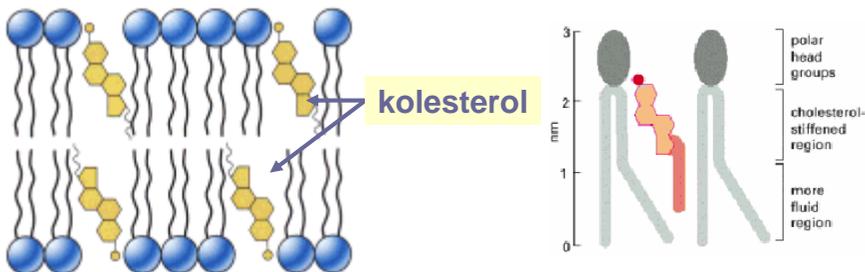


13

# LIPID MEMBRAN

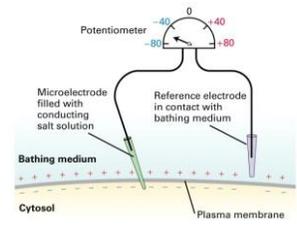
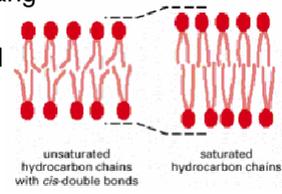
## • Kolesterol

- pada membran sel hewan → 50% dari molekul lipid.
- membran sel tumbuhan dan semua sel bakteri tidak banyak mengandung kolesterol.
- lebih sedikit dibandingkan lipida membran lainnya dan tidak terlalu bersifat amfipatik.
- Gugus hidroksil dari kolesterol yang bersifat hidrofilik menentukan orientasi molekul ini pada membran sel. Gugus hidroksil berada pada bagian permukaan membran



## Karakteristik dan manfaat lipida membran

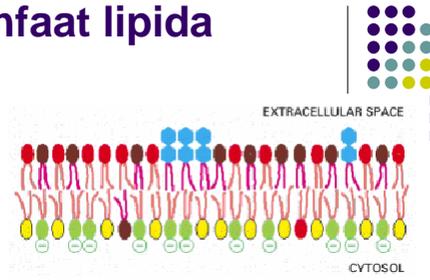
- Komposisi lipida menentukan karakteristik membran sel  
Mis. pada bakteri dan mitokondria terdapat kardiolipin (difosfatidilgliserol)
- Lipida membran menghasilkan beberapa senyawa aktif yang dapat berfungsi sebagai messenger yang dapat mempengaruhi fungsi sel
- Kombinasi fatty acyl dan gugus hidrofil pada lipid membran menentukan struktur dan fungsi sel
- Fleksibilitas lipida membran memungkinkan terjadinya perubahan pada sel, mis. pada saat pergerakan atau pembelahan sel
- Lipida membran berperan untuk mempertahankan komposisi internal sel, dengan cara membedakan muatan listrik di sepanjang membran (luar – positif; dalam – negatif)



15

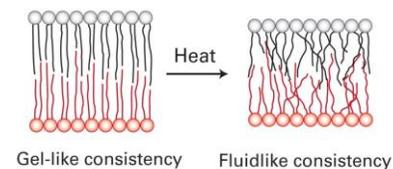
## Karakteristik dan manfaat lipida membran

- Lipid bilayer → asimetris



- Fluiditas membran dipengaruhi oleh komposisi membran → ikatan jenuh dan tidak jenuh pada fatty acyl

Komposisi ikatan jenuh/ tidak jenuh → kelulushidupan sel terhadap pengaruh suhu

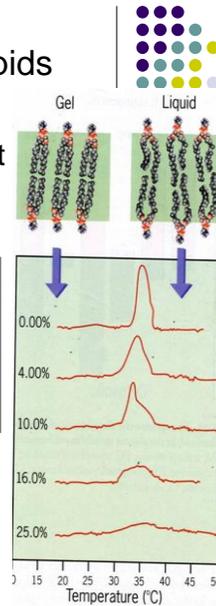
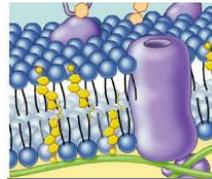


6



- % unsaturated fatty acids in phospholipids
  - keep membrane less viscous
  - cold-adapted organisms, like winter wheat
    - increase % in autumn
- cholesterol in membrane

**Transition temperature ( $T_c$ ) is the temperature at which the transition from a crystalline gel-like phase to a liquid crystalline phase occurs (similar to a transition from solid to a liquid phase)**

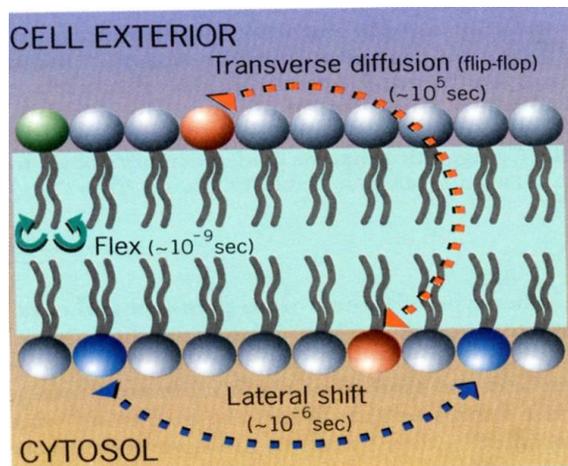


**Effect of cholesterol on  $T_c$  for DPPC bilayer**

DPPC = Dipalmitoylphosphatidylcholine

## Fluidity of the Lipid Membrane

At physiological temperatures the lipids in the membrane bilayer are very dynamic exhibiting **vibrational**, **rotational** ( $10^{-9}$  sec), **lateral movement** ( $10^{-6}$  sec) & "flip-flop" ( $10^5$  sec or every 28 hr).



## Karakteristik dan manfaat lipida membran

- Membran sel memiliki kemampuan untuk merakit kembali membran yang terputus agar bergabung dan bersinambungan kembali, mis. liposom

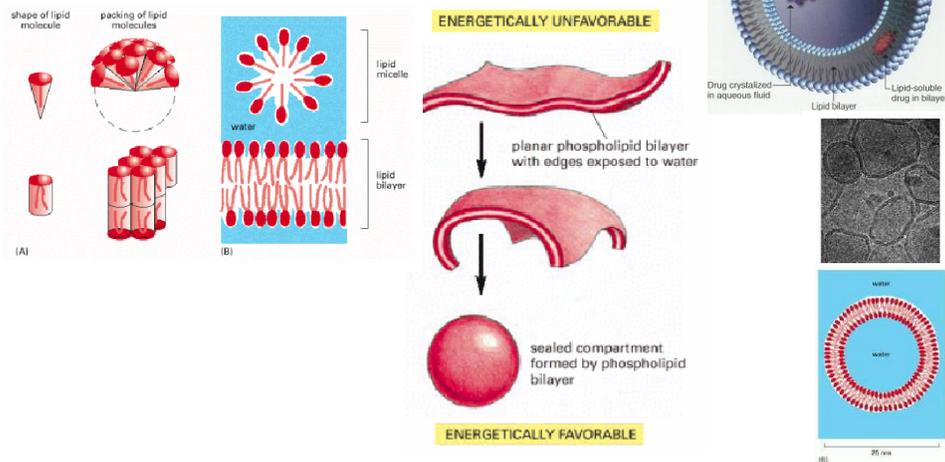


Table 4.1

Protein and Lipid Content of Membranes

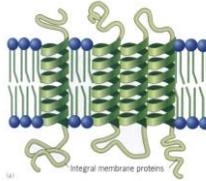
Membrane	Protein/lipid (wt/wt)	Cholesterol/polar lipid (mol/mol)	Major polar lipids*
Myelin	0.25	0.7–1.2	Cer, PE, PC
Plasma membranes			
Liver cell	1.0–1.4	0.3–0.5	PC, PE, PS, Sph
Ehrlich ascites	2.2		
Intestinal villi	4.6	0.5–1.2	
Erythrocyte ghost	1.5–4.0	0.9–1.0	Sph, PE, PC, PS
Endoplasmic reticulum	0.7–1.2	0.03–0.08	PC, PE, Sph
Mitochondrion			DPG, PC, PE, Plas
Outer membrane	1.2	0.03–0.09	
Inner membrane	3.6	0.02–0.04	
Retinal rods	1.5	0.13	PC, PE, PS
Chloroplast lamellae	0.8	0	GalDG, SL, PS
Bacteria			
Gram-positive	2.0–4.0	0	DPG, PG, PE, PGaa
Gram-negative		0	PE, PG, DPG, PA
Mycoplasma	2.3	0	
Halophilic	1.8	0	Ether analog PGP

\*Abbreviations are: Cer, cerebrosides; DPG, diphosphatidylglycerol; GalDG, galactosyldiglyceride; PA, phosphatidic acid; PC, phosphatidylcholine; PE, phosphatidylethanolamine; Pgae, amino acyl esters of phosphatidylglycerol; Plas, plasmalogen; SL, sphingolipid; Sph, sphingomyelin.

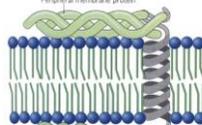
Source: E. D. Korn, Reproduced with permission from the *Annual Review of Biochemistry*, vol. 39, © 1969, by Annual Reviews Inc.

# Protein membran

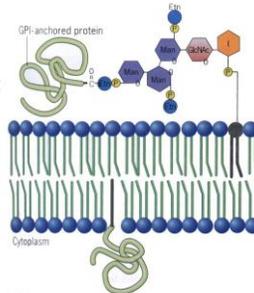
- 3 kelompok protein :
  - integral → amfipatik



- perifer berikatan dengan permukaan membran dengan ikatan nonkovalen

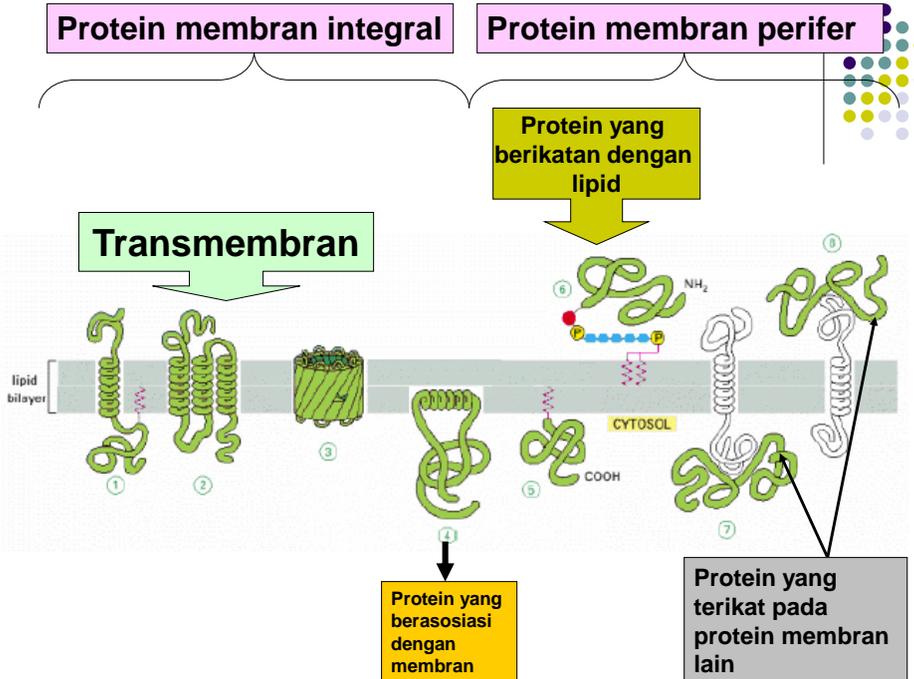


- protein yang berikatan dengan lipid, yang berlokasi di luar membran lipid, pada ekstraselular atau sitoplasmik.

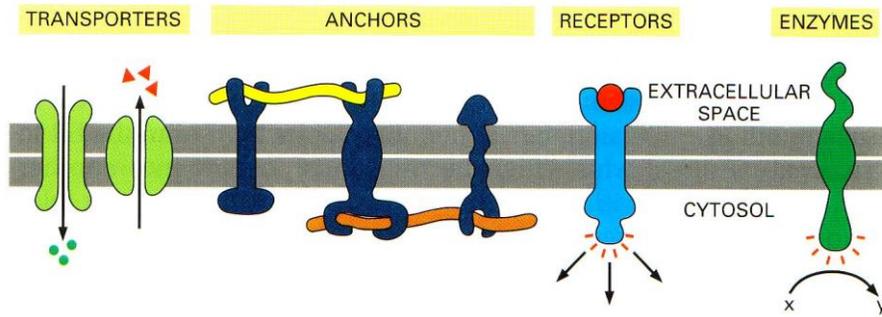


## Protein membran integral

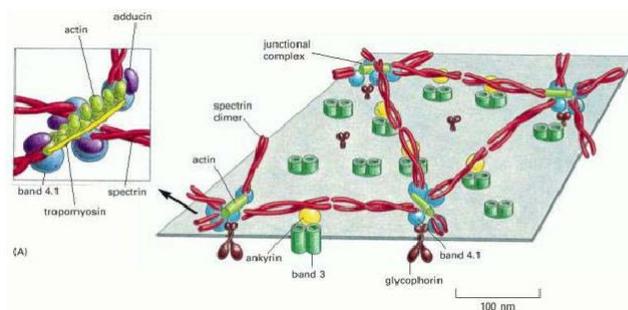
## Protein membran perifer



# Peranan protein membran

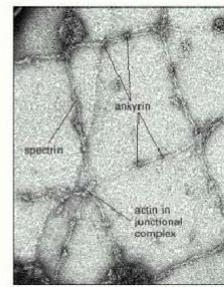


23



Peranan protein membran:

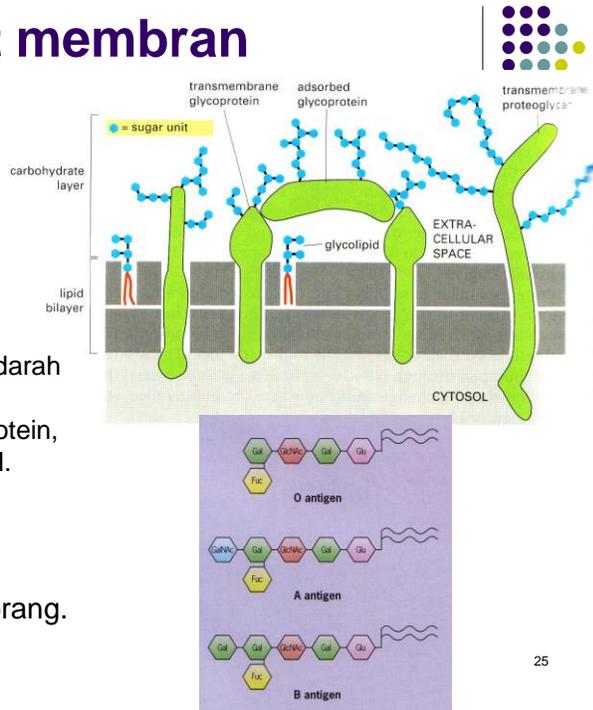
- Menentukan bentuk sel, contoh : spektrin pada sel darah merah



24

## Karbohidrat membran

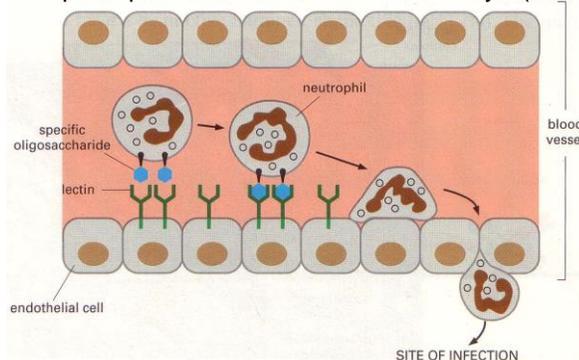
- karbohidrat berikatan secara kovalen pada lipid dan protein.
- membran plasma mengandung 2 – 10% karbohidrat.
  - membran plasma sel darah merah manusia mengandung 52% protein, 40% lipid dan 8 % KH.
- Contoh kegunaan karbohidrat membran: dalam penentuan golongan darah seseorang.
  - Gol A, B, AB, O



25

## Peranan karbohidrat membran

- Membentuk suatu lapisan pelindung sel terhadap gangguan kimiawi atau fisik
- Merupakan senyawa yang dapat mengabsorpsi air → permukaan sel menjadi licin (slimy surface) → bantu diapedesis sel darah putih
- proses pengenalan antara dua sel berbeda → karbohidrat sebagai molekul yang akan berikatan dengan suatu protein spesifik pada permukaan membran sel lainnya (reseptor)



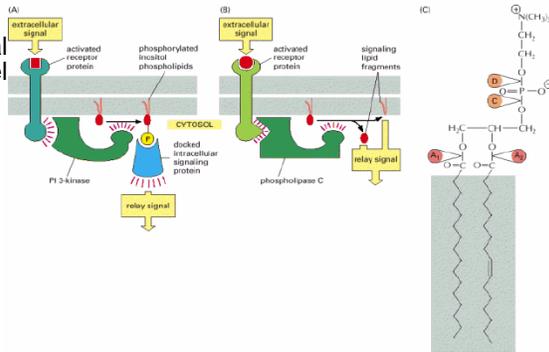
26

# Membran lipid dan fluiditas membran

Fluiditas ~ viskositas

## Pentingnya fluiditas membran

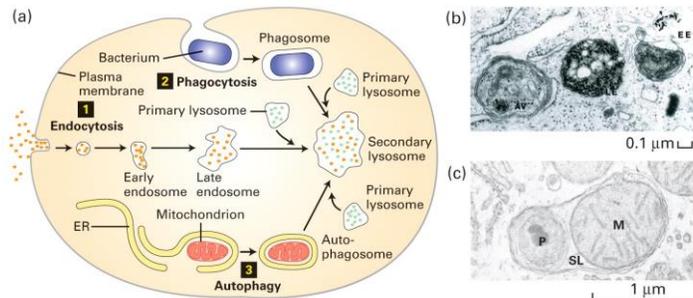
- memungkinkan adanya mobilitas komponen membran, dengan tetap mempertahankan struktur
- interaksi dapat terjadi → memungkinkan terbentuknya struktur tertentu mis interselular junction. Adanya fluiditas ini memungkinkan juga adanya interaksi sehingga dapat terjadinya reaksi, mis. beberapa protein pada membran dapat bergabung membentuk polimer yang akan berikatan dengan ligan sehingga sinyal ligan diteruskan ke dalam sel



# Membran lipid dan fluiditas membran

## Pentingnya fluiditas membran

- berperan dalam perubahan struktur tertentu misalnya dalam pembelahan sel, pergerakan, endositosis, sekresi

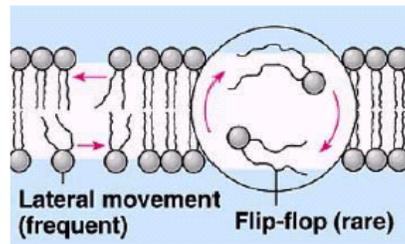
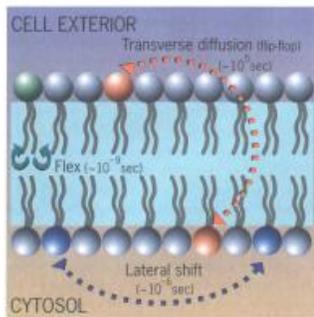


28

# Dinamika membran plasma



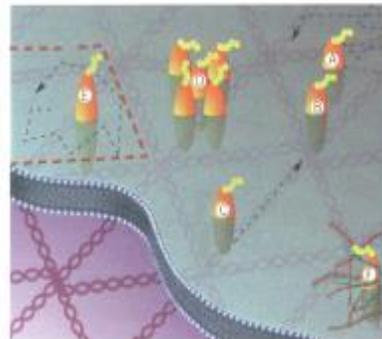
- **Flip flop** →  
adanya enzim flippase  
→ gerakan transmembran pasif.
- **Pergerakan ke arah lateral**



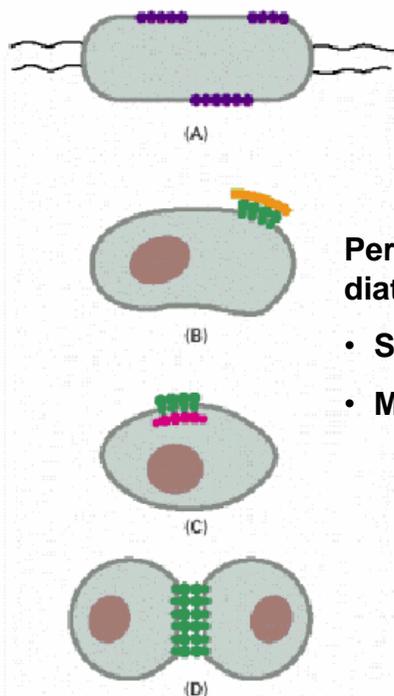
29

## Mobilitas protein

- Gerakan protein membran lebih lambat dibandingkan dengan lipid bilayer.



- Kemungkinan pergerakan protein:
  - A. protein membran bergerak secara acak
  - B. protein tidak bergerak
  - C. protein yang cepat bergerak karena berinteraksi dengan protein pada daerah sitoplasmik
  - D. protein dapat berdifusi, tetapi pergerakannya tergantung pada protein integral lainnya.
  - E. protein yang berdifusi tetapi gerakannya dibatasi oleh protein skelet.
  - F. protein yang berdifusi tetapi gerakannya tergantung pada materi ekstraselular



**Pergerakan protein membran diatur oleh sel dengan bantuan :**

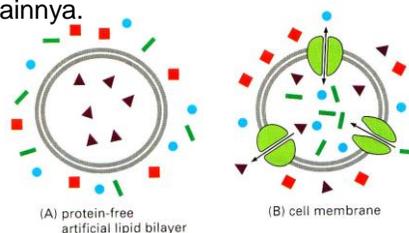
- Sitoskelet
- Matriks ekstraseluler

31

## Pergerakan senyawa melalui membran sel



- Fungsi membran sel :
  - mempertahankan materi terlarut dalam sel dan tidak boleh bocor ke lingkungan
  - harus ada pertukaran material
- Membran lipid
  - ideal untuk mencegah hilangnya senyawa bermuatan dan polar, termasuk ion, gula dan asam amino.
  - memungkinkan untuk terjadinya gerakan nutrisi, gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>, hormon, limbah, komponen lainnya.

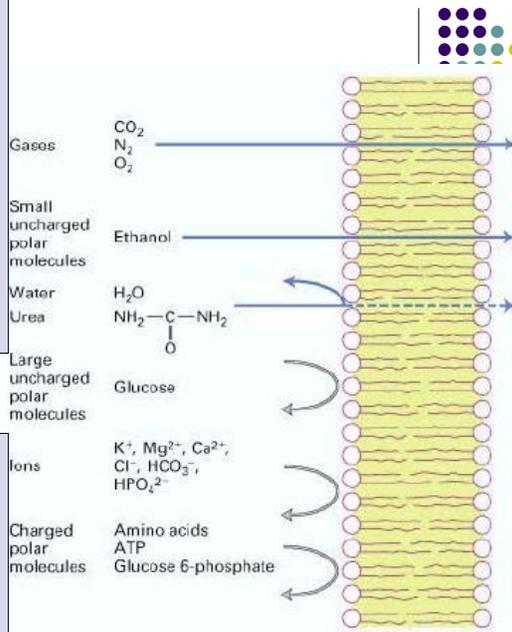


### Lipid bilayer

- **Permeable terhadap:**
  - Molekul kecil nonpolar: misalnya Gas O<sub>2</sub> (BM 32 dalton) CO<sub>2</sub> (44 dalton)
  - Molekul-molekul polar tidak bermuatan dengan BM kecil misalnya air (18), etanol (46)
- **impermeabel terhadap:**
  - Semua jenis ion dan molekul bermuatan



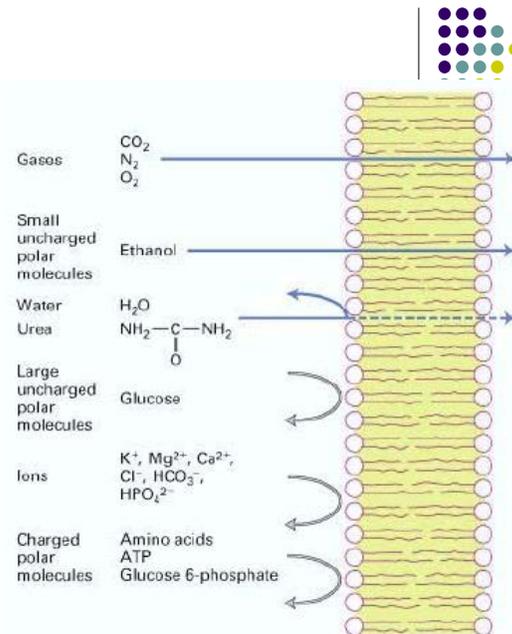
- Membran lipid sel dapat dilalui oleh air dan molekul nonpolar kecil dengan difusi sederhana.
- Nutrien dan limbah metabolisme (molekul besar) harus melalui membran → terlalu lambat dengan difusi sederhana → harus melewati **protein transport**



33

### Melalui membran lipid semipermeable :

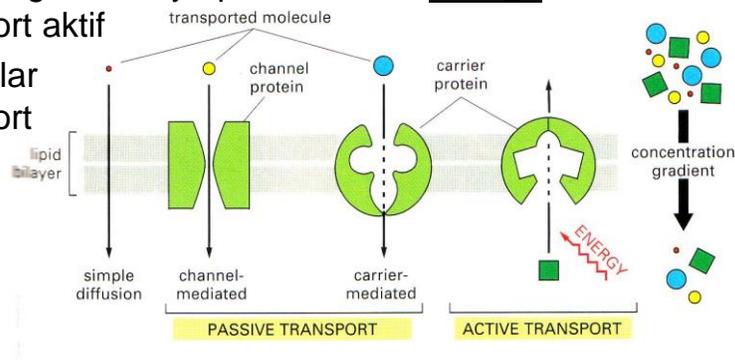
- Air dapat bergerak dari daerah konsentrasi rendah ke yang tinggi. → **osmosis**
- Permeabilitas membran terhadap air ditingkatkan dengan bantuan molekul protein pembangun **pori-pori air : aquaporin**



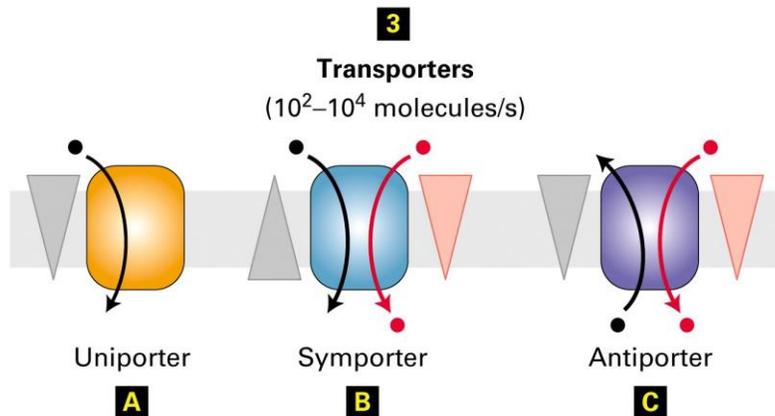
34

## Gerakan substansi melalui membran :

- pasif dengan difusi
  - difusi sederhana melalui lipid bilayer
  - difusi sederhana melalui protein channel
  - difusi terfasilitasi
- aktif dengan adanya pemanfaatan **energi** → transport aktif
- Vesicular transport



## Transport molekul :



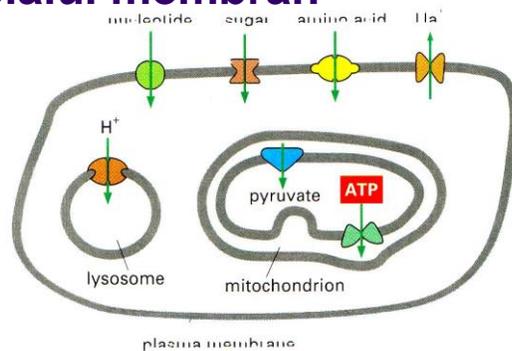
**Uniporter**: 1 jenis molekul yang dipindahkan melalui membran dari satu sisi ke sisi yang lain

**Simport** : 2 jenis molekul yang dipindahkan secara bersamaan melalui membran, dengan arah yang sama dari satu sisi ke sisi yang lain

**Antiport** : 2 jenis molekul yang dipindahkan secara berlawanan melalui membran, dengan arah yang sama dari satu sisi ke sisi yang lain

36

## Transport melalui membran

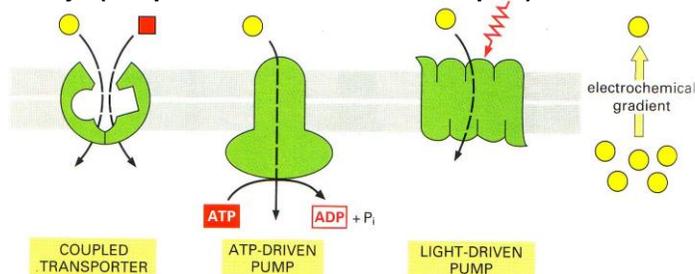


- ❖ Karakteristik protein transport → selektif
- ❖ Transport pasif :
  - ❖ Gradien konsentrasi
  - ❖ muatan listrik
- ❖ Transport aktif
  - ❖ Gerakan senyawa melawan gradien elektrokimia

37

## Transport aktif

- membutuhkan energi
- Pergerakan senyawa melawan gradien elektrokimia
- melibatkan protein integral tertentu
- Ada 3 kelompok :
  1. Coupled transporter → co-transport
  2. ATP-driven pump → mentransport suatu senyawa melalui membran dengan bantuan energi dari ATP (ATP → ADP + P)
  3. Light-driven pump → transport dengan bantuan energi dari cahaya (mis pada bakteri : bakteriorhodopsin)

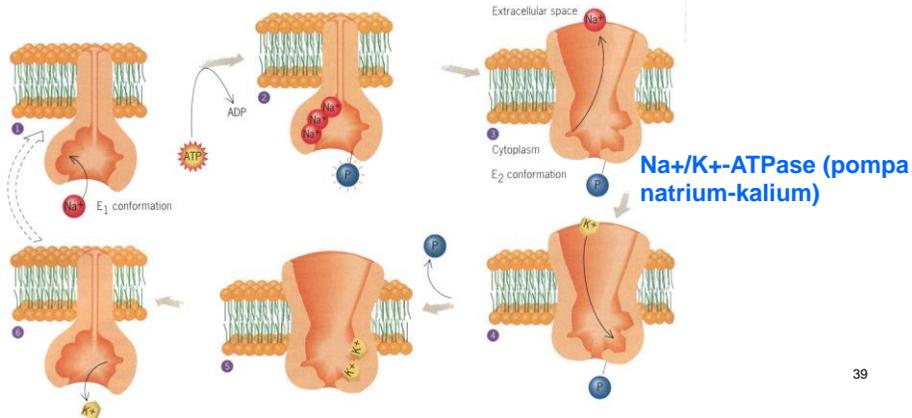


38

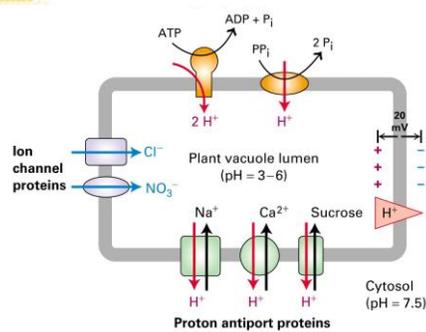
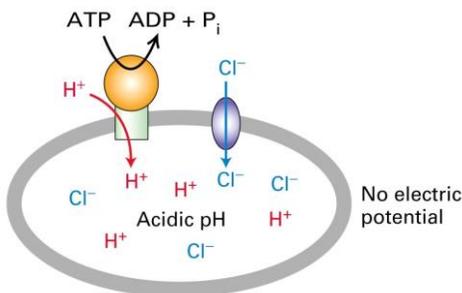
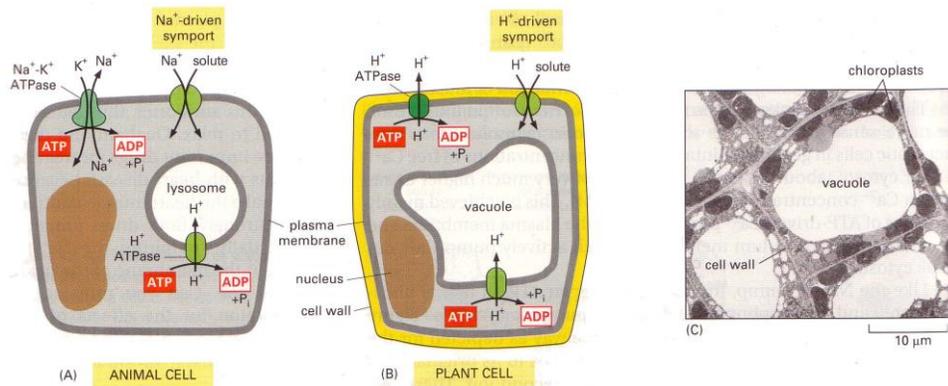
# Transport aktif

## 1. Berkaitan dengan hidrolisa ATP :

- $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase (pompa natrium-kalium)  $\rightarrow$  pompa tipe-P
- $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase transport Ca dari RE ke luar atau ke dalam RE
- $\text{H}^+/\text{K}^+$ -ATPase pada sel epitel dalam saluran pencernaan
- Pompa  $\text{H}^+$  ATPase pada tumbuhan



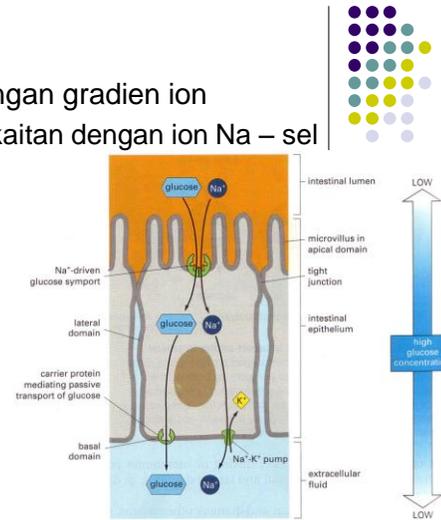
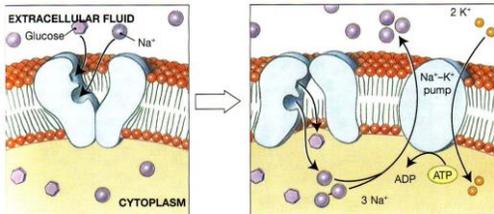
39



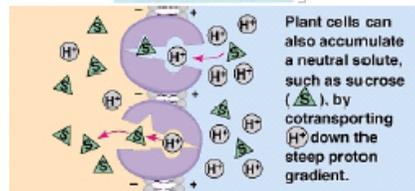
# Transport aktif

## 2. Co-transport : berkaitan dengan gradien ion

- Perpindahan glukosa berkaitan dengan ion Na – sel epitel

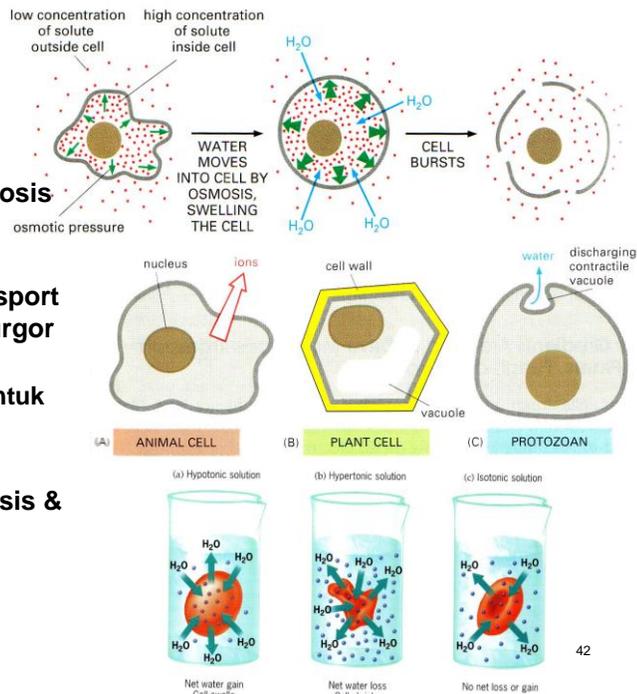


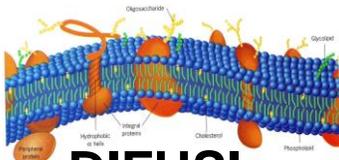
- Sukrosa – ion H<sup>+</sup> pada tumbuhan



## • Cara sel untuk menjaga keseimbangan osmotik sel :

- Sel hewan → osmosis & pompa Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>
- Sel tumbuhan → osmosis dan transport aktif → tekanan turgor
  - dinding sel : pertahankan bentuk sel
  - Vakuola
- Protozoa → osmosis & vakuola kontraktil





# DIFUSI

- Difusi : pergerakan senyawa dari daerah dengan konsentrasi tinggi ke yang rendah.

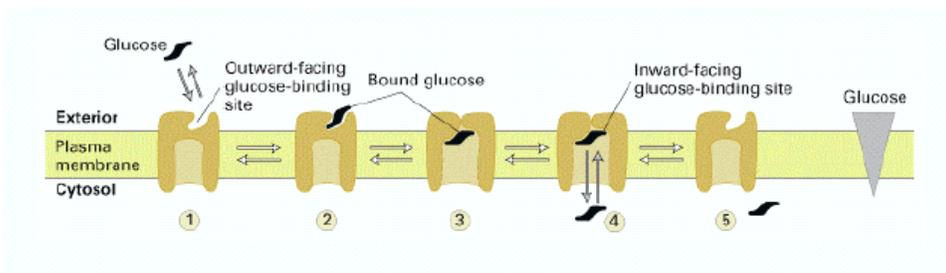
## Difusi melalui membran

- Persyaratan yang harus dimiliki oleh suatu senyawa nonelektrolit agar dapat berdifusi secara pasif melalui membran.
  - konsentrasi senyawa pada satu sisi > sisi lain
  - membran harus permeable terhadap substansi tersebut.
    - Senyawa tsb dapat melalui membran
    - Dapat melalui **pori** aqueous
- Faktor penentu kecepatan penetrasi suatu larutan/senyawa :
  - kelarutan dalam pelarut nonpolar
  - ukuran

43

## Facilitated difusi

- ❖ difusi dari daerah yang konsentrasi tinggi ke rendah
- ❖ senyawa berikatan dulu dengan *facilitative transporter* (protein integral) → fasilitator difusi pada membran sel



44

## Difusi melalui protein channel dari membran

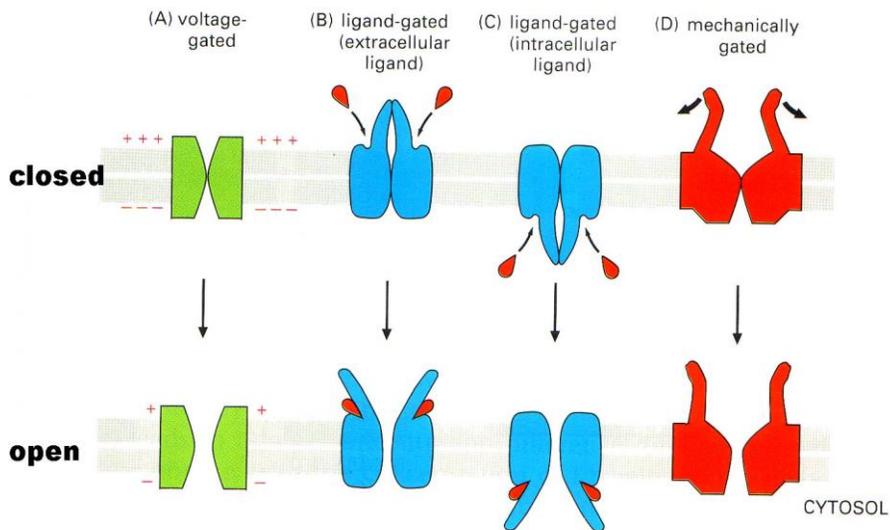


### Difusi melalui ion channel :

- ❖ Membran sangat impermeable terhadap senyawa bermuatan termasuk ion kecil.
- ❖ Membran sel punya ion channel yang permeable untuk ion tertentu.
- ❖ Masuknya ion ke dalam sel → pulsa muatan listrik
  - ❖ Pada sel hewan, tumbuhan, protozoa



## Macam-macam channel ion



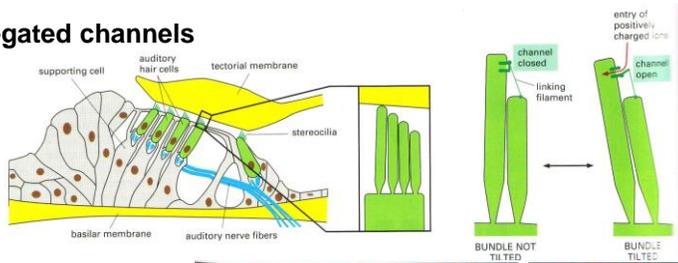
# Difusi melalui protein ion channel



Ion channel terbuka atau tertutup melalui 3 cara :

- ❖ **voltage-gated channels** → tergantung pada perbedaan muatan ion pada kedua sisi membran , contoh K-ion channel
- ❖ **ligand-gated channels** → terjadi perubahan konformasi molekul dengan adanya molekul yang terikat pada channel ini., contoh asetilkolin
- **mechanically-gated channels**

mechanically-gated channels



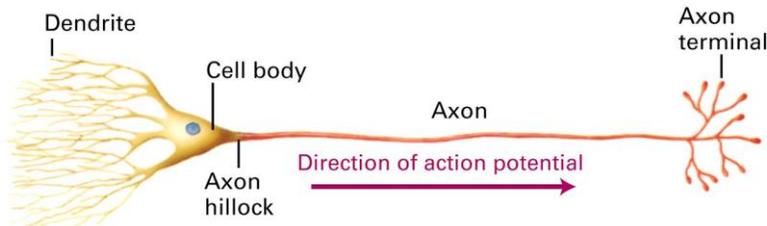
voltage-gated channels



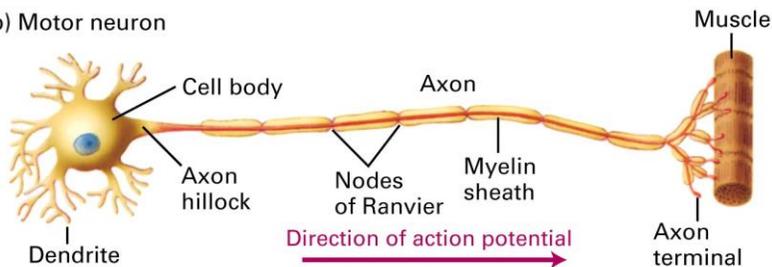
# Voltage gated ion channel & ligand gated ion channel

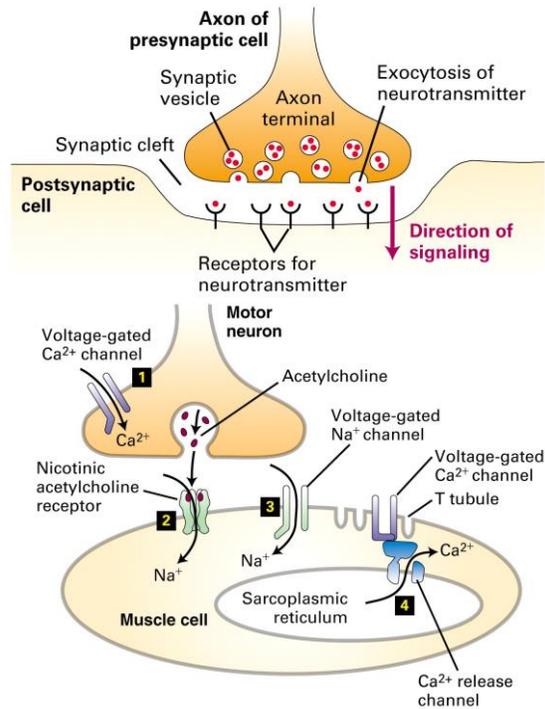
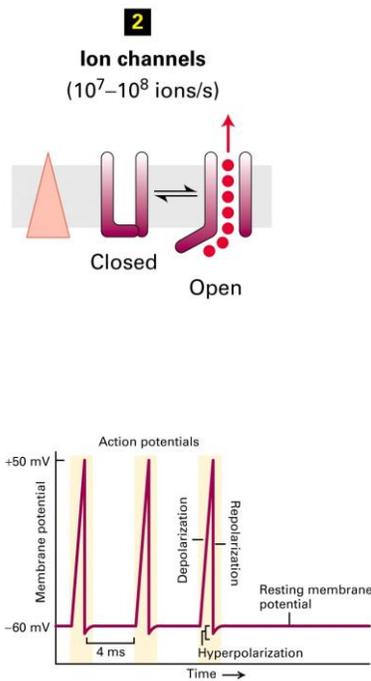


(a) Multipolar interneuron

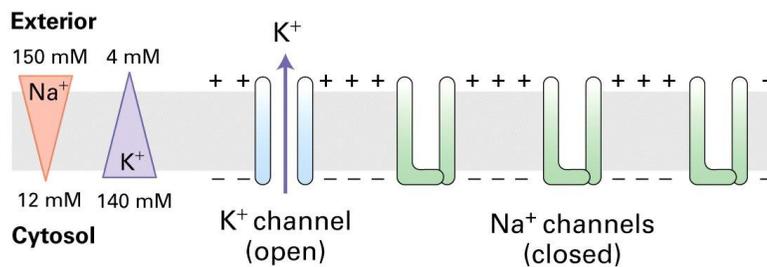


(b) Motor neuron

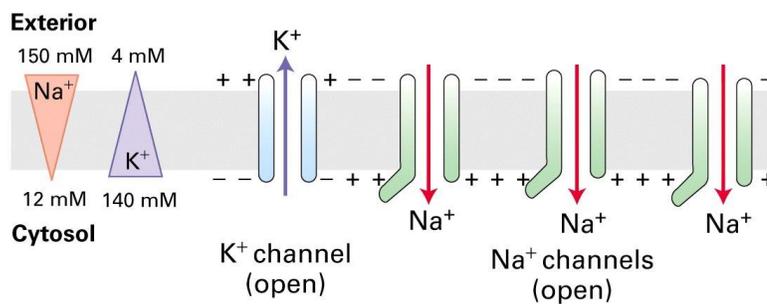




(a) Resting state (cytosolic face negative)



(b) Depolarized state (cytosolic face positive)



50

