

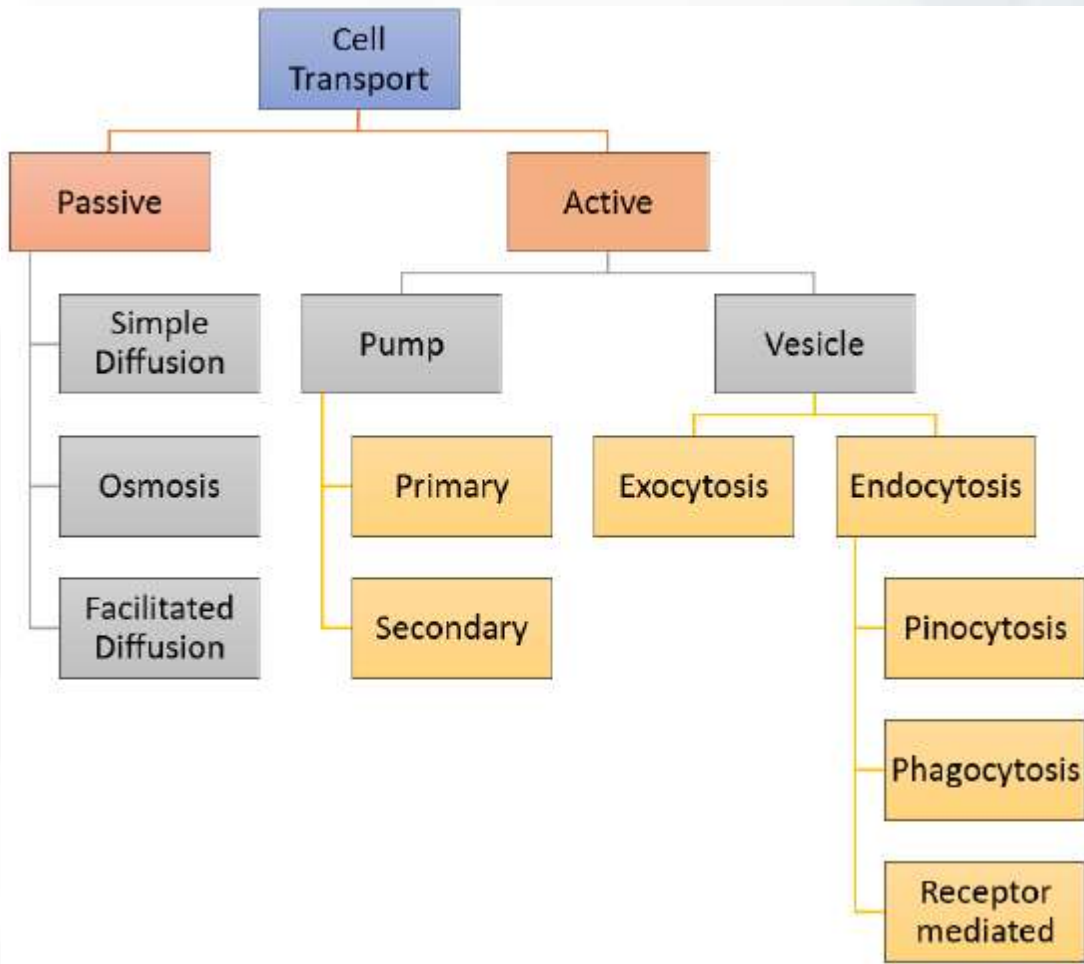


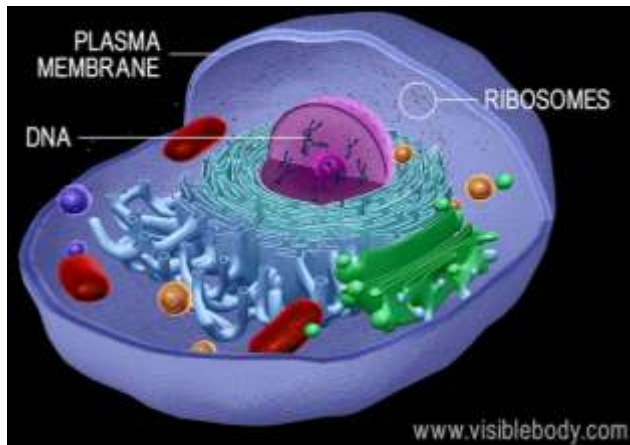
MEMBRAN SEL & TRANSPORTASI

MATERI

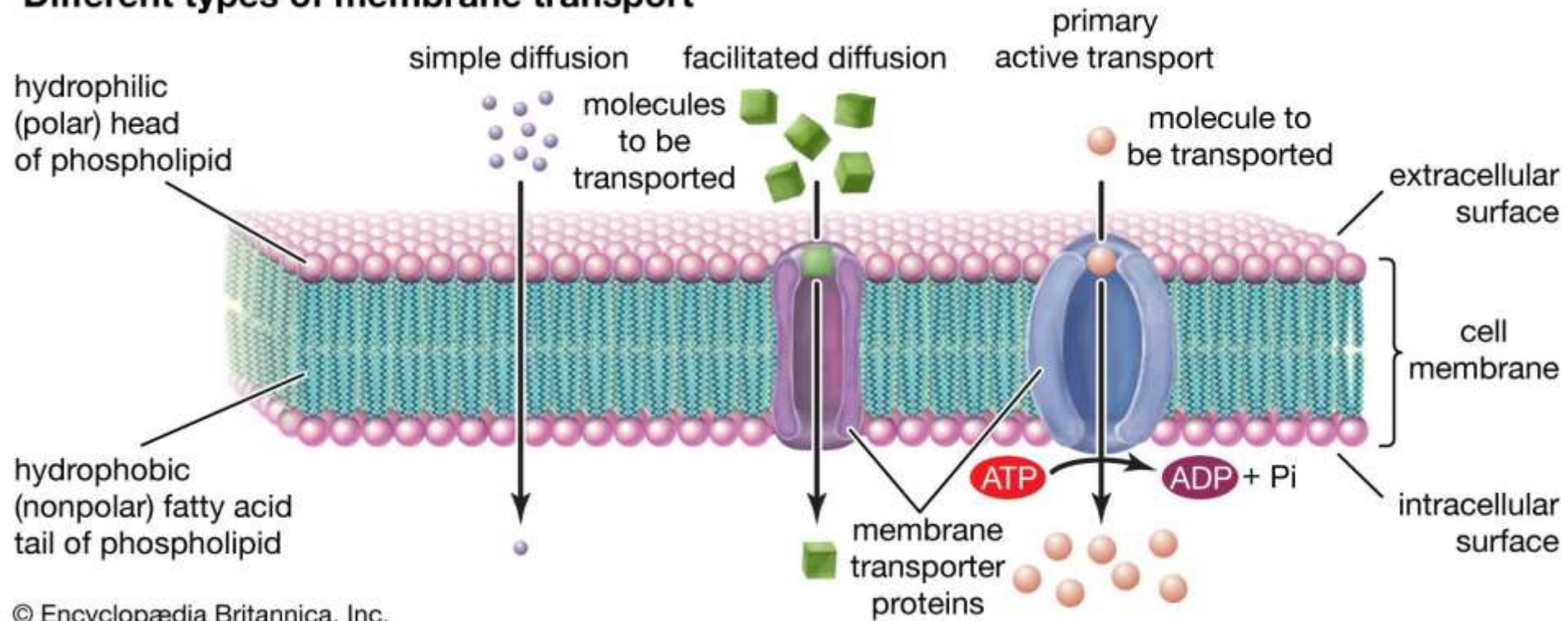
- Membran Sel Disusun Oleh Cairan Lipid Dan Protein
- Struktur Membran Dengan Selektif Permeabilitas
- Transport Pasif Difusi Dan Osmosis
- Transport Aktif: Pompa Na dan K
- Eksositosis Dan Endositosis

TRANSPORTASI SEL





Different types of membrane transport



© Encyclopædia Britannica, Inc.

STUDI KASUS

Kasus Human Immunodeficiency Virus (HIV) di Indonesia meningkat di tahun 2023. Juru Bicara Kementerian Kesehatan RI menyebut penularan kasus didominasi oleh ibu rumah tangga. Berdasarkan data Kementerian Kesehatan RI, jumlah ibu rumah tangga yang terinfeksi HIV mencapai 35%. Angka tersebut lebih tinggi dibandingkan kasus HIV pada kelompok lainnya seperti suami pekerja seks dan kelompok man sex with man (MSM). Aktivitas ini telah menyumbang sekitar 30% penularan dari suami ke istri. Dampaknya, kasus HIV baru pada kelompok ibu rumah tangga bertambah sebesar 5.100 kasus setiap tahunnya.

STUDI KASUS

Ibu rumah tangga yang terinfeksi HIV berisiko tinggi untuk menularkan virus kepada anaknya. Penularan dapat terjadi sejak dalam kandungan, saat proses kelahiran, atau saat menyusui. Meskipun terpapar HIV beberapa kali, sejumlah kecil orang tidak mengembangkan AIDS dan tidak menunjukkan bukti sel yang terinfeksi HIV. Dengan membandingkan gennya dengan gen individu yang terinfeksi, maka para peneliti menemukan bahwa individu yang resistan memiliki bentuk gen yang tidak biasa yang mengkode protein permukaan sel imun yang disebut CCR5. Penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa HIV mengikat reseptor protein utama (CD4) pada sel imun, tetapi sebagian besar jenis HIV juga perlu mengikat CCR5 sebagai "ko-reseptor" untuk benar-benar menginfeksi sel.

STUDI KASUS

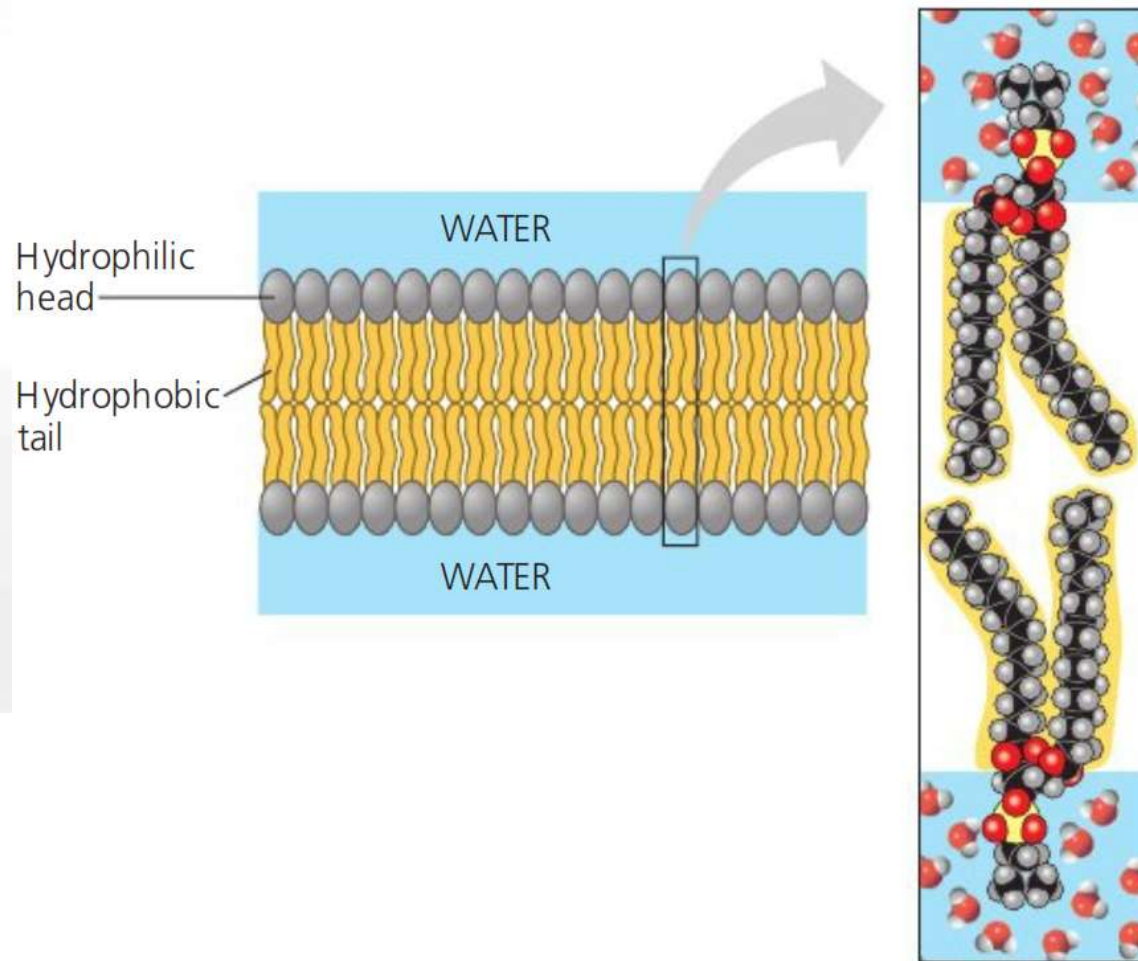
Tidak adanya CCR5 pada sel individu yang resistan, karena perubahan gen, mencegah virus memasuki sel. Para peneliti telah mencari obat untuk memblokir reseptor permukaan sel yang terlibat dalam infeksi HIV. Protein reseptor utama yang disebut CD4, menjalankan banyak fungsi penting bagi sel, jadi mengganggunya dapat menyebabkan efek samping yang berbahaya. Penemuan ko-reseptor CCR5 memberikan target yang lebih aman untuk pengembangan obat yang menutupi CCR5 dan memblokir masuknya HIV. Salah satu obat tersebut, maraviroc (merek dagang Selzentry), telah disetujui untuk pengobatan infeksi HIV pada tahun 2007.

MEMBRAN SEL

MEMBRAN SEL

- Lipid dan protein adalah bahan penyusun utama membran sel, meskipun karbohidrat juga penting.
- Lipid yang paling melimpah dalam sebagian besar membran adalah fosfolipid.
- Fosfolipid adalah molekul amfipatik, yang berarti memiliki bagian hidrofilik (menyukai air) dan bagian hidrofobik (tidak menyukai air).
- Model mosaik cair, membran adalah struktur cair dengan bentuk “mosaik” berbagai protein yang tertanam atau melekat pada lapisan ganda (*bilayer*) fosfolipid.

MEMBRAN SEL: FOSFOLIPID BILAYER

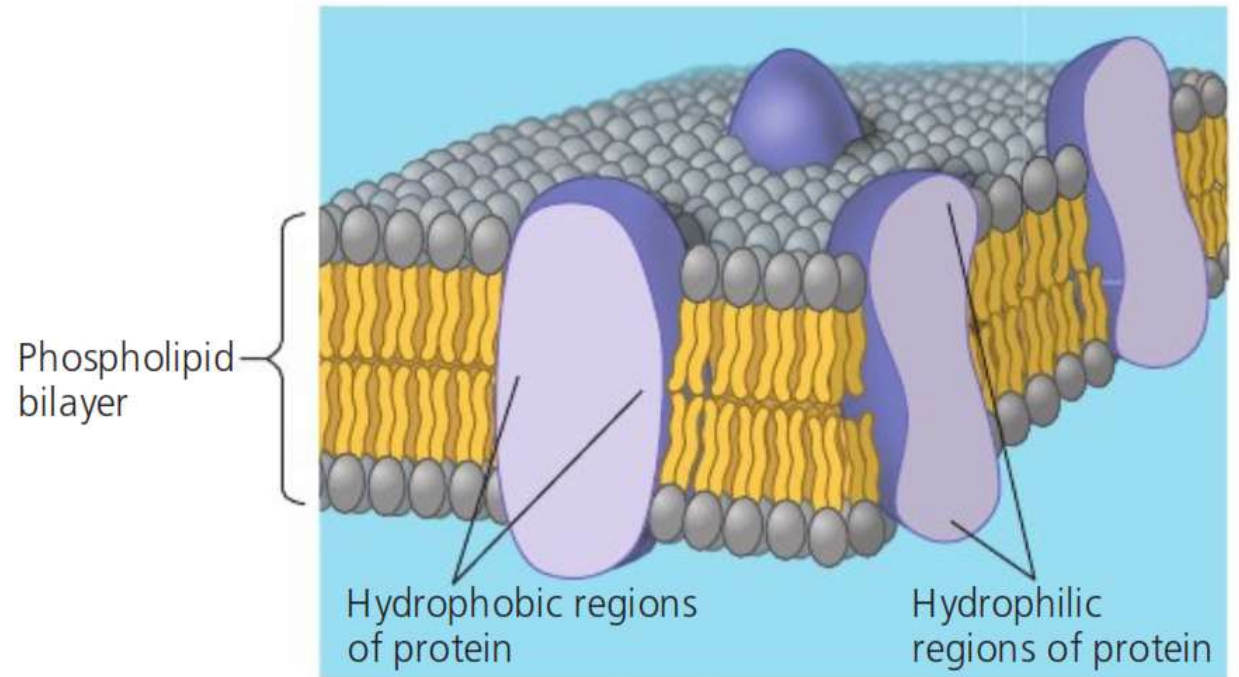


MEMBRAN SEL

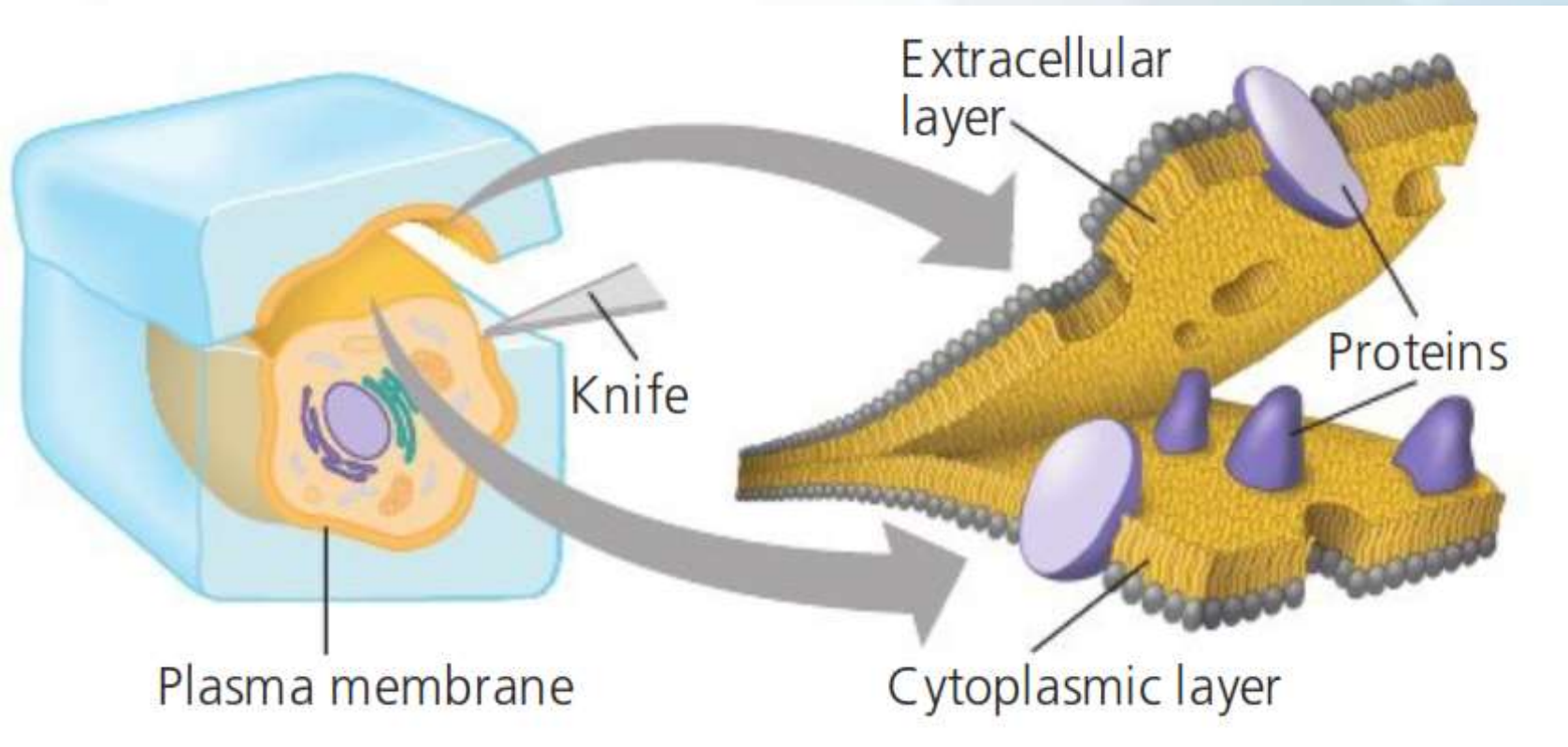
- **Hugh Davson** dan **James Danielli** menyarankan pada tahun 1935 bahwa membran dapat dilapisi pada kedua sisinya dengan protein hidrofilik.
- Mengusulkan **model sandwich**: yaitu *bilayer* fosfolipid terdapat di antara dua lapisan protein.
- **Protein membran** tidak mudah larut dalam air karena bersifat amfipatik.
- Jika protein tersebut terdapat pada permukaan membran, maka bagian hidrofobiknya akan berada di lingkungan berair.

MEMBRAN SEL

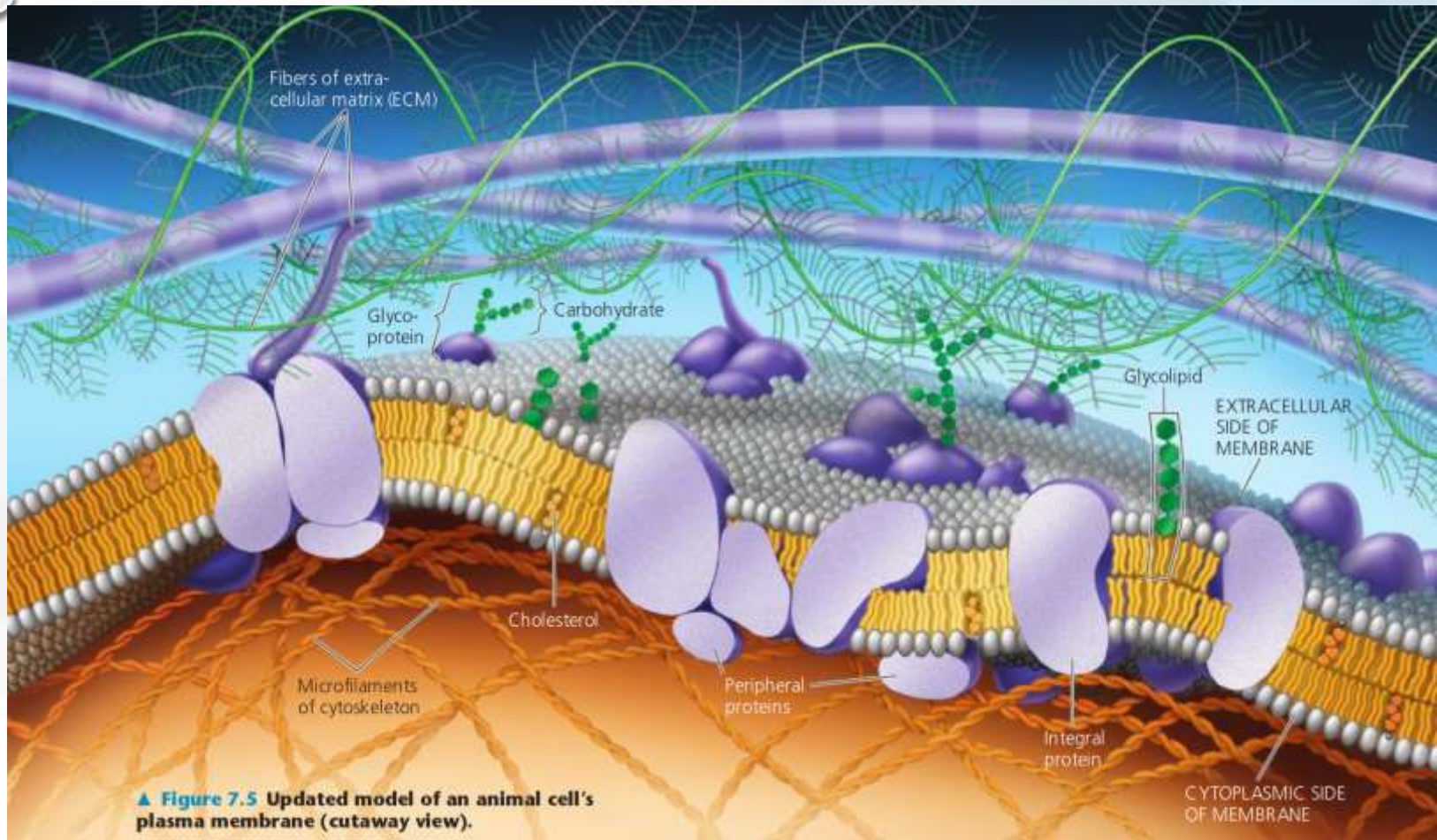
- **SJ Singer** dan **G Nicolson** mengusulkan pada tahun 1972 bahwa protein membran berada dalam lapisan fosfolipid dengan bagian hidrofilik yang menonjol (Trilaminar Membran), Model Mosaic Cair.



MEMBRAN SEL: FREEZE FRACTURE



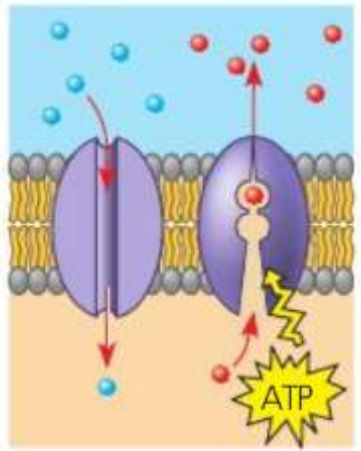
MEMBRAN SEL: MOSAIC CAIR



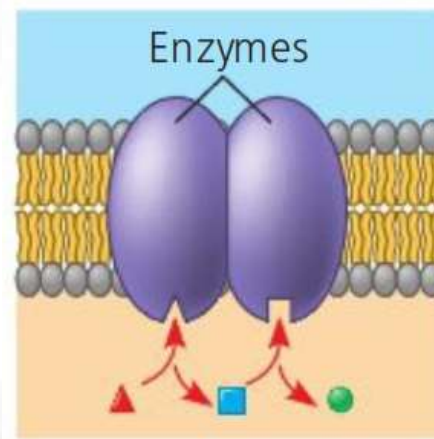
FUNGSI PROTEIN MEMBRAN

- a. Transport
- b. Aktivitas enzimatik
- c. Transduksi sinyal
- d. Pengenalan sel-sel
- e. Penggabungan antar sel
- f. Keterikatan pada sitoskeleton dan matriks ekstraseluler (ECM)

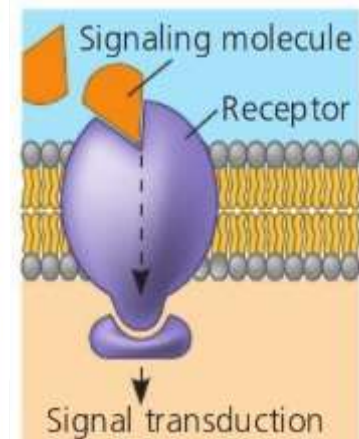
FUNGSI PROTEIN MEMBRAN



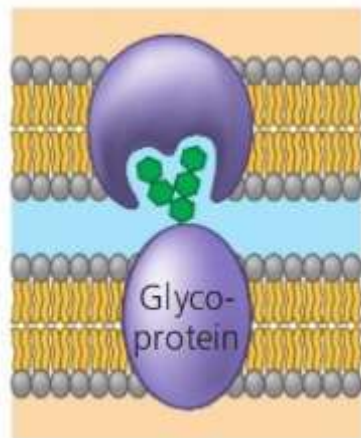
a



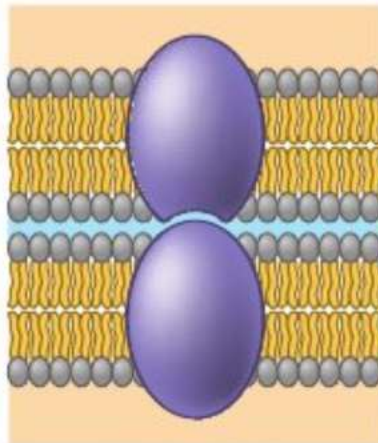
b



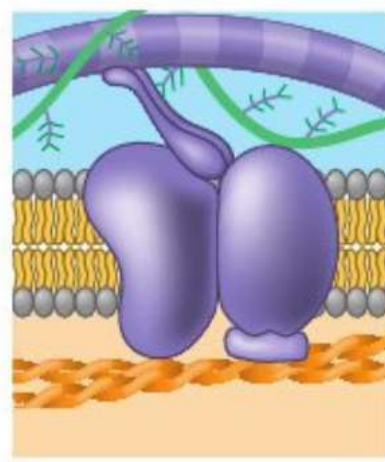
c



d



e



f

FUNGSI PROTEIN MEMBRAN

- Protein pada permukaan sel sangat penting dalam bidang medis karena beberapa protein dapat membantu agen di luar sel untuk menyerang sel.
- Sebagai contoh, protein permukaan sel membantu *human immunodeficiency virus* (HIV) menginfeksi sel sistem kekebalan tubuh, yang mengarah pada sindrom defisiensi imun yang didapat (AIDS).
- Mempelajari tentang protein yang diikat oleh HIV pada sel kekebalan tubuh merupakan hal yang penting untuk mengembangkan pengobatan infeksi HIV.

FUNGSI PROTEIN MEMBRAN

- **Pengenalan sel**, adalah kemampuan sel untuk membedakan satu jenis sel tetangga dari yang lain, sangat penting bagi fungsi organisme.
- Hal ini penting, dalam pemilahan sel menjadi jaringan dan organ dalam embrio hewan.
- Dasar untuk penolakan sel asing oleh sistem kekebalan tubuh, sebuah garis pertahanan yang penting pada hewan vertebrata.
- Sel mengenali sel lain dengan mengikat molekul, mengandung karbohidrat, pada permukaan ekstraseluler membran plasma.

FUNGSI PROTEIN MEMBRAN

- Karbohidrat pada sisi ekstraseluler membran plasma bervariasi dari satu spesies ke spesies lainnya.
- Keragaman molekul dan lokasinya pada permukaan sel memungkinkan karbohidrat membran berfungsi sebagai **penanda** yang membedakan satu sel dengan sel lainnya.
- Sebagai contoh, empat **golongan darah** manusia yang disebut A, B, AB, dan O mencerminkan variasi dalam bagian karbohidrat glikoprotein pada permukaan sel darah merah.

STRUKTUR MEMBRAN – SELEKTIF PERMEABEL

FUNGSI PROTEIN MEMBRAN

- Lalu lintas molekul kecil dan ion yang stabil bergerak melintasi membran plasma di kedua arah.
- **Pertukaran kimiawi** antara sel otot dan cairan ekstraseluler.
- Gula, asam amino, dan nutrisi lainnya masuk ke dalam sel, dan produk sisa metabolisme keluar dari sel.
- Sel mengambil O_2 untuk digunakan dalam respirasi sel dan mengeluarkan CO_2
- Sel mengatur konsentrasi **ion-ion anorganik**, seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , dan Cl^-

FUNGSI PROTEIN MEMBRAN

- Membran sel dapat ditembus oleh ion spesifik dan berbagai molekul polar.
- Zat-zat hidrofilik ini dapat menghindari kontak dengan lapisan lipid dengan melewati **protein transpor** untuk menjangkau membran.
- Beberapa protein transpor, disebut **protein saluran**, berfungsi sebagai terowongan melalui membran, dengan memiliki saluran hidrofilik yang digunakan oleh molekul atau ion atom tertentu.
- Contoh protein saluran: **aquaporin**.

FUNGSI PROTEIN MEMBRAN

- Protein transpor lainnya: **protein pembawa**, berfungsi menahan molekul yang dibawanya dan mengangkutnya melintasi membran.
- Contoh: protein pengangkut spesifik dalam membran plasma sel darah merah mengangkut glukosa.
- **Pengangkut glukosa** ini sangat selektif sehingga dapat menolak **fruktosa**, yaitu isomer struktur glukosa.

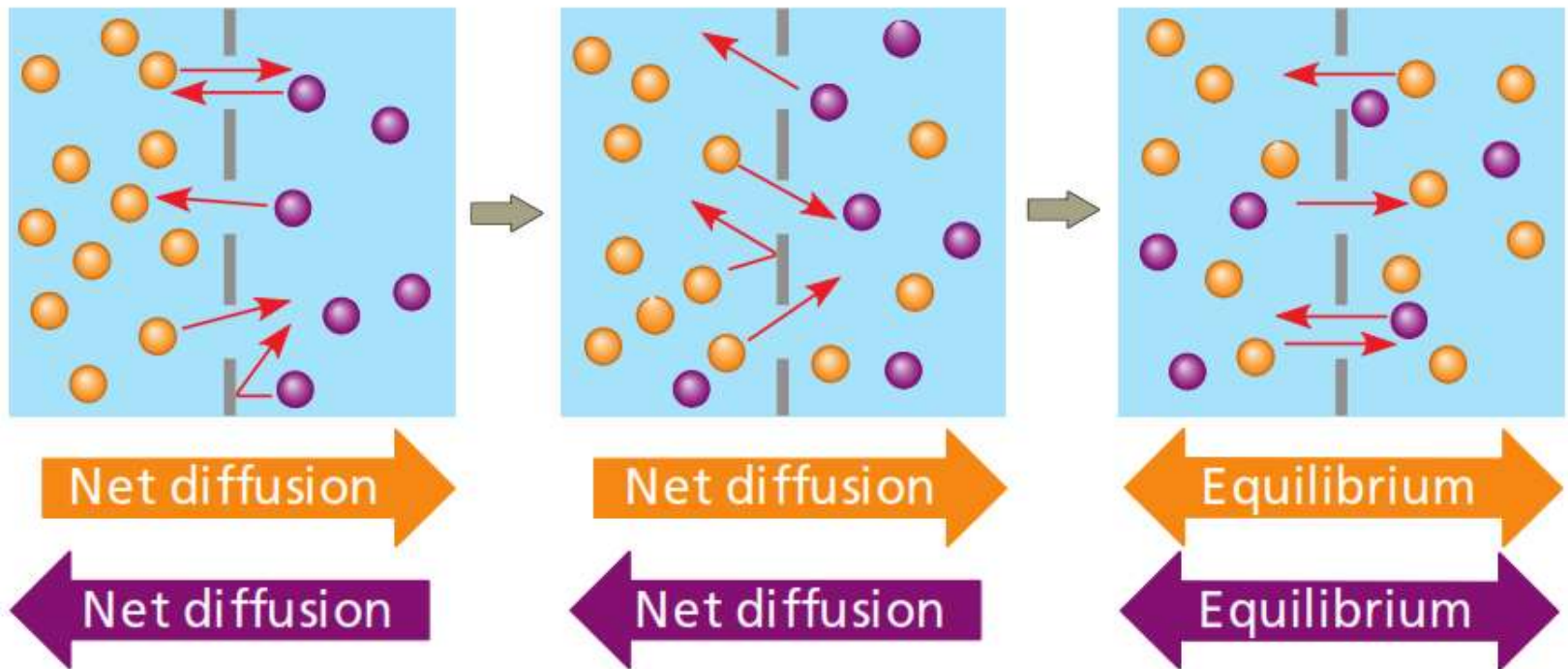
TRANSPOR PASIF

DIFUSI, OSMOSIS, DIFUSI TERFASILITASI

TRANSPOR PASIF: DIFUSI

- **Difusi**: pergerakan molekul zat apa pun yang dapat menyebar secara merata ke dalam ruang yang tersedia, dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah.
- Zat apa pun akan berdifusi menuruni **gradien konsentrasinya**.
- **Setiap zat berdifusi menuruni gradien konsentrasinya sendiri, tanpa dipengaruhi oleh gradien konsentrasi zat lain.**
- Difusi suatu zat melintasi membran biologis disebut **transpor pasif** karena sel tidak perlu mengeluarkan energi.

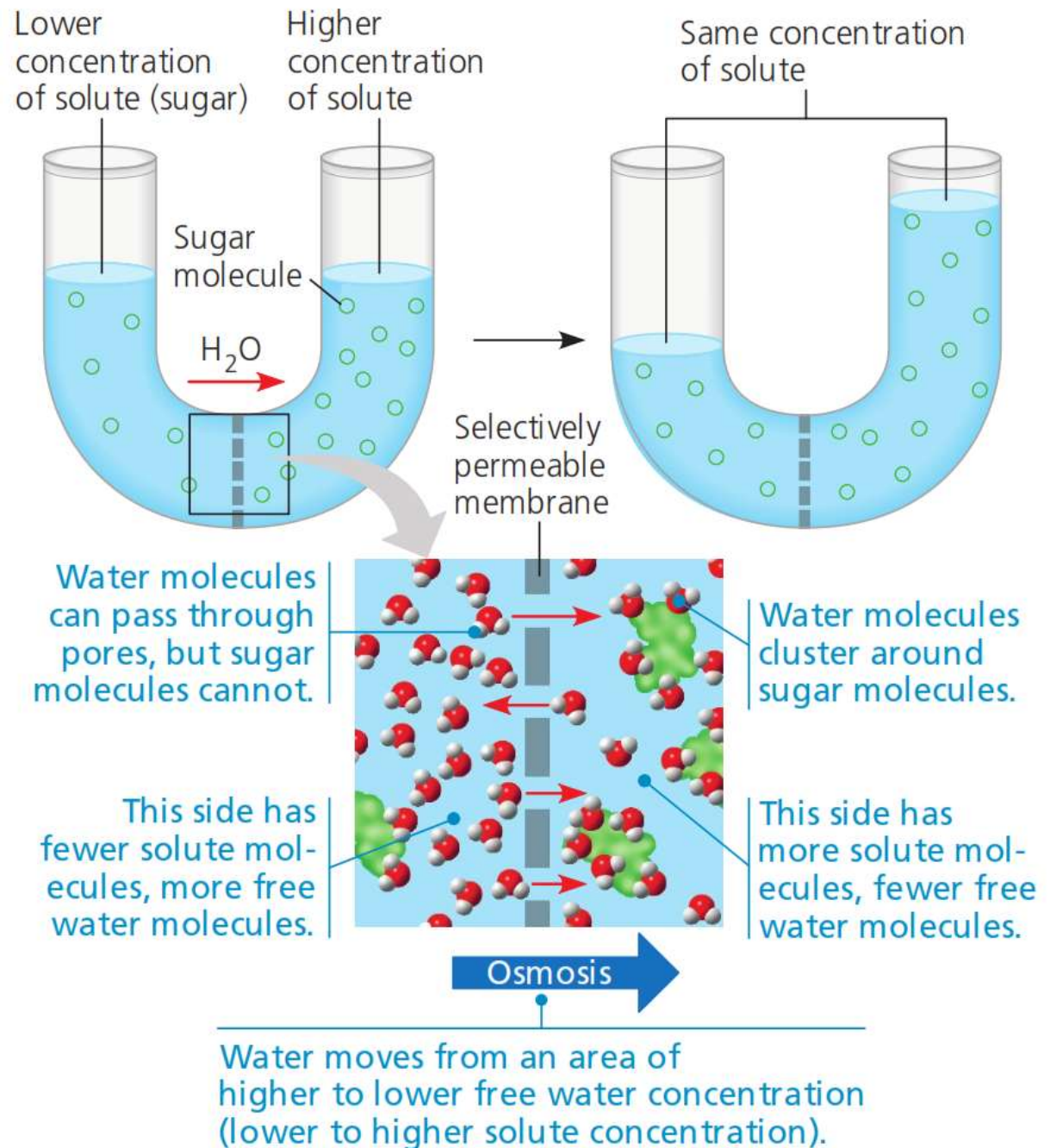
TRANSPOR PASIF: DIFUSI



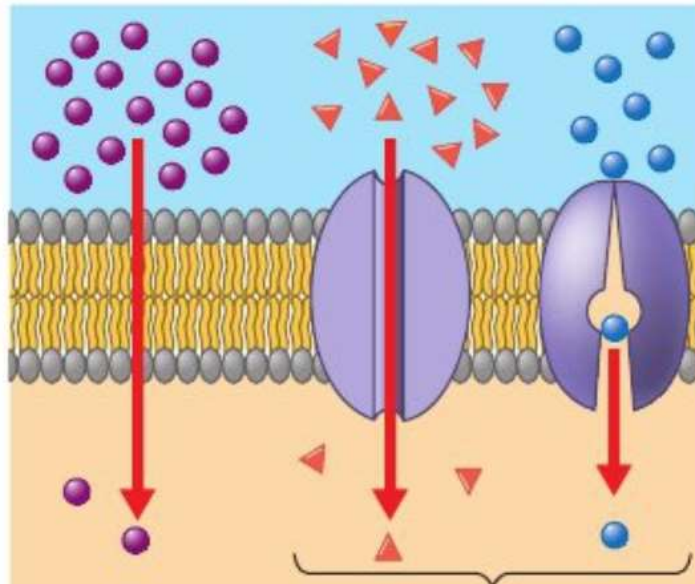
TRANSPOR PASIF: OSMOSIS

- Contoh penting difusi adalah penyerapan **oksigen** oleh sel melalui proses **respirasi seluler**.
- Oksigen terlarut berdifusi ke dalam sel melintasi membran plasma.
- Difusi air bebas melintasi membran yang dapat ditembus secara selektif, baik buatan maupun seluler, disebut **osmosis**.
- Pergerakan air melintasi membran sel dan keseimbangan air antara sel dan lingkungannya sangat penting bagi organisme.

TRANSPOR PASIF: OSMOSIS

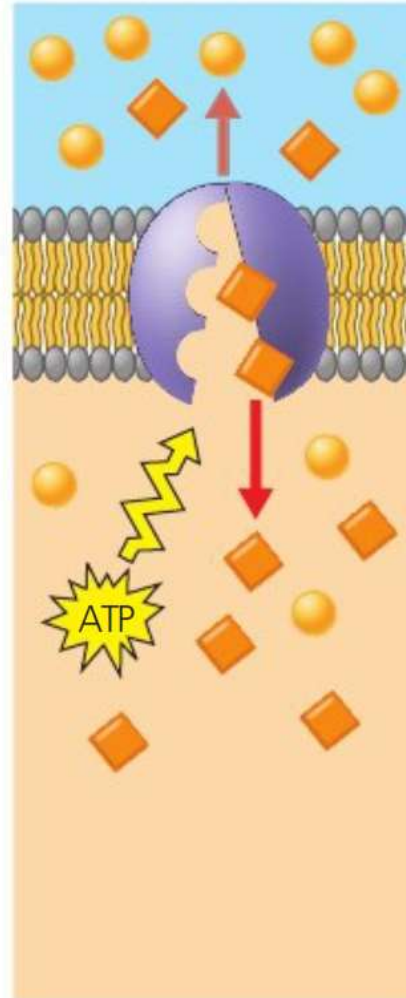


DIFUSI & DIFUSI TERFASILITAS



Diffusion.
Hydrophobic molecules and (at a slow rate) very small uncharged polar molecules can diffuse through the lipid bilayer.

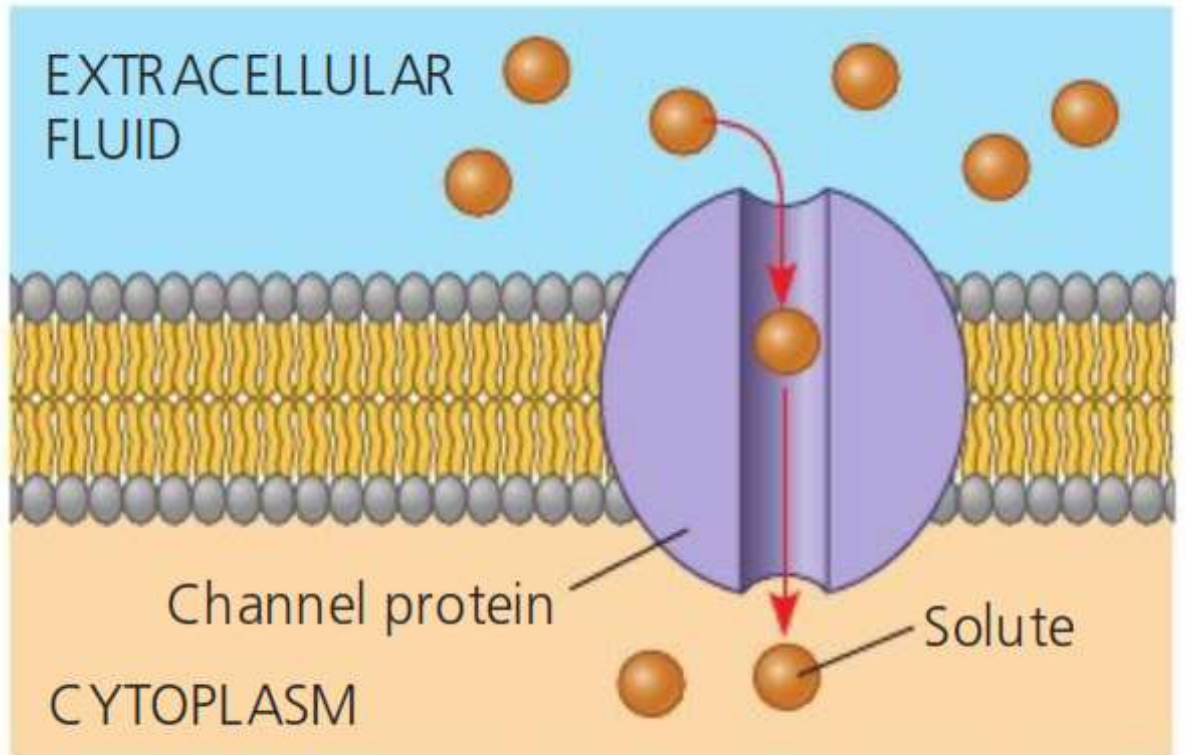
Facilitated diffusion.
Many hydrophilic substances diffuse through membranes with the assistance of transport proteins, either channel proteins (left) or carrier proteins (right).



TRANSPOR PASIF: DIFUSI TERFASILITASI

- **Difusi terfasilitasi:** banyak molekul polar dan ion yang terhalang oleh lapisan lipid membran berdifusi secara pasif dengan bantuan protein transpor yang menjangkau membran.
- Difusi terfasilitasi: **protein saluran** dan **protein pembawa**.

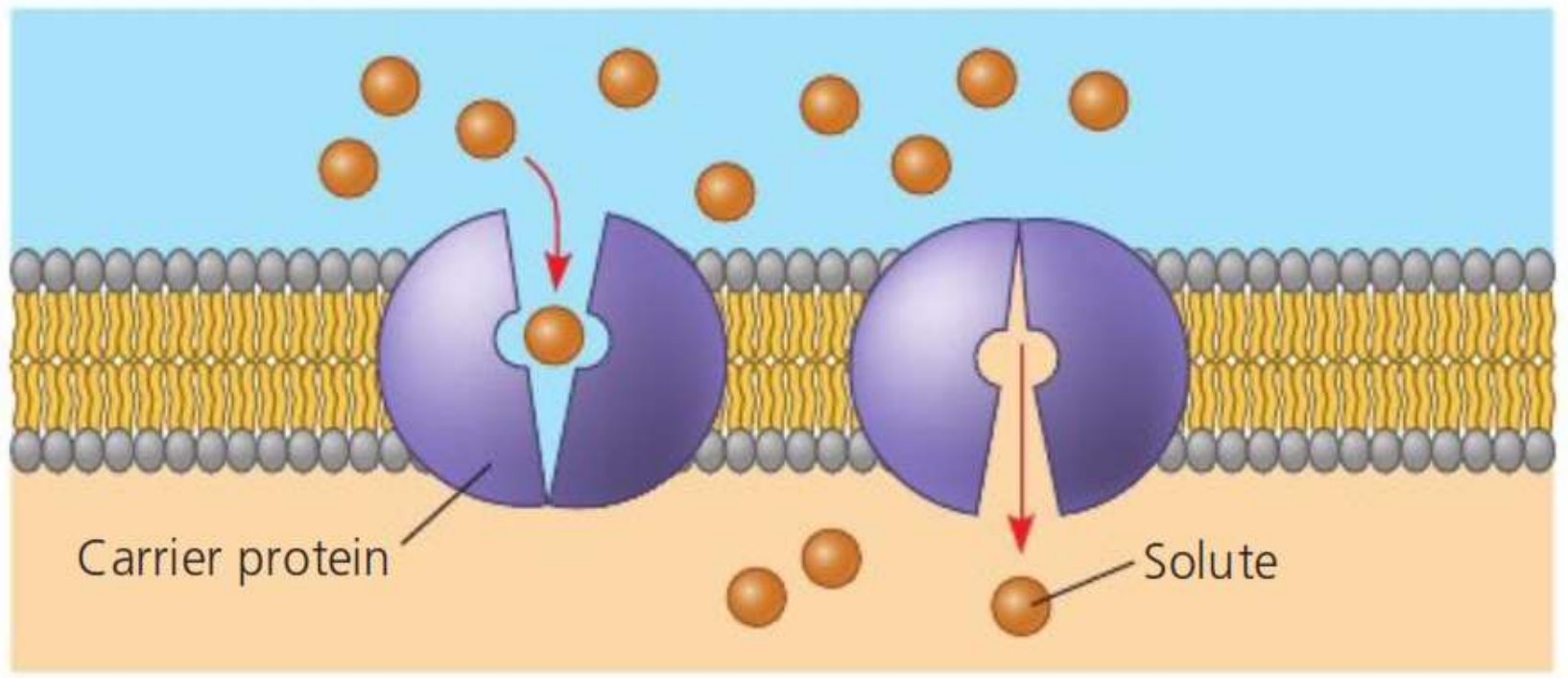
TRANSPOR PASIF: DIFUSI TERFASILITASI PROTEIN SALURAN



TRANSPOR PASIF: DIFUSI TERFASILITASI PROTEIN SALURAN

- Protein saluran yang mengangkut ion disebut **saluran ion**.
- Banyak saluran ion berfungsi sebagai **saluran berpagar**, yang berfungsi membuka atau menutup sebagai respons terhadap rangsangan.
- Untuk beberapa saluran berpagar, rangsangannya adalah **listrik**.
- Saluran ion, terbuka sebagai respons terhadap rangsangan listrik, yang memungkinkan **ion kalium** meninggalkan sel.
- Saluran berpagar lainnya membuka atau menutup ketika zat tertentu selain zat yang akan diangkut berikatan dengan saluran tersebut. Kedua jenis saluran berpagar ini penting dalam fungsi **sistem saraf**.

TRANSPOR PASIF: DIFUSI TERFASILITASI PROTEIN PEMBAWA



TRANSPOR PASIF: DIFUSI TERFASILITASI PROTEIN PEMBAWA

- Protein pembawa, contoh **transpor glukosa**, tampaknya mengalami perubahan bentuk yang halus yang dapat mentranslokasi tempat pengikatan zat terlarut melintasi membran.
- Perubahan bentuk seperti itu dapat dipicu oleh pengikatan dan pelepasan molekul yang diangkut.
- Seperti saluran ion, protein pembawa yang terlibat dalam difusi terfasilitasi menghasilkan pergerakan bersih suatu zat ke bawah gradien konsentrasinya.

TRANSPOR PASIF

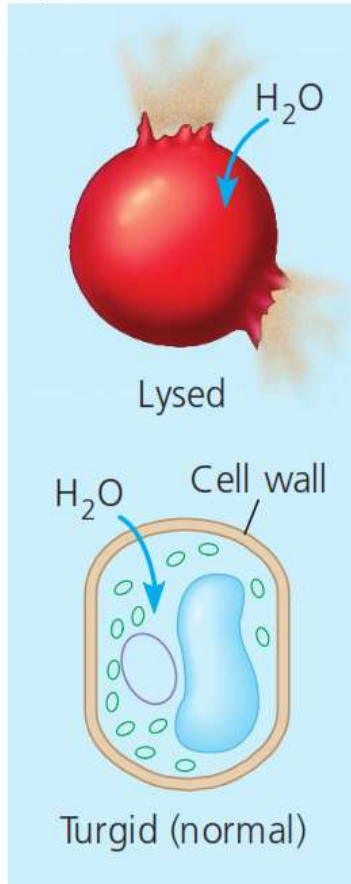
- Lingkungan yang **isotonik** terhadap sel (“*iso*” berarti sama), tidak akan ada pergerakan air melintasi membran plasma.
- Air berdifusi melintasi membran, tetapi pada kecepatan yang sama pada kedua arah.
- Dalam lingkungan yang isotonik, volume sel hewan akan stabil.
- Larutan yang **hipertonik** terhadap sel (“*hyper*” berarti lebih banyak, dalam hal ini mengacu pada zat terlarut yang tidak dapat menembus).

TRANSPOR PASIF

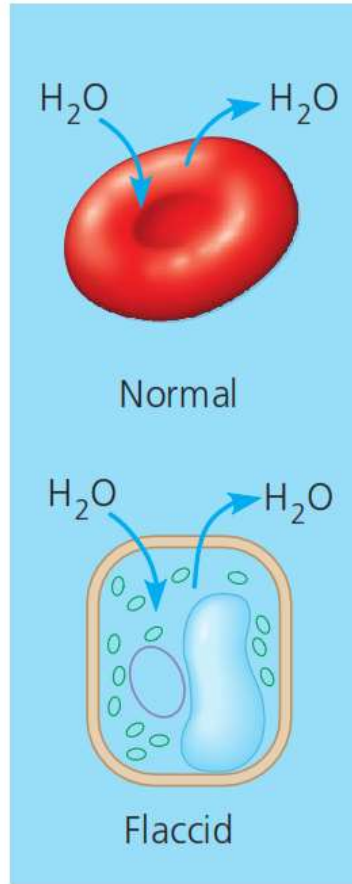
- Sel akan kehilangan air, mengerut, dan mungkin mati.
- Ini adalah salah satu cara peningkatan **salinitas** (keasinan) danau dapat membunuh hewan di sana, jika air danau menjadi hipertonik terhadap sel hewan, sel tersebut dapat mengerut dan mati.
- Larutan yang **hipotonik** terhadap sel ("*hypo*" berarti kurang), air akan masuk ke dalam sel lebih cepat daripada yang keluar, dan sel akan membengkak dan melisis (meledak) seperti balon air yang terlalu penuh.

KESEIMBANGAN AIR DALAM SEL

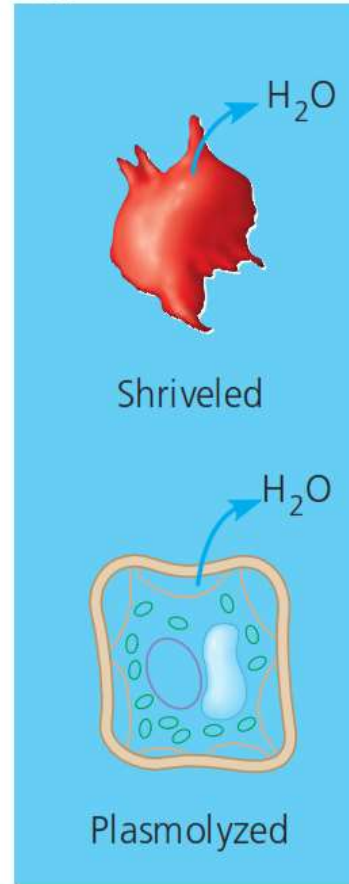
Hypotonic solution



Isotonic solution



Hypertonic solution



GANGGUAN TRANSPORTASI

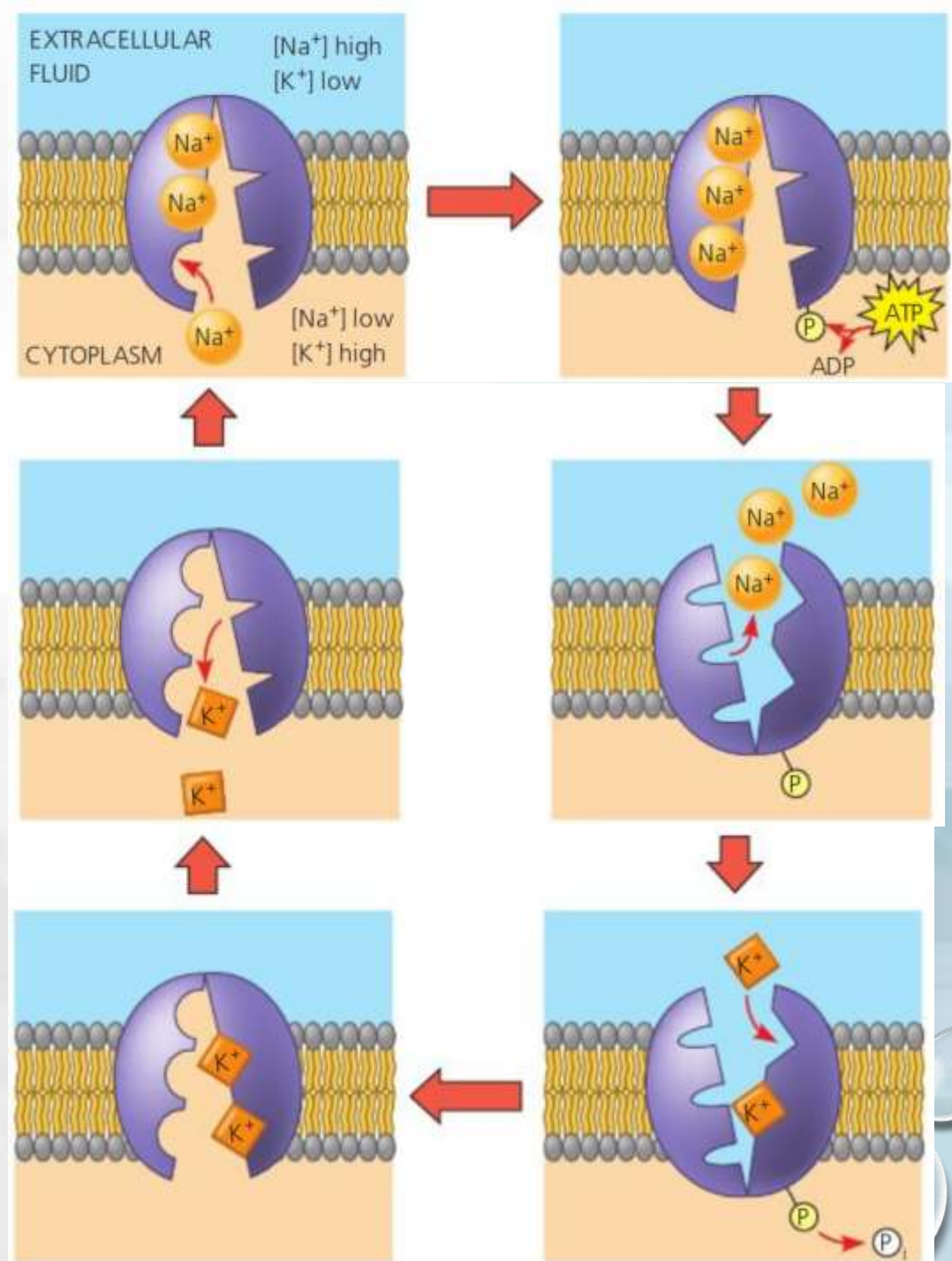
- Pada penyakit tertentu yang diturunkan, sistem pengangkutan tertentu rusak atau tidak ada sama sekali.
- Contoh: **sistinuria**, adalah **penyakit pada manusia yang ditandai dengan tidak adanya protein pembawa yang mengangkut sistein dan beberapa asam amino lainnya melintasi membran sel ginjal.**
- Sel-sel ginjal biasanya menyerap kembali asam-asam amino ini dari urin dan mengembalikannya ke dalam darah, tetapi seseorang yang menderita sistinuria akan mengembangkan batu yang menyakitkan dari asam-asam amino yang terakumulasi dan mengkristal di dalam ginjal.



TRANSPOR AKTIF

GLUKOSA, POMPA NA-K

TAHAPAN TRANSPORTASI



POMPA NA-K

1. Na^+ sitoplasma mengikat pompa natrium-kalium. Afinitas terhadap Na^+ tinggi ketika protein memiliki bentuk ini.
2. Pengikatan Na^+ merangsang fosforilasi dengan adanya ATP.
3. Fosforilasi menyebabkan perubahan bentuk protein, mengurangi afinitasnya terhadap Na^+ , yang dilepaskan ke luar.
4. Bentuk baru ini memiliki afinitas tinggi terhadap K^+ , yang mengikat pada sisi ekstraseluler dan memicu pelepasan gugus fosfat.
5. Hilangnya gugus fosfat mengembalikan bentuk asli protein, yang memiliki afinitas lebih rendah terhadap K^+ .
6. K^+ dilepaskan, afinitas terhadap Na^+ tinggi lagi, dan siklus berulang.



ENDOSISTOSIS & EKSOSITOSIS

ENDOSITOSIS & EKSOSITOSIS

- Proses sel mengeluarkan molekul biologis tertentu melalui fusi vesikel melintasi membran plasma: **eksositosis**.
- Contoh: sel-sel di pankreas yang membuat **insulin** mengeluarkannya ke dalam cairan ekstraseluler.
- **Neuron (sel saraf)** menggunakan eksositosis untuk melepaskan **neurotransmitter** yang memberi sinyal ke neuron lain atau sel otot.
- **Endositosis**: sel mengambil molekul biologis dan materi partikulat dengan membentuk vesikel baru dari membran plasma, dan memasukkan ke dalam sel.
- Tiga jenis endositosis : **fagositosis** ("makan seluler"), **pinositosis** ("minum seluler"), dan **endositosis yang dimediasi reseptor**.

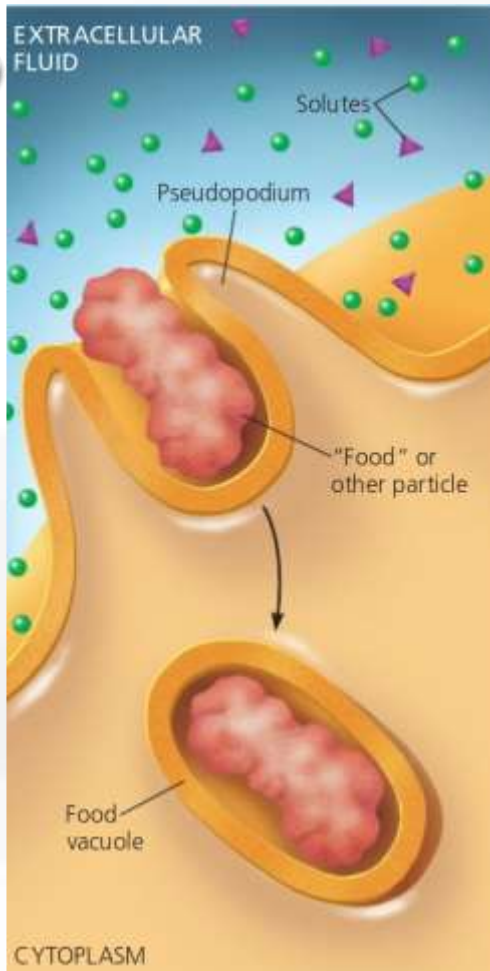
ENDOSITOSIS & EKSOSITOSIS

- Sel manusia menggunakan endositosis yang dimediasi reseptor untuk mengambil **kolesterol** untuk sintesis membran dan sintesis **steroid** lainnya.
- Kolesterol bergerak dalam darah dalam partikel yang disebut **lipoprotein densitas rendah (LDL)**, masing-masing merupakan kompleks lipid dan protein.
- LDL mengikat reseptor LDL pada membran plasma dan kemudian memasuki sel melalui endositosis.
- LDL bertindak sebagai **ligan**, yaitu istilah untuk setiap molekul yang mengikat secara spesifik ke situs reseptor pada molekul lain.

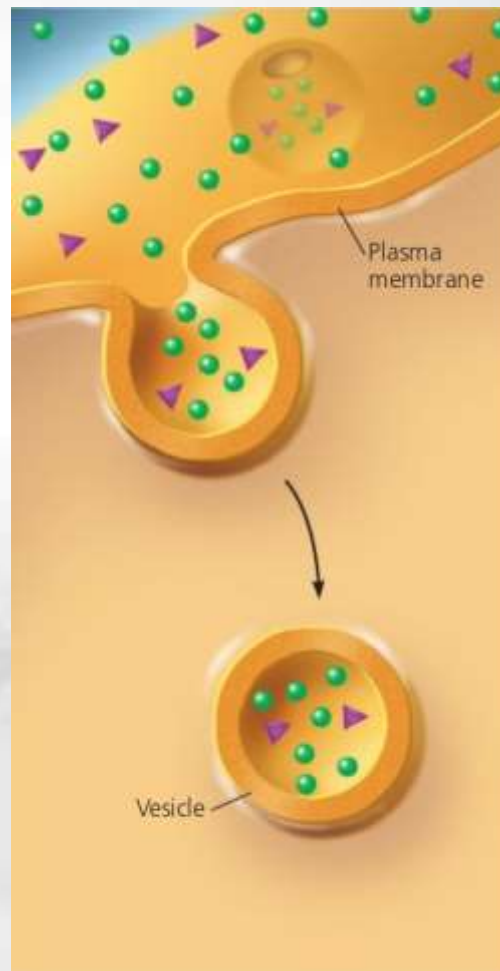
ENDOSITOSIS & EKSOSITOSIS

- Pada manusia dengan kelainan **hiperkolesterolemia familial**, yaitu penyakit bawaan yang ditandai dengan kadar kolesterol yang sangat tinggi dalam darah, LDL tidak dapat memasuki sel karena protein reseptor LDL rusak atau hilang.
- Akibatnya, kolesterol terakumulasi dalam darah, yang berkontribusi terhadap **aterosklerosis** dini, yaitu penumpukan endapan lipid di dalam dinding pembuluh darah.
- Penumpukan ini menyebabkan dinding menonjol ke dalam, sehingga mempersempit pembuluh dan menghambat aliran darah.

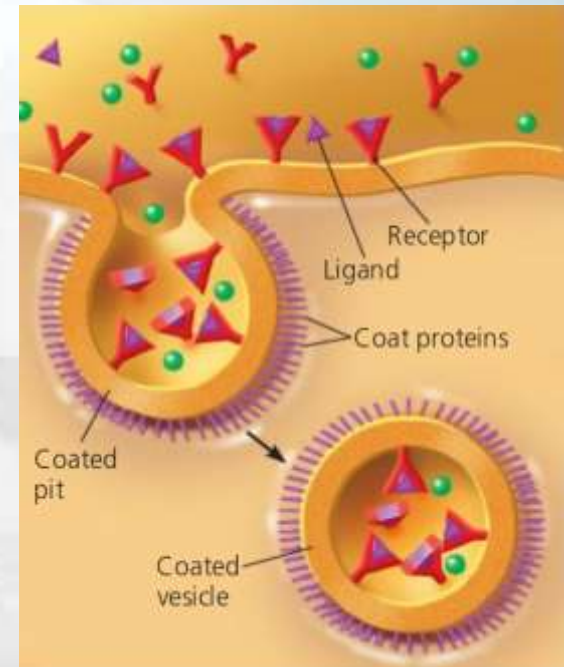
ENDOSITOSIS & EKSOSITOSIS



Fagositosis



Pinositosis



Endositosis Reseptor Termediasi