



MODUL
Biologi Molekuler
(FBM 111)

Materi 4
Mekanisme Transportasi pada Membran Sel

Disusun Oleh
Trisia Lusiana Amir, S.Pd., M. Biomed

UNIVERSITAS ESA UNGGUL
2019

Mekanisme Transportasi pada Membran Sel

A. Pendahuluan

Membran sel atau sering juga disebut sebagai membran plasma merupakan tahap sangat penting dalam terjadinya kehidupan di bumi. Tanpa membran plasma sebuah sel tidak akan mungkin melangsungkan kehidupannya. Fungsi membran sel antara lain sebagai pengatur keluar masuknya zat. Pengaturan tersebut memungkinkan sel untuk memperoleh pH yang sesuai dan konsentrasi zat-zat menjadi terkendali. Sel juga dapat memperoleh masukan zat-zat dan ion-ion yang diperlukan serta membuang zat-zat yang tidak diperlukan. Proses keluar masuknya bahan/zat dari dan ke dalam sel disebut transportasi pada membran sel. Semua pengontrolan tersebut bergantung pada transpor lewat membran sel.

Struktur membran sel memang sukar dilihat dengan mikroskop biasa, tetapi keberadaannya dapat dibuktikan pada waktu sel mengalami plasmolisis, atau pada saat sel tumbuhan dihilangkan dinding selnya. Apabila dilihat dari segi fisiologis, keberadaan membran sel dapat dilihat dengan adanya permeabilitas selektif terhadap senyawa-senyawa tertentu. Selain itu, membran sel juga memperlihatkan sifat-sifat yang dinamis, antara lain: adanya pertumbuhan membran sel, fragmentasi, diferensiasi, perbaikan dari kerusakan dan perubahan struktur tiga dimensinya.

Perpindahan molekul atau ion melewati membran ada dua macam, yaitu transpor pasif dan transpor aktif.

1. Transpor pasif yaitu perpindahan molekul atau ion tanpa menggunakan energi sel. Perpindahan molekul tersebut mengikuti aliran perbedaan konsentrasi, dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah. Contohnya adalah difusi dan osmosis.
2. Transpor aktif yaitu perpindahan molekul atau ion dengan menggunakan energi dari sel itu yang berupa ATP. Perpindahan tersebut melawan aliran perbedaan konsentrasi. Contohnya adalah pompa Natrium – Kalium, endositosis, dan eksositosis.

B. Kompetensi Dasar

Mahasiswa mampu membandingkan mekanisme transport pada membran sel dengan benar dan tepat

C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

Pada akhir pembelajaran ini, diharapkan mahasiswa mampu:

- Membedakan gejala difusi dan osmosis
- Menjelaskan mekanisme transpor aktif
- Menggambar proses eksositosis dan endositosis
- Membedakan proses pinositosis dan fagositosis

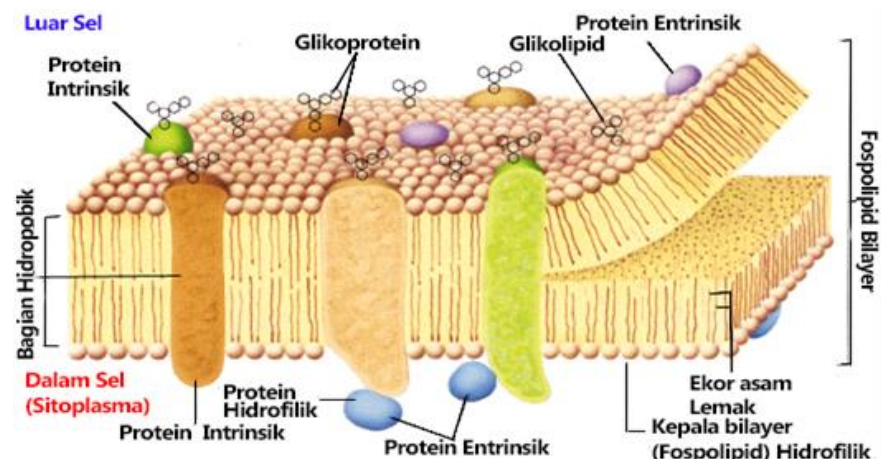
D. Uraian Materi

1. Membran Sel/ Membran Plasma

- Struktur Umum Membran Sel

Mekanisme transport pada membran sel adalah proses masuknya molekul melewati membran sel. Berbagai macam molekul seperti glukosa, oksigen, dan karbondoksida senantiasa harus melewati membran sel untuk keluar-masuk sel dalam proses metabolisme. Fungsi dari membran sel adalah sebagai pengatur transportasi zat dari luar ke dalam sel dan sebaliknya, mengatur komunikasi antar sel sebab di membran sel terdapat reseptor, tempat mekatnya enzim, sebagai pelindung bagian dalam sel dan menjaga keseimbangan kadar ion dan air di dalam dan luar sel. Oleh sebab itu, sebelum masuk ke mekanisme tersebut, perlu diketahui mengenai struktur umum dari membran sel tersebut.

Membran sel secara umum terdiri dari 2 lapis lipid dan di antara lapisan tersebut terdapat juga molekul-molekul protein dan karbohidrat. Struktur membran sel secara lengkap dapat terlihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Struktur Membran Sel

Berdasarkan gambar tersebut terlihat bahwa membran sel tersusun oleh komponen lipid dalam bentuk fosfolipid bilayer atau disebut juga dua lapis lipid (umumnya dalam bentuk fosfolipid). Lipid penyusun membran sel ini terbagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian kepala tersusun oleh molekul fosfat dan gugus polar sehingga bersifat hidrofilik (suka air) dan bagian ekor tersusun oleh gliserol dan asam lemak sehingga bersifat hidrofobik (takut air). Selain itu, pada membran sel juga terdapat protein. Berdasarkan letaknya, protein tersebut dapat dibedakan menjadi 2 yaitu protein perifer (ekstrinsik) dan protein integral (intrinsik). Secara umum, fungsi protein membran adalah

sebagai komponen struktural, saluran /channel/ pori yang akan melewati ion dan molekul, sebagai enzim / kofaktor, sebagai reseptor dan marker (penanda) genetik, dll. Pada membran sel kita juga dapat temukan molekul karbohidrat. Molekul ini hanya ditemukan di membran sel bagian luar yang dapat terikat pada molekul lipid atau protein. Karbohidrat yang terikat pada molekul lipid akan membentuk struktur **glikolipid** sedangkan karbohidrat yang terikat pada molekul protein akan membentuk struktur **glikoprotein**.

- **Perkembangan Teori Membran Sel**

Teori tentang membran sel telah banyak dikemukakan oleh para pakar dan teori yang masih berlaku hingga saat ini adalah teori membran sel yang diajukan oleh **Singer dan Nicolson** tahun 1972 dengan nama teori **Fluid Mozaic Model/ Fluid Mozaic Membrane**. Adapun para pakar yang meneliti tentang membran sel sebelumnya adalah:

Overton

→ Mengemukakan bahwa terdapat lapisan pembatas di sekeliling sel.

Plowe (1929)

→ Menemukan adanya batas di sekeliling protoplasma sel tumbuhan seperti selaput yang elastik. Selaput tersebut dinamakan plasmalema. Plasmalema ini identik dengan istilah membran sel pada tumbuhan.

Gorter dan F. Grendel

→ Menemukan bahwa pada permukaan eritrosit dilapisi oleh dua lapisan lemak (lipid).

Danielli Davson

→ Mengemukakan model membran terdiri dari 3 lapisan membran yang bersifat selektif permeabel. Lapisan luar dan dalam terdiri dari molekul protein dan lapisan tengah terdiri atas lapisan lemak (lipid).

J.D. Robertson

→ Mengemukakan tentang model membran plasma terdiri dari struktur trilaminar. Dua lapisan luar bersifat osmofilik dan lapisan tengah bersifat osmofobik. Pola tiga lapisan ini juga terdapat pada organel sel seperti: mitokondria, kloroplas, RE dan kompleks golgi.

Singer dan Nicolson (1972)

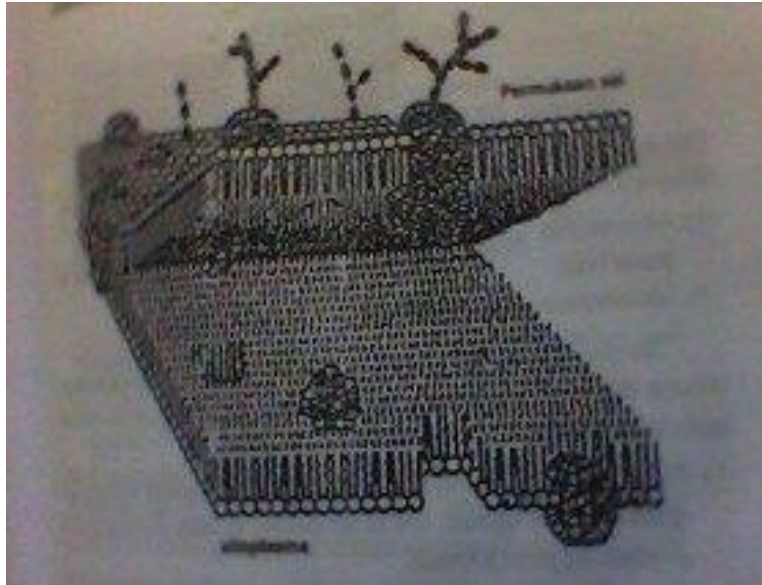
→ Mengemukakan model membran sel dengan sebutan model mozaik cairan/ *fluid mozaic model* atau *fluid mozaic membrane*. Menurut teori ini membran sel terdiri dari lapisan lemak (lipid) bimolekuler, yang di sana sini terputus oleh adanya molekul protein. Beberapa molekul protein berada di permukaan membran, terikat pada permukaan lipid dan dikenal dengan sebutan protein perifer atau protein ekstrinsik. Sebagian lagi dari molekul protein tersebut menyusup ke bagian dalam membran sel di antara lapisan lipid yang bimolekuler tersebut, dengan salah satu permukaannya atau kedua permukaannya menyembul di permukaan membran. Kadang-kadang molekul protein yang menyusup ke dalam membran sel ini berdampingan sehingga antara keduanya terbentuk suatu porus pada membran sel. Molekul protein yang menyusup ke dalam membran sel ini dinamakan protein integral atau protein intrinsik. Baik molekul protein maupun molekul lipid membran sel ini kadang-kadang mengikat karbohidrat. Karbohidrat-karbohidrat ini diperkirakan bertanggungjawab atas fenomena fisiologis, antara lain adhesi antar sel dalam jaringan dan pengenalan antar sel. Cara sel mengenal sel lain adalah dengan memberi kunci pada molekul permukaan membran yang berupa molekul karbohidrat. Karbohidrat membran ini biasanya berupa oligosakarida bercabang dengan kurang dari 15 satuan gula, berikatan secara kovalen membentuk glikolipid atau glikoprotein. Oligosakarida membran luar berbeda dari satu sel ke sel lain dalam satu individu. Keberagaman molekul dengan lokasi yang berbeda pada permukaan sel membuat oligosakarida berfungsi sebagai penanda yang membedakan satu sel dengan sel lainnya.

- Komponen Penyusun Membran Sel

Secara umum komponen penyusun membran sel adalah lipid, protein, dan karbohidrat.

Lipid Membran Sel

Pengkajian membran plasma dengan difraksi sinar X pada berbagai membran organisme hidup (Gambar 2), menunjukkan bahwa molekul-molekul lipid tersusun dalam dua lapisan/dwi lapis (*bilayer*). Kesimpulan ini didukung oleh kenyataan bahwa membran plasma dapat dibelah secara mekanik melalui bidang tengahnya menjadi dua lapisan tunggal menggunakan metode *Freeze-fracture* (metode pengelupasan atau irisan beku). Hasilnya seperti pada gambar berikut.



Gambar 2. Tampilan membran plasma setelah diproses dengan metode *freeze-fracture* (pengelupasan beku). Dwilapis lipid terkelupas pada bagian antara lipid dari membran permukaan luar dengan lembar permukaan sistolik

Molekul-molekul lipid dari membran plasma tersusun dari 3 jenis, yaitu:

- a. Fosfolipid
- b. Kolesterol
- c. Glikolipid

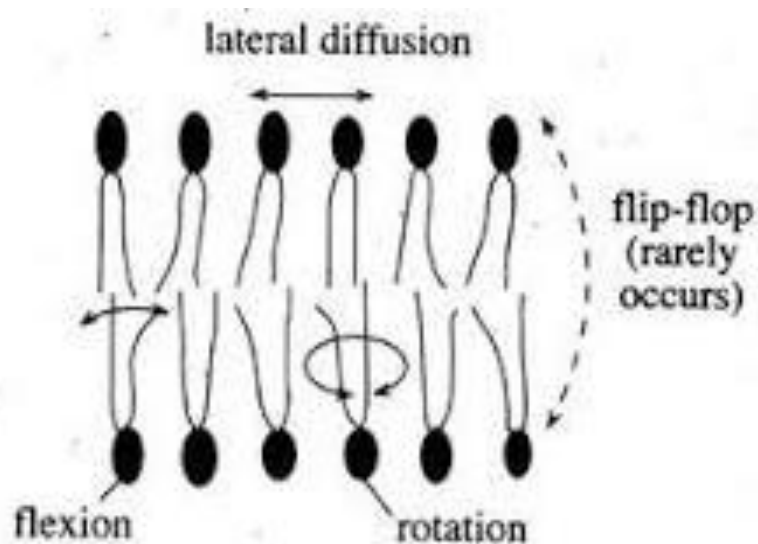
Molekul-molekul lipid tersebut bersifat amfifatik, yang artinya memiliki ujung hidrofobik atau non polar (menjauhi air) dan ujung hidrofilik atau polar (menyenangi air). Molekul fosfolipid tersebut memiliki kepala sebagai ujung polarnya dan dua ekor sebagai ujung non polarnya. Panjang ekor beragam dari 14-24 atom karbon, yang biasanya salah satu berasal dari gugus asam lemak tak jenuh. Adanya ikatan rangkap dua atom karbon pada asam lemak tak jenuh ini menyebabkan membengkoknya rantai gugus lemak.

Apabila molekul-molekul lipid yang bersifat amfifatik dkitari oleh lingkungan air, maka molekul-molekul tersebut cenderung akan menyusun diri sedemikian rupa sehingga bagian ekor yang hidrofobik terlindungi dari air. Untuk melindungi bagian ekor dari lingkungan air dapat dilakukan dengan 2 cara, yakni:

- a. Membentuk struktur seperti bola, dengan ekornya mengarah ke pusat bola
- b. Membentuk susunan dwilapis

Kedua cara ini diperoleh dari percobaan in vitro. Dari percobaan lainnya dapat dikenal adanya kemungkinan gerakan-gerakan molekul lipid (Gambar 3) dalam dwi lapis membran sebagai berikut:

- a. Gerakan flip-flop, molekul lipid pindah dari satu lapisan ke lapisan lainnya atau gerak lintas lapisan.
- b. Gerakan rotasi, molekul lipid berputar pada sumbu molekulnya sendiri
- c. Difusi lateral, molekul lipid dapat bergerak ke kiri, ke kanan, atau diagonal
- d. Gerakan fleksi, ekor rantai molekul lipid yang mengadakan gerakan.



Gambar 3. Gerakan-gerakan molekul lipid

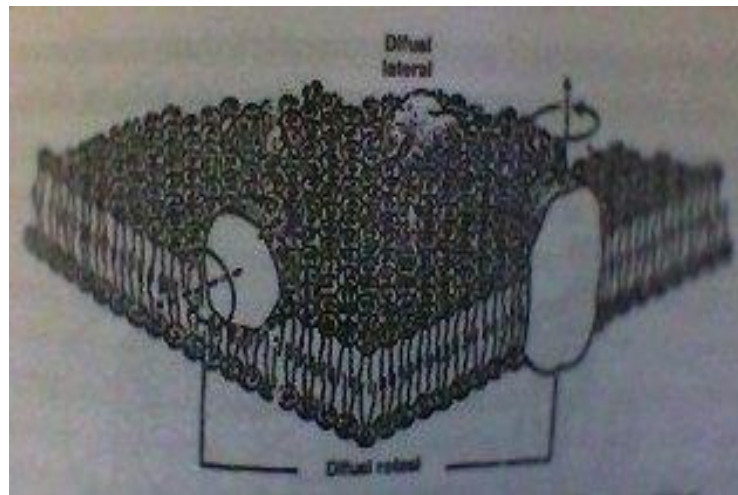
Dengan demikian lapisan lipid bukan merupakan struktur lapisan yang kaku, melainkan merupakan struktur yang mempunyai sifat fluiditas seperti cairan. Sifat fluiditas tersebut selain dipengaruhi oleh struktur kimia bagian hidrofobik, juga dipengaruhi oleh keberadaan molekul kolesterol. Pada membran plasma sel eukariotik perbandingan molekul kolesterol dengan fosfolipid adalah 1:1. Makin banyak kolesterol, membran plasma makin cair. Makin banyak rantai asam lemak yang mempunyai ikatan rangkap (asam lemak tak jenuh), makin besar sifat fluiditasnya. Molekul kolesterol sendiri selain memberikan sifat fluiditas, juga bertanggungjawab dalam menjaga kestabilan membran plasma.

Protein Membran Sel

Berdasarkan model membran yang diajukan oleh Singer dan Nicolson tampak bahwa berdasarkan letaknya, molekul protein penyusun membran terdiri dari protein perifer (ekstrinsik) dan protein integral (instrinsik). Molekul protein penyusun membran plasmajuga dapat bergerak seperti halnya molekul lipid. Gerakan molekul protein ada 3 macam, yaitu:

- a. Gerakan ke arah lateral/diagonal pada membran plasma
- b. Gerakan rotasi searah pada dwilapis membran
- c. Gerakan tegak lurus atau melintas pada dwilapis membran plasma

Gerakan-gerakan molekul baik fosfolipid maupun molekul protein inilah yang menjadi dasar adanya transpor materi melalui membran plasma. Adanya gerakan molekul protein ini dapat dilihat pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4. Gerakan protein membran plasma, difusi rotasi dan difusi lateral

Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa kedudukan molekul protein dalam dwi lapis lipid dapat dibedakan:

- a. Molekul protein menembus kedua lapis lipid, sehingga ujung-ujung molekul protein tampak menyembul pada kedua permukaan membran plasma
- b. Sebagian molekul protein terdapat di antara molekul lipid dari setengah dwi lapis, hanya salah satu ujungnya yang menyembul di permukaan membran plasma
- c. Sebagian molekul protein berikatan secara kovalen dengan molekul lipid, sebagian ujungnya menonjol pada permukaan membran plasma

- d. Molekul protein dengan perantaraan molekul protein lainnya berada pada permukaan membran plasma.

Karbohidrat Membran Sel

Pada semua sel eukariotik memiliki karbohidrat pada permukaannya, yang sebagian besar berbentuk sebagai rantai oligosakarida. Molekul-molekul ini terikat dengan molekul protein (glikoprotein) dan sebagian kecil terikat pada molekul lipid (glikolipid). Sebagian besar molekul protein membran yang tampak pada permukaan luar membran sel mengikat gugus gula, dan sebagian kecil saja dari molekul lipid permukaan luar dari membran sel itu yang mengikat karbohidrat. Selain itu seriap molekul glikoprotein sebagian besar memiliki sejumlah rantai-rantai cabang, sebaliknya setiap molekul glikolipid hanya memiliki sebuah rantai cabang.

Molekul-molekul karbohidrat selalu berada pada permukaan luar dari membran sel dan tidak pernah dijumpai pada permukaan dalam membran sel atau permukaan sistolik. Baik molekul lipid, protein maupun karbohidrat yang tersembul pada kedua permukaan dwilapis membran sel itu tidak pernah sama, karena itu membran plasma dikatakan sebagai membran yang asimetris.

Fungsi rantai cabang oligosakarida pada glikolipid dan glikoprotein membran sel belum begitu jelas. Namun diketahui bahwa gugus oligosakarida pada glikoprotein membran sel berperan agar molekul protein dapat terpancang dengan kuat dalam membran sel dan berperan menstabilkan struktur protein tersebut. Fungsi lain dari molekul oligosakarida adalah peranannya yang sangat penting dalam proses pengenalan dalam komunikasi antar sel.

2. Mekanisme Transportasi pada Membran Sel

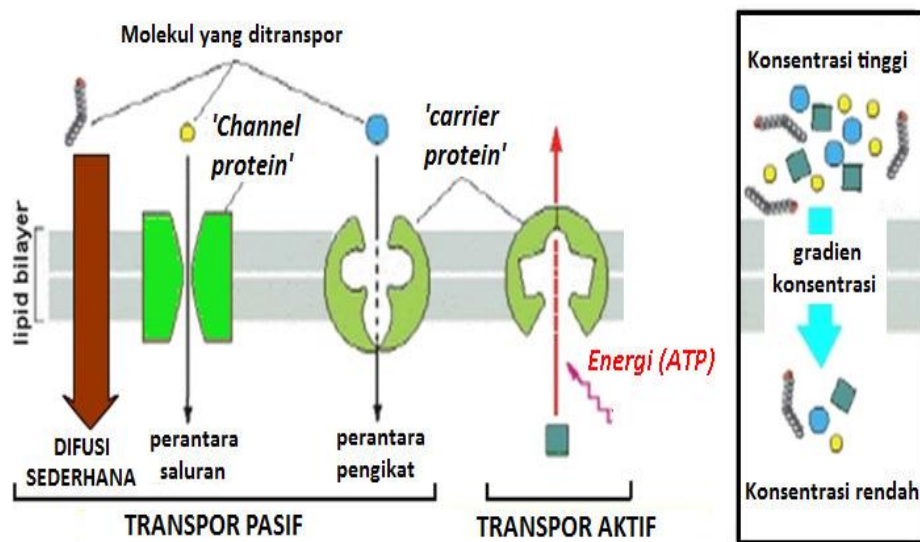
Transportasi sel merupakan salah satu fungsi penting membran plasma. Secara umum, mekanisme transportasi pada membran sel terbagi menjadi dua (Gambar 5), yaitu:

a. Transpor Pasif

→ Perpindahan zat atau molekul dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah dan tidak membutuhkan energi. Contoh: difusi dan osmosis

b. Transpor Aktif

→ Perpindahan zat atau molekul atau ion dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi, melawan gradien konsentrasi dan membutuhkan energi berupa ATP. Contoh: pompa ion Na^+/K^+ , endositosis dan eksositosis.



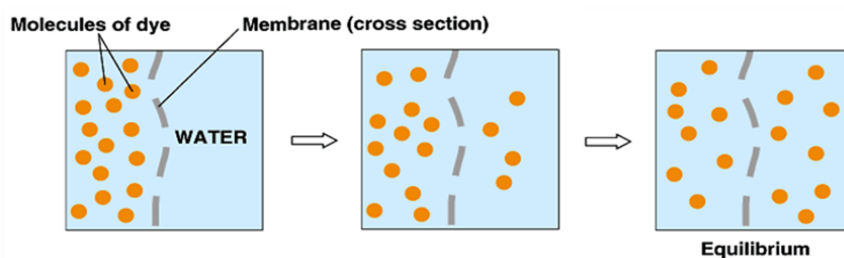
Gambar 5. Mekanisme transportasi pada membran sel

Transpor Pasif

Mekanisme perpindahan zat secara transpor pasif, dapat dibedakan menjadi difusi dan osmosis. Difusi dapat dibedakan menjadi 3, yaitu difusi sederhana, difusi melalui protein channel dan difusi melalui protein carrier atau difusi terfasilitasi.

a. Difusi

- ➔ pergerakan atau perpindahan partikel atau molekul suatu zat terlarut (padat, cair, atau gas) dari konsentrasi yang tinggi ke konsentrasi rendah hingga mencapai keseimbangan (Gambar 6). Difusi termasuk proses transpor pasif karena tidak memerlukan energi sel dan energi yang digunakan berasal dari gerak acak partikel atau molekul yang berdifusi.



Gambar 6. Proses Difusi

Contoh difusi dalam kehidupan sehari-hari adalah jika kita menuangkan setetes tinta berwarna ungu ke dalam sebotol air yang bening, dalam waktu beberapa saat tinta tersebut akan menyebar ke seluruh bagian air sehingga air di dalam botol

menjadi berwarna ungu seperti tinta. Dalam botol tersebut telah terbentuk suatu larutan yang homogen.

Syarat suatu partikel atau molekul dapat melewati membran sel dengan cara difusi adalah :

- ✓ Partikel atau molekul tersebut merupakan partikel atau molekul sederhana
- ✓ Berukuran kecil
- ✓ Dapat larut dalam air ataupun lemak

Proses difusi dapat dibedakan menjadi 3, yaitu:

- Difusi sederhana

Molekul yang bersifat hidrofobik dengan mudah dapat bergerak melalui membran karena larut dalam lemak. Sedangkan molekul yang hidrofilik, yang berukuran kecil saja yang dapat melewati membran, sedangkan yang berukuran besar tidak dapat melewatinya. Hal ini disebabkan karena pada membran plasma terdapat pori-pori yang dibentuk oleh adanya protein integral.

Gas-gas seperti O_2 , N_2 , dan CO_2 , molekul hidrofobik seperti benzena, molekul polar berukuran kecil dan tidak bermuatan seperti H_2O dan etanol dapat melintasi membran plasma. Sedangkan molekul-molekul biologik lainnya yang tidak larut dalam bagian hidrofobik tidak dapat melintasi membran. Molekul-molekul ini dapat melalui membran melalui aktivitas protein yang mengontrol lalu lintas kebanyakan molekul biologik ke dalam dan ke luar sel.

- Difusi melewati protein kanal

Hampir sama dengan difusi sederhana, namun pengangkutan materi dapat berlangsung dengan cepat. Pergerakan molekul ditentukan oleh gradien konsentrasinya, dan untuk molekul-molekul ditentukan oleh potensial listriknya. Difusi ini menggunakan protein kanal berupa porin yang bekerja dengan membentuk pori terbuka dalam membran, membiarkan molekul-molekul kecil yang ukuran dan muatannya sesuai untuk dilewatkan membran dengan bebas. Protein kanal juga membiarkan molekul-molekul melintas dari sel ke sel yang lain melalui *gap junction*.

- Difusi melewati protein carrier atau protein pembawa

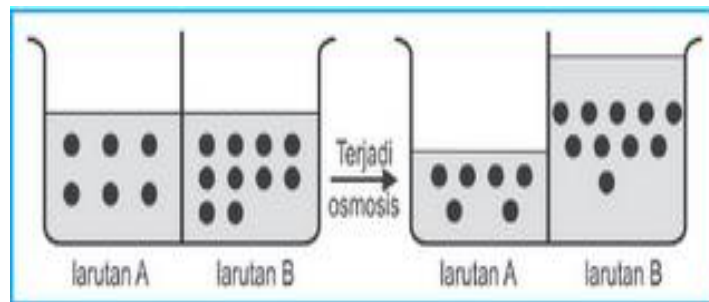
Difusi dengan cara ini menggunakan protein karier atau disebut juga pembawa, mediasi, atau transporter. Protein ini dapat mengikat molekul yang bersifat spesifik sehingga dapat melewati membran seperti gula, asam-asam amino, dan

nukleotid, serta ada transporter khusus yang mengikat anion dan kation seperti Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , dan Cl^- .

b. Osmosis

→ Osmosis (*os* = lubang; *movea* = berpindah) adalah perpindahan molekul air (zat pelarut) dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah dengan melewati membran semi permeabel.

Membran sel merupakan membran yang bersifat semi permeabel, artinya membran tersebut dapat dilalui oleh zat – zat tertentu, tetapi tidak dapat dilalui oleh zat – zat lainnya. Permeabilitas membran terhadap sejumlah molekul atau ion berbeda – beda. Contoh dari osmosis yaitu ditunjukkan pada Gambar 7 yakni dua larutan gula yang berbeda konsentrasinya dipisahkan oleh membran berpori yang permeabel terhadap air, tetapi tidak permeabel terhadap zat terlarutnya (gula). Air berdifusi dari larutan hipotonik ke arah larutan hipertonik dan menyebabkan pengurangan konsentrasi larutan gula.

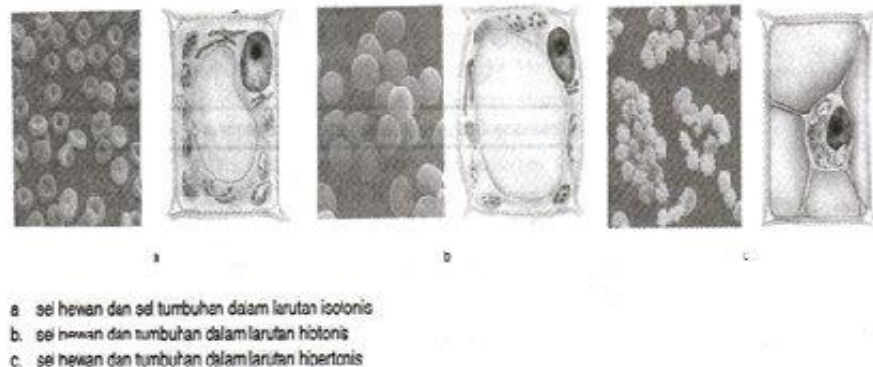


Gambar 7. Proses Osmosis

Arah osmosis hanya ditentukan oleh perbedaan konsentrasi zat terlarut total. Dalam hal ini dikenal ada tiga istilah terkait dengan konsentrasi zat terlarut sebuah larutan, yaitu larutan hipertonik, isotonik, dan hipotonik (Gambar 8). Larutan dengan konsentrasi zat terlarut yang lebih tinggi disebut hipertonik. Larutan dengan konsentrasi yang lebih rendah disebut hipotonik, sedangkan larutan dengan konsentrasi zat terlarut sama, disebut isotonis.

Adakalanya proses osmosis dapat membahayakan sel. Sel yang mempunyai sitoplasma pekat (berarti konsentrasi airnya rendah), jika berada dalam kondisi hipotonis akan kemasukan air hingga tekanan osmosis sel menjasi tinggi. Keadaan yang demikian dapat memecahkan sel tersebut. Dikatakan sel tersebut mengalami lisis, yaitu hancurnya sel karena rusaknya atau

robeknya membran plasma. Sebaliknya, jika sel dimasukkan ke dalam larutan hipertonis dibandingkan sel tersebut, maka air di dalam sel akan mengalami osmosis keluar sel. Sel akan mengalami krenasi yang menyebabkan sel berkeriput karena kekurangan air. Pada sel tumbuhan, keluarnya air dari sitoplasma ke luar sel menyebabkan volume sitoplasma mengecil. Akibatnya, membran plasma kan terlepas dari dinding sel. Peristiwa lepasnya membran plasma dari dinding sel disebut plasmolisis. Plasmolisis yang parah dapat menyebabkan kematian.



Gambar 8. Larutan isotonis, hipotonis dan hipertonis

Transpor Aktif

Tidak semua molekul zat dapat ditranspor secara pasif melalui membran, terutama untuk molekul – molekul yang berukuran besar dan ion – ion sehingga diperlukan sistem transpor lain, yaitu transpor aktif atau pompa ATP. Beberapa karakteristik transpor aktif yaitu melawan gradien kimiawi atau potensial elektrik, memerlukan energi metabolik dan sensitif terhadap adanya racun, tergantung pada adanya aktivitas membran protein, dan spesifik untuk substansi tertentu. Yang termasuk transpor aktif adalah pompa P, sedangkan ada juga transpor aktif yang sifatnya tak langsung, yakni simport dan antiport.

Yang termasuk pompa tipe P adalah pompa H^+ ATP-ase yang mengaktifkan gerakan H^+ ke luar sel, pompa Ca^{2+} ATP-ase yang melawan gradien konsentrasi keluar sel atau masuk vesikel sitoplasma, dan pompa Na^+/K^+ ATP-ase memompa Na^+ ke luar sel dan K^+ masuk ke dalam membran sel dengan aksi pompa bersamaan. Sedangkan pada transpor aktif yang sifatnya tak langsung, dilakukan dengan cara simport dan antiport. Simport mengangkut substansi dengan arah yang sama dengan ion pemandu sedangkan antiport mengangkut substansi dengan arah yang berlawanan dengan ion pemandu.

Transpor aktif merupakan perpindahan molekul dari daerah berkonsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi atau melawan gradien konsentrasi. Sumber energi untuk transpor aktif adalah energi metabolik yang dihasilkan oleh sel dalam bentuk ATP. Selain memerlukan energi, transpor aktif memerlukan molekul pembawa (carrier) yang berupa protein membran. Dibandingkan difusi dan osmosis, transpor aktif memiliki beberapa kelebihan antara lain :

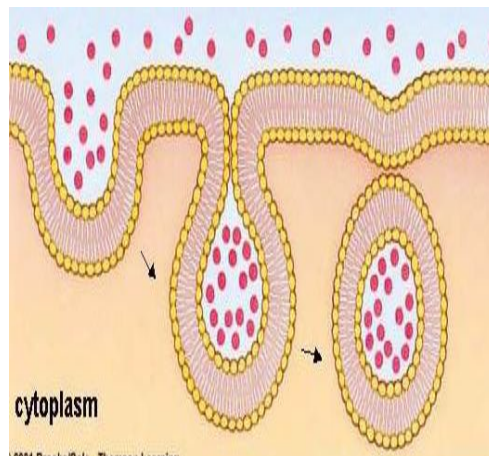
- ✓ Dapat mengangkut molekul – molekul zat yang berukuran besar
- ✓ Dapat mengangkut molekul – molekul zat melawan perbedaan konsentrasi (dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi) dan perbedaan muatan
- ✓ Zat yang diangkut dapat ditimbun di dalam sel

Contoh transpor aktif adalah pengangkutan Na^+ ke luar sel dan pemasukan ion K^+ ke dalam sel. Konsentrasi ion Na^+ di luar sel lebih tinggi daripada di dalam sel sehingga pengangkutan ion Na^+ ini melawan gradien konsentrasi. Sementara itu, konsentrasi ion K^+ di dalam sel lebih tinggi daripada di luar sel sehingga pengangkutan ion K^+ juga melawan gradien konsentrasi. Untuk mengangkut kedua ion tersebut diperlukan energi berupa ATP. Pengangkutan ion K^+ dan Na^+ ini terjadi secara serentak dan dikenal dengan nama pompa natrium – kalium. Untuk setiap molekul ATP yang digunakan ada 2 ion K^+ dipompa ke dalam sel dan 3 ion Na^+ dipompa keluar sel.

Untuk molekul besar dapat melewati membran plasma dengan cara, yaitu endositosis dan eksositosis:

a. Endositosis

→ perpindahan molekul dari luar ke dalam sel (Gambar 9).



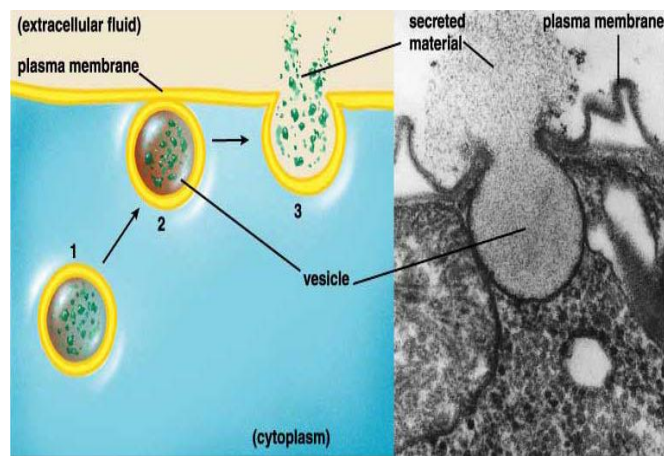
Gambar 9. Proses Endositosis

Yang termasuk dalam endositosis yaitu :

- ✓ Pinositosis, jika yang ditranspor berupa larutan dengan melalui pembentukan gelembung-gelembung kecil.
- ✓ Fagositosis, jika yang ditranspor berupa makromolekul atau partikel melalui pembentukan gelembung-gelembung besar.

b. Eksositosis

→ perpindahan molekul dari dalam ke luar sel (Gambar 10), merupakan pengangkutan molekul di dalam sel melalui pembentukan vesikula



Gambar 10. Proses Eksositosis

E. Latihan Soal

Jawablah pertanyaan berikut dengan benar dan tepat

1. Mengapa membran sel berperan sebagai alat transportasi?
2. Sebutkan komponen penyusun membran sel!
3. Singer dan Nicholol mengemukakan model membran sel berupa *fluid mozaic model/ fluid mozaic membrane*. Jelaskanlah maksud dari istilah tersebut!
4. Apa yang dimaksud dengan transpor pasif?
5. Apa yang dimaksud dengan transpor aktif?
6. Apa perbedaan difusi dan osmosis?
7. Apa yang dimaksud dengan difusi melalui protein kanal?
8. Bagaimana proses transportasi zat melalui pompa ion Na^+/K^+ ?
9. Apa perbedaan endositosis dan eksositosis?
10. Apa beda pinositosis dan eksositosis?

F. Daftar Pustaka

Yuwono, Triwibowo. *Biologi Molekuler*. Jakarta: Erlangga. 2010.

Stansfield, WD, Colome JS, Cano RJ. *Biologi Molekuler dan Sel*. Jakarta: Erlangga. 2006.

Sumadi dan Marianti A. *Biologi Sel*. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2007.

Campbell, Neil A., Jane B Reece dan Lawrence G. Mitchell. *Biologi*. Jakarta: Erlangga. 2002.

Molekuler dan sel. Penerjemah: Varian Fahmi, terjemahan dari: Schaum's Easy Outline Molecular and Cell Biology. Jakarta: Erlangga.

Suryani, Yoni, dkk. Petunjuk praktikum biologi sel dan molekuler. Yogyakarta: FMIPA UNY. 2011.