



MODUL  
BIOLOGI  
(KES102, SESI KJ010)

Topik :  
**Sel Sebagai Unit Terkecil Makhluk Hidup**

Disusun Oleh  
Dr. Henny Saraswati, S.Si, M.Biomed

## A. Kompetensi Dasar

1. Mahasiswa mengetahui konsep biologi dasar
2. Mahasiswa memahami keterkaitan biologi dengan ilmu-ilmu terkait
3. Mahasiswa mengetahui penerapan konsep biologi dasar pada teknologi biologi modern

## B. Kemampuan Akhir yang Diharapkan

1. Menguraikan sel sebagai unit terkecil makhluk hidup
2. Menguraikan struktur sel
3. Menyebutkan organel sel dan fungsinya

## C. Topik Perkuliahan

Selamat malam, mahasiswa sekalian. Hari ini kita akan memulai perkuliahan online Biologi. Topik untuk pertemuan hari ini adalah mengenai sel dan organel. Sebelum memulai perkuliahan kita lihat bersama-sama apa kemampuan akhir yang diharapkan dari anda, mahasiswa setelah mengikuti perkuliahan hari ini. Untuk kemampuan akhir yang diharapkan adalah anda dapat menyebutkan apa itu sel serta organel yang menyusunnya.

Apakah ada yang bisa menyebutkan disini apa itu sel? Sel merupakan unit terkecil dari makhluk hidup yang dikelilingi oleh membran dan mengandung DNA serta sitoplasma. Jadi molekul yang disebut sel itu memiliki syarat, artinya harus memiliki **membran, DNA dan sitoplasma**. Pada bagian-bagian selanjutnya nanti akan kita bahas lebih lanjut mengenai beberapa bagian ini. Khusus untuk DNA akan dibahas lebih lanjut di topik Genetika.

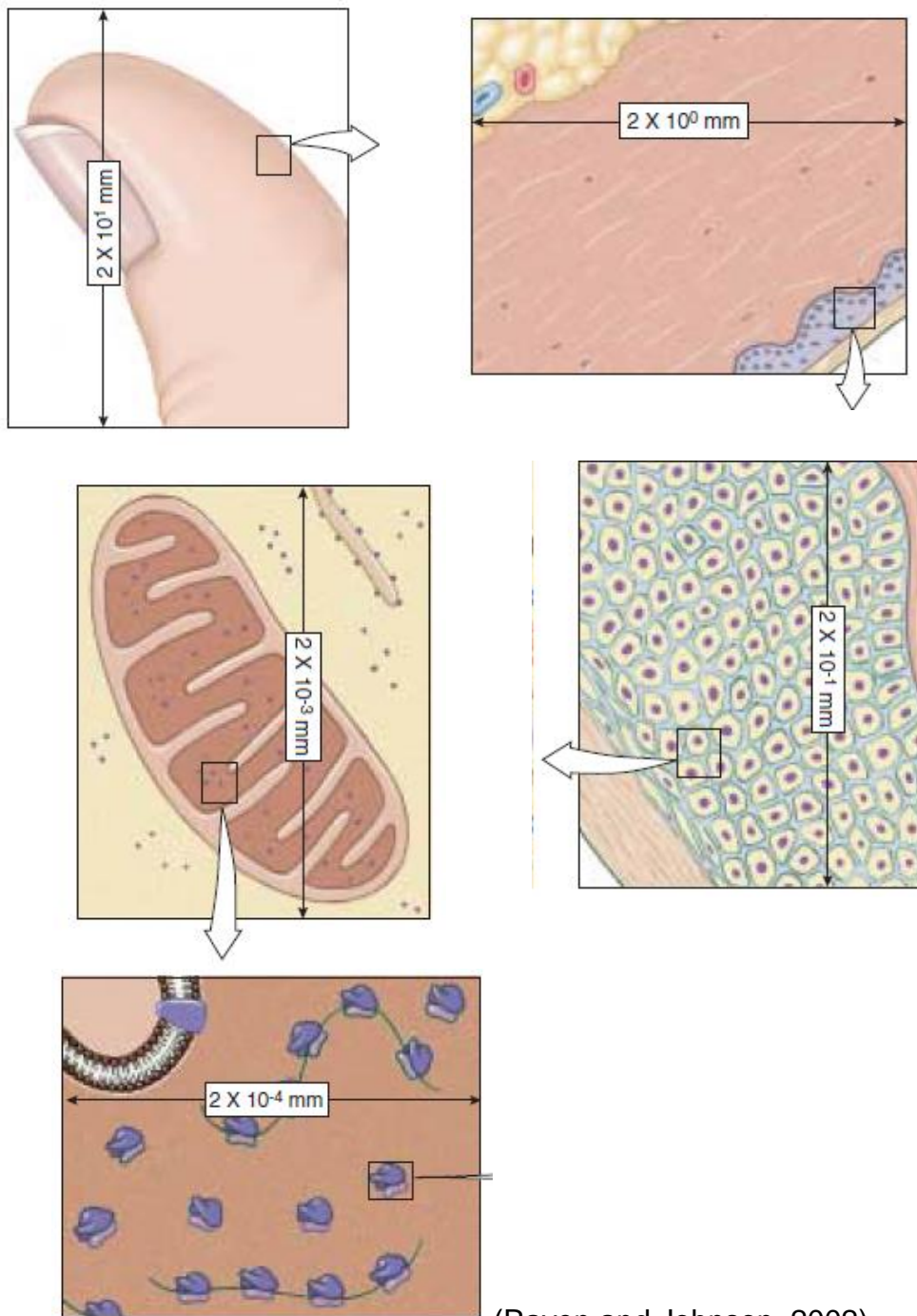
Sel bentuknya bermacam-macam. Contohnya pada manusia saja terdapat bermacam-macam sel. Ada sel saraf yang bentuknya khas, memiliki dendrit atau "tonjolan kaki-kaki", ada sel otot, ada sel epitel yang merupakan bagian tubuh kita paling awal merespon terhadap serangan infeksi, dan juga sel-sel yang lain.

Fungsi sel juga bermacam-macam. Sel saraf contohnya, berfungsi meneruskan sinyal dari luar tubuh untuk diteruskan ke otak dan kemudian meneruskan sinyal respon ke bagian tubuh tertentu. Kemudian sel otot berfungsi dalam pergerakan organ dan anggota tubuh. Kemudian sel epitel berfungsi melindungi tubuh dari serangan infeksi. Masih banyak fungsi dari setiap sel itu.

Gambar 1 menjelaskan bagaimana cara kita mengamati sel yang terdapat pada kulit kita. Pada awalnya dari jari tangan kita, apabila kita perbesar, akan nampak bagian-bagian kulit. Apabila kita perbesar lagi akan nampak sel-sel penyusun dari bagian-bagian kulit tadi. Kemudian kita perbesar lagi, akan nampak bagian-bagian sel, seperti membran sel, nukleus dan beberapa organel. Tidak cukup disitu, apabila kita perbesar untuk satu sel saja akan nampak organel yang cukup jelas. Kemudian jika kita pilih salah satu organel, semisal mitokondria dan dilakukan perbesaran lagi, kita dapat melihat protein yang menyusunnya. Demikianlah, apabila kita dapat melakukan pengamatan dengan perbesaran tertentu, kita akan dapat melihat detail-detail struktur sel dan organel yang ada di dalamnya.

Pertanyaan selanjutnya adalah seberapa besar sel itu? Gambar 2. Dapat menjelaskan kepada kita ukuran sel dibandingkan dengan beberapa hal. Untuk pengamatan menggunakan mata telanjang kita bisa mengamati manusia, beberapa sel saraf dan sel otot, bahkan kita juga bisa mengamati sel

telur. Mengapa kita tidak memerlukan alat bantu disini. Hal ini dikarenakan ukurannya yang cukup besar, mampu diamati dengan mata “telanjang”.

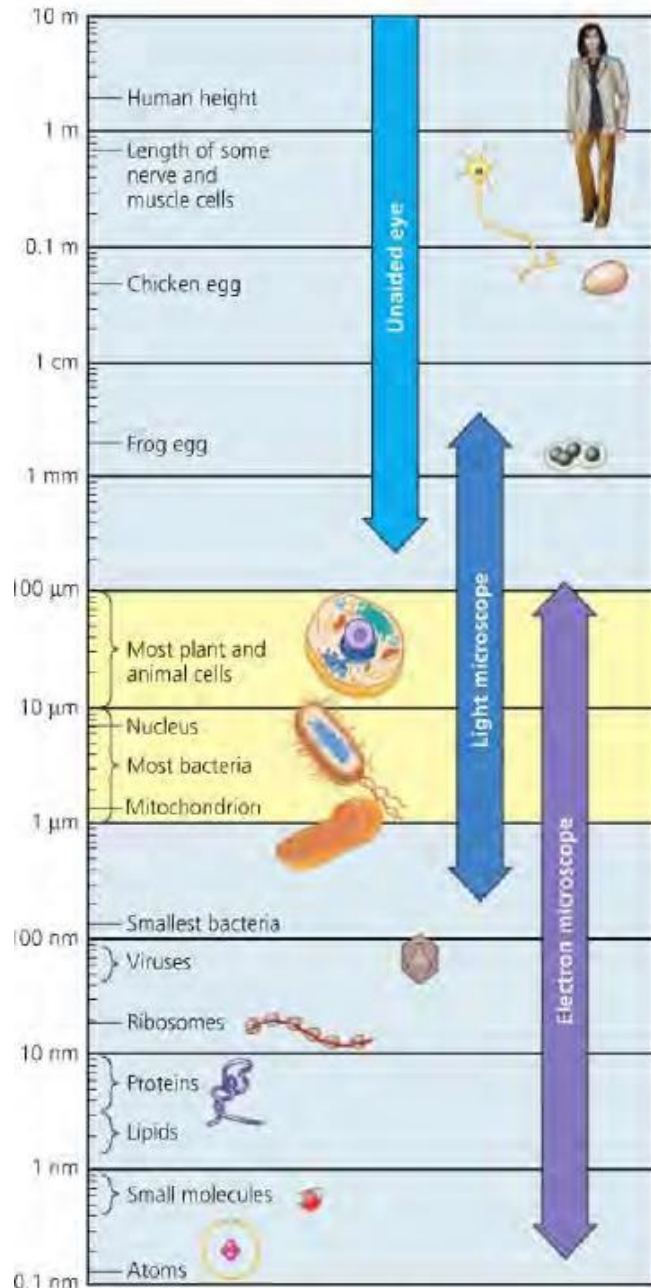


(Raven and Johnson, 2002)

Gambar 1. Pengamatan sel dengan perbesaran

Untuk pengamatan sel hewan dan sel tumbuhan harus dilakukan dengan mikroskop cahaya yang memiliki perbesaran berbeda-beda. Beberapa organel masih bisa diamati dengan mikroskop cahaya, seperti nukleus dan mitokondria. Untuk mikroba seperti bakteri dan yeast, juga bisa diamati dengan mikroskop cahaya. Mikroskop dengan kemampuan lebih tinggi, seperti mikroskop elektron diperlukan untuk pengamatan molekul-molekul yang berukuran lebih kecil lagi seperti virus, ribosom, protein dan beberapa atom. Sehingga dapat

disimpulkan, sebagian besar sel berukuran cukup kecil untuk dapat diamati dengan mata “telanjang”, dan harus menggunakan alat bantu seperti mikroskop untuk pengamatannya.

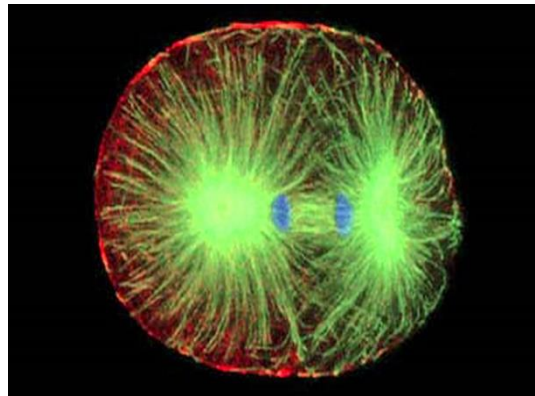


(Campbell, 2008)

Gambar 2. Ukuran sel dan beberapa molekul serta alat bantu yang dapat digunakan.

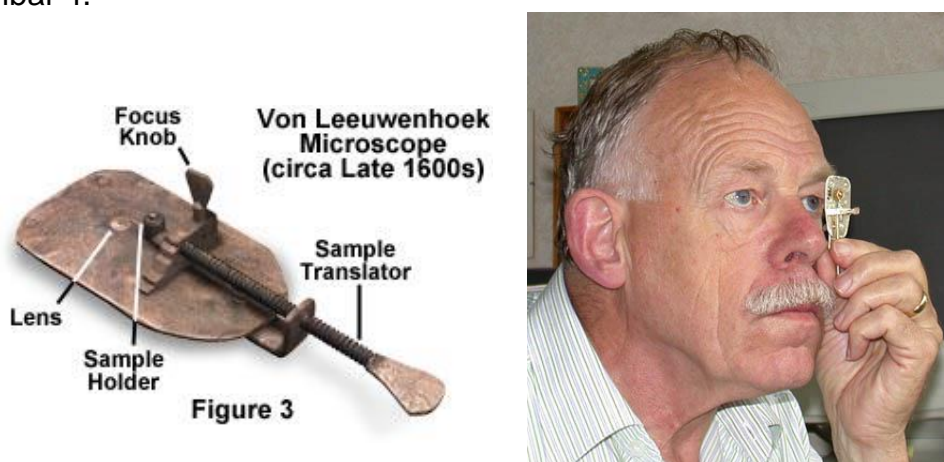
Alat bantu yang digunakan untuk pengamatan sel adalah mikroskop. Mikroskop memiliki lensa dengan perbesaran tertentu, sehingga dapat digunakan untuk melihat subyek dengan ukuran yang sangat kecil. Seperti yang telah diterangkan sebelumnya, bahwa untuk pengamatan virus, jenis mikroskop yang digunakan adalah mikroskop elektron. Hal ini dikarenakan ukuran virus yang sangat kecil sehingga mikroskop cahaya tidak mampu mengamatinya. Selain mikroskop cahaya dan elektron terdapat juga mikroskop

konfokal. Mikroskop ini dapat digunakan untuk melihat sel atau molekul yang ada di dalamnya dengan prinsip fluoresensi. Sebelum diamati, sel diwarnai dengan pewarna yang berfluoresensi. Sedangkan mikroskop konfokal sendiri memiliki laser yang dapat mengakibatkan pewarna berfluoresensi dapat berpendar. Kelebihan dari mikroskop konfokal ini adalah dapat memberikan gambaran struktur sel dan aktivitas sel yang lebih jelas dan indah, Semisal kegiatan pembelahan sel akan sangat jelas terlihat pada pengamatan dengan mikroskop ini. Contoh pengamatan dengan mikroskop konfokal dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil pengamatan sel yang sedang membelah menggunakan mikroskop konfokal.

Mikroskop sendiri ditemukan oleh Antoni van Leeuwenhoek pada abad ke-17. Pada saat itu beliau menggunakan mikroskop yang sangat sederhana untuk mengamati sel. Hasil pengamatan kemudian beliau gambar dan hasilnya sangat mirip dengan pengamatan dengan mikroskop cahaya yang digunakan saat ini. Jenis mikroskop yang pertama kali digunakan ini dapat dilihat pada gambar 4.

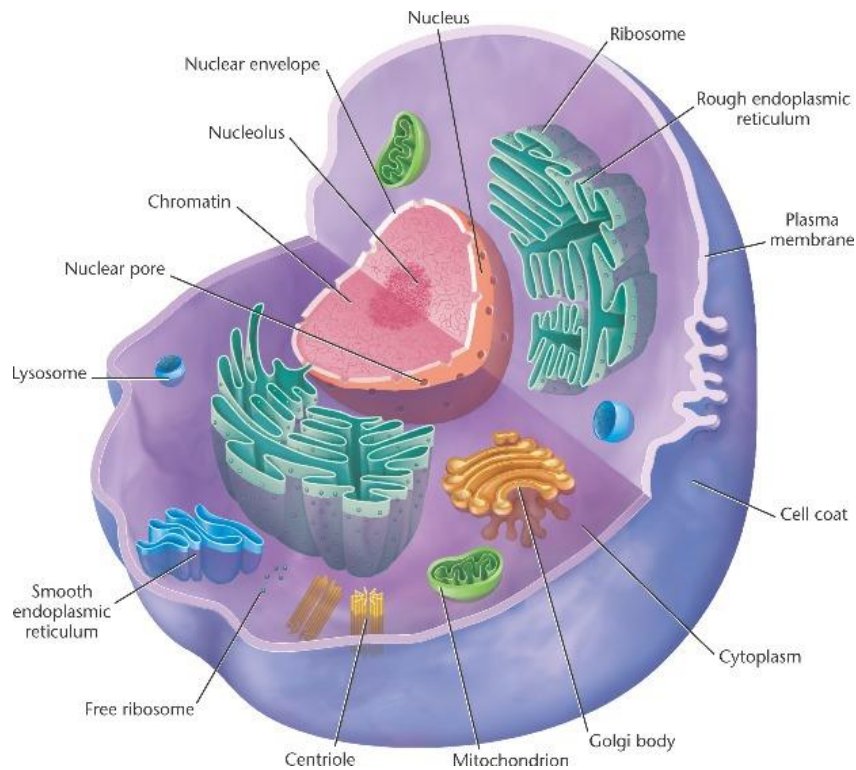


Gambar 4. Mikroskop sederhana yang digunakan pertama kali (**bagian kiri**), dan cara penggunaan mikroskop sederhana (**bagian kanan**).

Setelah kita mengenal alat untuk mengamati sel, maka sekarang kita masuk ke struktur sel itu sendiri. Struktur sel secara umum dapat dilihat pada gambar 5. Sel yang digunakan disini adalah sel hewan.

Komponen sel yang pertama adalah membran sel, nanti akan kita bahas lebih lanjut. Kemudian masuk ke dalam terdapat sitoplasma. Di dalam

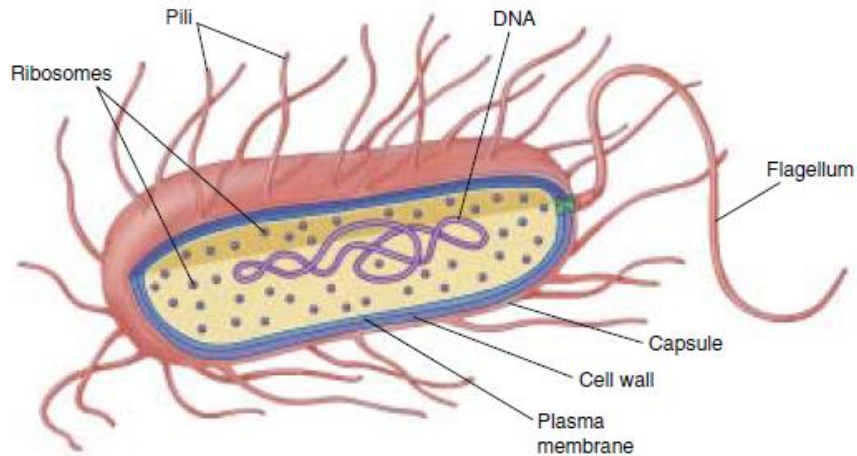
sitoplasma terdapat orgenl-organel sel yang diperlukan untuk aktivitas sel, seperti mitokondria, ribosom, retikulum endoplasma, dan lain-lain. Selain organel terdapat pula nukleus atau inti sel yang mengandung informasi genetik berupa DNA (Deoxynucleic acid).



Gambar 5. Struktur sel hewan

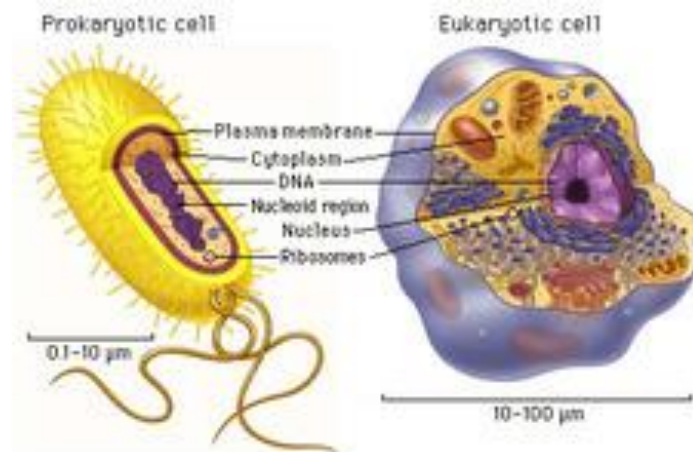
Sel pada organisme dapat dibedakan menjadi 2 kelompok besar, yaitu sel eukariota dan sel prokariota. Kedua sel ini memiliki perbedaan yang cukup besar. Untuk sel prokariotik **tidak** memiliki selubung inti, sedangkan sel eukariota memiliki selubung inti sel. Kita akan membahas masing-masing sel ini.

Prokariota berasal dari kata **pro** yang artinya **sebelum** dan **karyon** yang artinya **inti sel**. Untuk sel prokariota hanya terdapat pada golongan bakteri dan Archaea, sehingga sering disebut sebagai organisme prokariota. Sel prokariota strukturnya sederhana karena hanya terdiri dari **membran sel dan asam nukleat (DNA), sitoplasma dan ribosom**. Karena tidak memiliki selubung inti, DNA terletak pada **nukleoid**. Ini adalah suatu bentuk dimana DNA terkumpul dalam suatu bagian dalam sel prokariota. Pada bakteri, pada membran selnya terdapat beberapa tambahan seperti pili dan flagellum. Kedua struktur ini berperan dalam pergerakan sel dan reproduksi bakteri. Struktur sel prokariota dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Struktur sel prokariota

Berbeda dengan sel prokariota, sel eukariota berasal dari kata **eu** artinya **benar atau nyata** dan **karyon** yang berarti **inti sel**. Untuk sel eukariota ini terdapat pada jamur, hewan, tumbuhan dan manusia. Struktur sel eukariota lebih kompleks dibandingkan sel prokariota. Struktur sel eukariota terdiri dari membran plasma, DNA, sitoplasma, inti dengan selubung, dan organel. Umumnya ukuran sel eukariota ini lebih besar dibandingkan dengan sel prokariota. Struktur sel eukariota dapat dilihat pada gambar 5, sedangkan perbandingan antara sel prokariota dengan eukariota dapat dilihat di gambar 7.

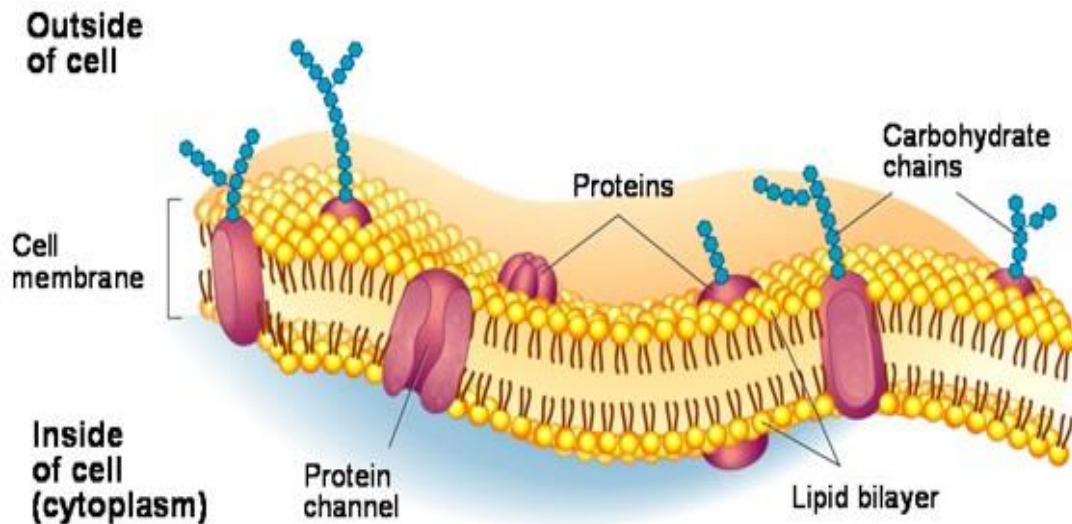


Gambar 7. Perbandingan antara sel prokariota dan eukariotik

Meskipun sel prokariota dan eukariota memiliki beberapa perbedaan, tetapi antara kedua sel ini juga memiliki persamaan, yaitu sama-sama memiliki : **(1) membran plasma, (2) DNA, (3) sitoplasma dan (4) ribosom.**

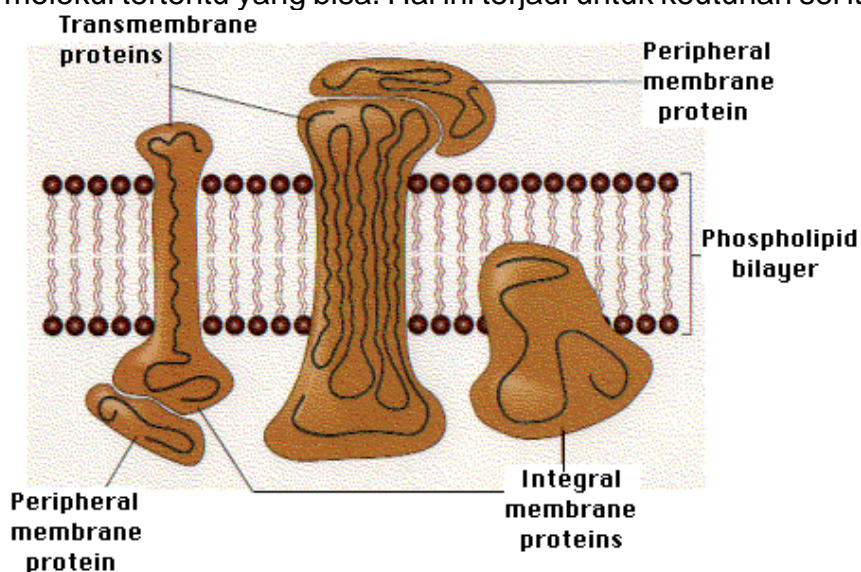
Mari kita masuk ke struktur sel yang terluar, yaitu **membran sel**. Membran sel tersusun dari fosfolipid, protein dan karbohidrat. Pada membran sel, fosfolipid ini tersusun atas 2 lapis, sehingga disebut lapisan **phospholipid bilayer**. Fungsi utama dari membran sel ini adalah memisahkan antara lingkungan dalam sel (intrasel) dengan lingkungan luar sel (ekstrasel). Selain itu juga berperan dalam transportasi ion, asam amino dan gula masuk dan

keluar sel. Hal ini penting dikarenakan molekul-molekul ini diperlukan untuk keberlangsungan hidup sel. Struktur membran sel dapat dilihat pada gambar 8. Pada gambar tersebut terlihat bagian fosfolipid bilayer protein dan karbohidrat.



Gambar 8. Struktur membran sel

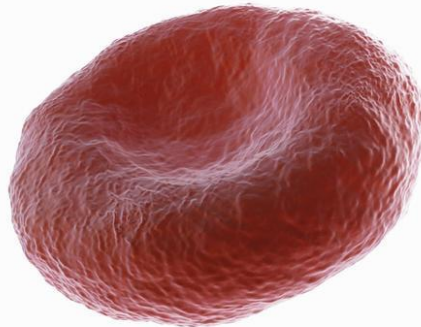
Pada gambar terlihat susunan fosfolipid bilayer. Pada lapisan ini terdapat beberapa komponen yang melekat, seperti protein dan karbohidrat. Komponen-komponen ini berperan dalam fleksibilitas sel, sehingga membran sel bersifat fleksibel tidak kaku. Selain itu komponen-komponen ini berperan sebagai pembatas bagi molekul-molekul yang akan masuk dan keluar sel. Tidak semua molekul bisa masuk dan keluar sel dengan bebas. Hanya molekul-molekul tertentu yang bisa. Hal ini terjadi untuk keutuhan sel itu sendiri.



Gambar 9. Protein transmembran dan integral yang ada pada membran sel



Pada membran sel terdapat protein. Diantaranya adalah protein transmembran. Protein ini membentang pada membran, di kedua bagian *fosfolipid bilayer*. Membran ini berfungsi untuk transportasi keluar masuknya ion-ion dari dan ke dalam sel (Gambar 9). Protein ini berbeda dengan protein integral. Protein integral terdapat di sisi bagian dalam membran sel, sehingga berbatasan langsung dengan sitoplasma. Fungsi utama dari protein integral adalah menjaga struktur sel. Misalnya pada sel darah merah, bentuk selnya sangat khas, berbeda dengan sel-sel yang lain. Hal ini disebabkan karena protein integral dan filamin yang aktin yang ada di sitoplasma (Gambar 10).

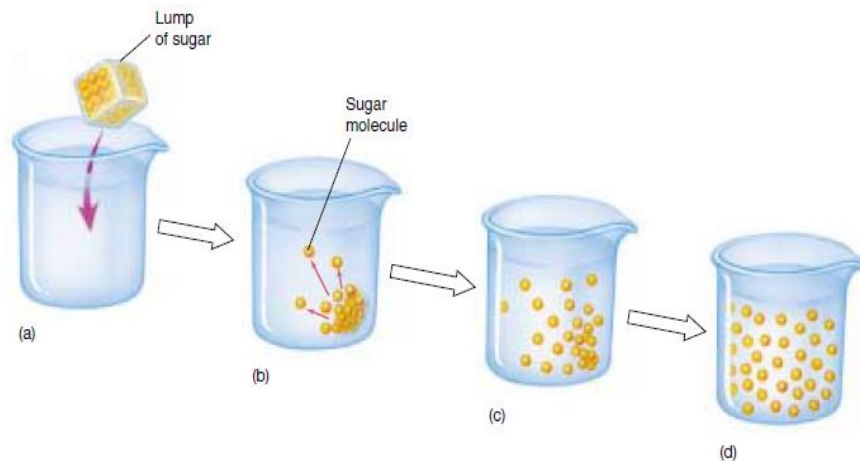


Gambar 10. Sel darah merah dengan strukturnya yang khas

Selain protein, terdapat juga **glikoprotein** dan **glikolipida** pada bagian luar membran sel. Glikoprotein adalah protein yang memiliki tambahan gugus gula, sedangkan glikolipid merupakan lipid atau lemak yang memiliki tambahan gugus gula.

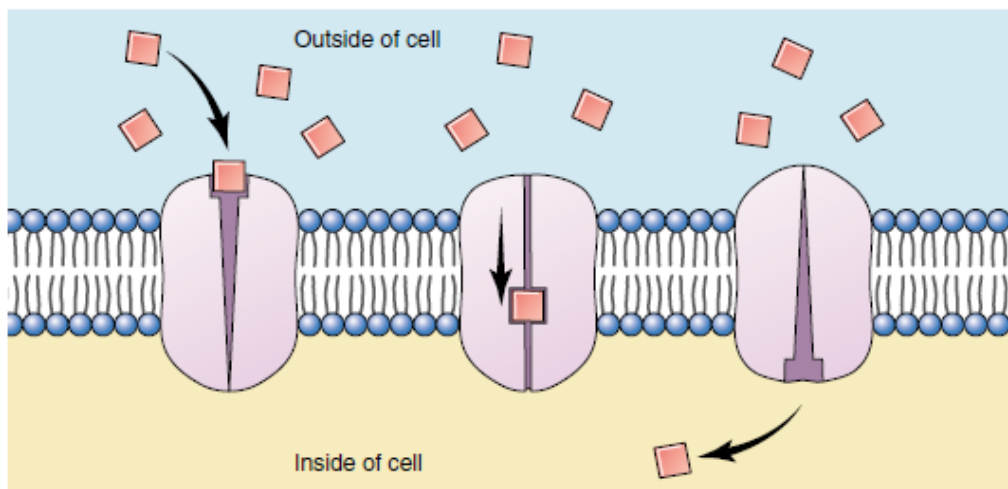
Seperti yang telah dijabarkan sebelumnya, bahwa salah satu fungsi dari membran sel adalah dalam transportasi molekul keluar masuk sel. Cara keluar masuknya molekul ke dalam sel melalui beberapa cara : (1) transport pasif dan (2) transport aktif. Transport pasif sendiri masih dapat dibedakan menjadi **difusi, difusi terfasilitasi dan osmosis**. Perbedaan antara transport aktif dan pasif adalah penggunaan energi. Pada transport pasif, tidak diperlukan energi sedangkan pada transport aktif memerlukan energi untuk kegiatannya. Energi ini berupa ATP (*Adenosine Triphosphate*).

**Difusi** adalah pergerakan partikel dan ion dari daerah dengan konsentrasi partikel tinggi ke daerah dengan konsentrasi rendah. Gambaran difusi dapat dilihat pada gambar 11. Proses difusi ini akan melewati membran plasma. Oleh karena membran plasma ini bersifat selektif, hanya dapat dilewati oleh molekul tertentu, sehingga disebut sebagai **membran semipermeable**. Pada gambar 11 dilakukan percobaan difusi pada sebungkah gula yang dimasukkan ke dalam air. Konsentrasi molekul gula lebih besar pada bongkahan gula dibandingkan dengan air. Jika dicelupkan, maka akan terjadi pergerakan molekul gula ke air, yaitu menuju ke daerah dengan konsentrasi gula yang lebih rendah. Proses pergerakan ini disebut difusi. Pergerakan molekul gula ini akan terus terjadi hingga terjadi keseimbangan atau ketika semua molekul gula telah rata terdapat di air. Proses inilah yang juga terjadi di membran sel. Kegiatan ini sangat diperlukan untuk membawa nutrisi ke dalam sel dan juga membawa sampah hasil metabolisme keluar sel.



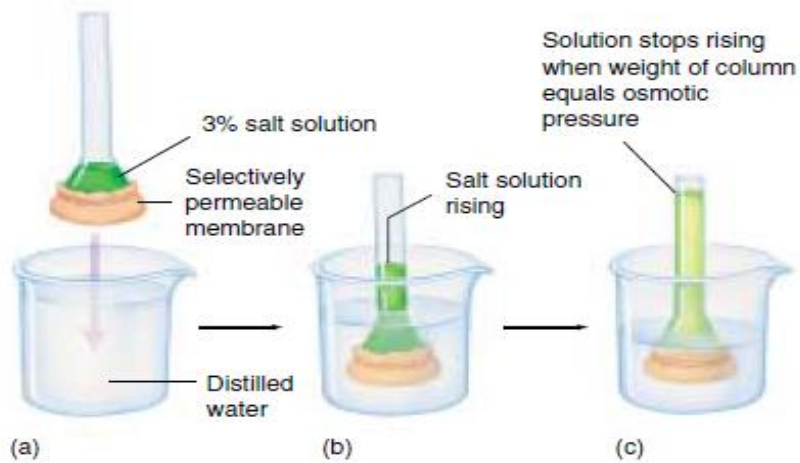
Gambar 11. Proses difusi pada molekul gula yang diletakkan pada air. Terjadi difusi molekul gula ke air.

Berbeda dengan difusi, pada difusi terfasilitasi terdapat bantuan protein karier yang terdapat pada membran untuk melaksanakan proses difusi. Molekul molekul dari luar sel akan diikat oleh protein yang karier, untuk kemudian dibantu masuk ke dalam sel. Ketika telah sampai di sitoplasma, protein karier akan melepaskan ikatannya terhadap protein ini. Gambaran mengenai proses difusi terfasilitasi dapat dilihat pada gambar 12.



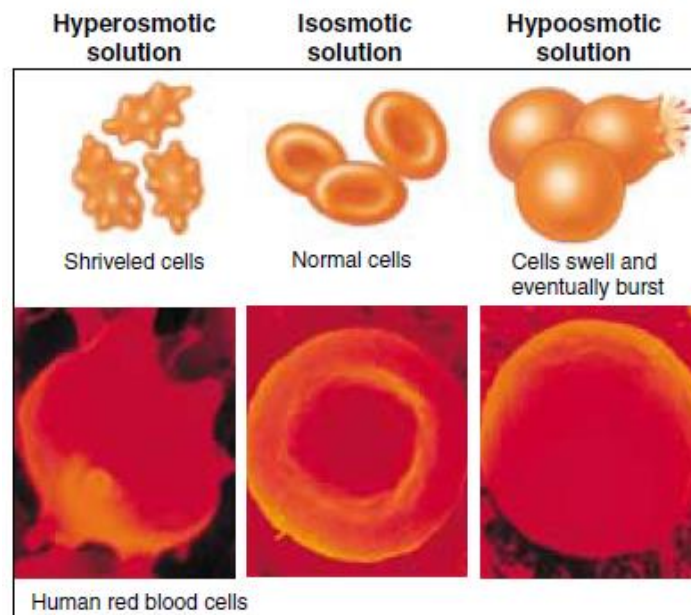
Gambar 12. Proses difusi terfasilitasi yang memerlukan protein karier yang ada di membran sel.

Berkebalikan dengan proses difusi, **osmosis** merupakan pergerakan larutan dari daerah dengan konsentrasi zat terlarut yang rendah (**hipotonik**) menuju ke daerah dengan konsentrasi zat terlarut tinggi (**hipertonik**). Untuk lebih mudahnya, kita lihat pada gambar 13. Pada gambar ini diperlihatkan percobaan untuk melihat aktivitas osmosis. Jika terdapat larutan garam 3% yang dibungkus oleh membran semipermeabel, kemudian dimasukkan ke dalam air, akan terjadi pergerakan larutan. Air akan menembus membran semipermeabel menuju ke larutan garam (hipertonik) sehingga mengakibatkan volume air garamnya meningkat. Hal ini akan terus terjadi sampai dengan terjadinya keseimbangan larutan antara air dengan air garam.



Gambar 13. Percobaan menggunakan air garam untuk melihat proses osmosis.

Proses osmosis ini juga sering terjadi pada sel. Sel harus selalu menjaga tekanan osmosis antara lingkungan dalam sel dengan luar sel. Apabila tidak, maka sel akan rusak. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 14 yang memperlihatkan struktur sel darah merah pada larutan hipertonik, isotonik dan hipotonik.



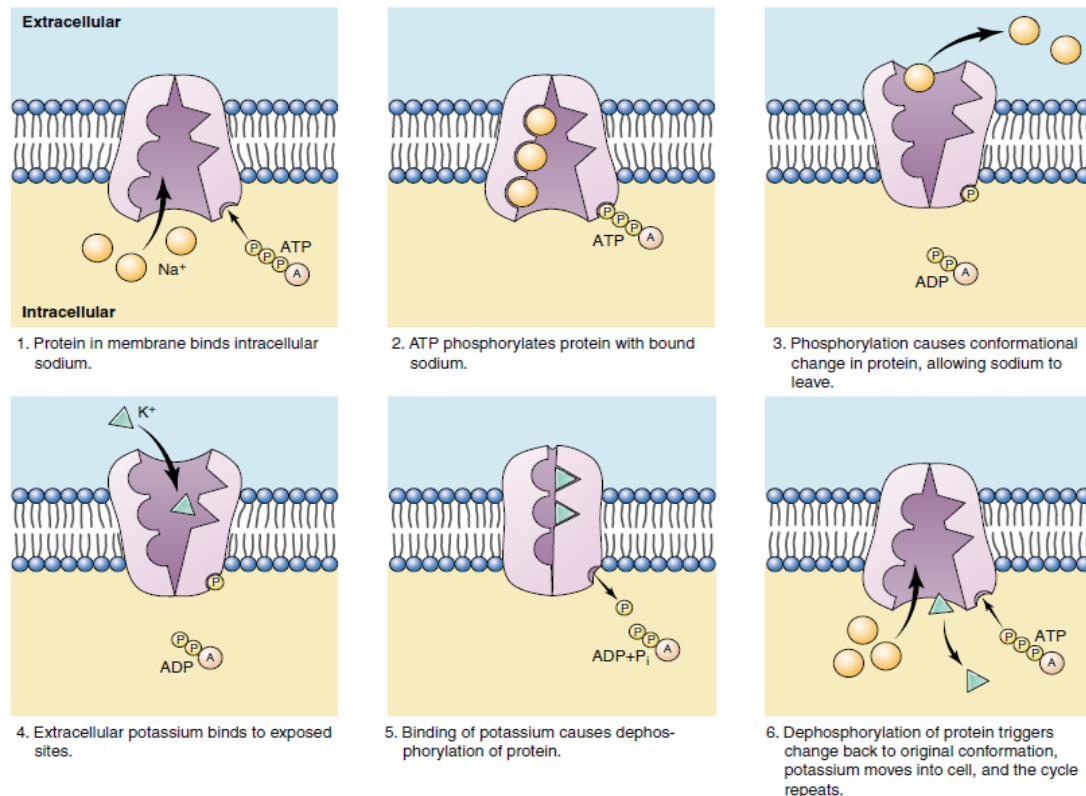
Gambar 14. Sel darah merah pada larutan hipertonik (**kiri**), isotonik (**tengah**), dan hipotonik (**kanan**).

Pada sel darah merah yang dimasukkan ke dalam larutan hipertonik akan terjadi osmosis besar-besaran dari dalam sel ke luar sel. Sehingga dapat mengakibatkan sel mengkerut dan dapat rusak. Hal ini tentu dapat mengurangi fungsi sel darah merah. Jika sel darah merah ini dimasukkan ke dalam cairan isotonik, maka sel tetap normal, tidak mengalami apapun. Dikarenakan tidak ada cairan yang keluar maupun masuk ke dalam sel secara berlebihan. Namun, jika sel dimasukkan ke dalam cairan hipotonik, maka sel bisa

mengalami penggelembungan secara berlebihan, dan dapat mengakibatkan pecahnya sel.

Selain transpor pasif, terdapat juga transpor aktif yang memerlukan energi berupa ATP. Transpor aktif ini merupakan suatu pergerakan ion dan molekul dari daerah dengan konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi. Dikarenakan pergerakan ini bergerak dari konsentrasi rendah ke tinggi, maka diperlukan energi. Terdapat 3 macam transport aktif, yaitu : **(1) pompa sodium, (2) eksositosis, dan (3) endositosis.**

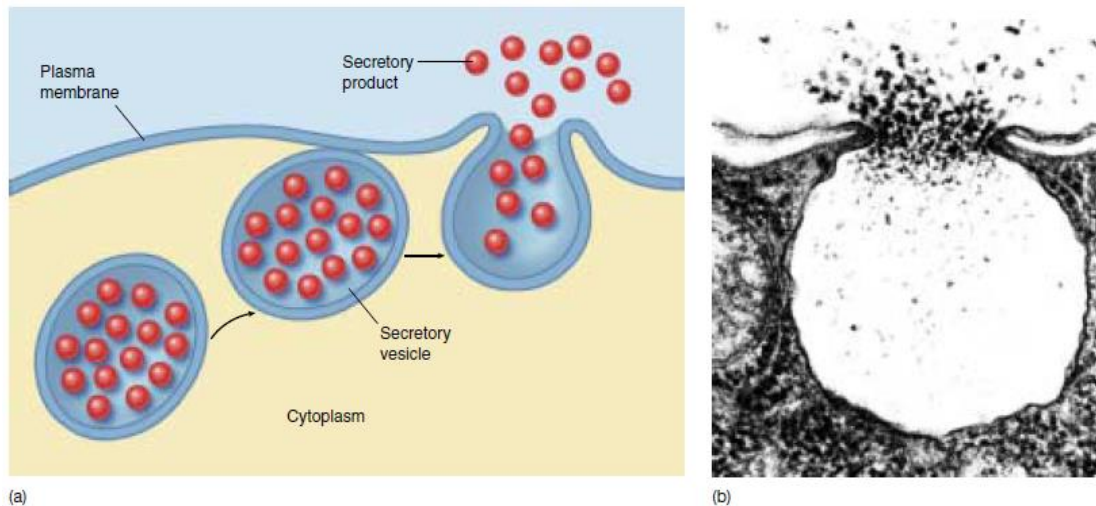
Pada pompa sodium, terjadi pergerakan ion  $\text{Na}^+$  (sodium) dan  $\text{K}^+$  (potassium) keluar masuk sel (Gambar 15).



Gambar 15. Mekanisme pompa sodium untuk keluar masuknya ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$ .

Pada gambar diatas memperlihatkan mekanisme pompa sodium pada pergerakan ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$  keluar masuk sel. Pada awalnya molekul-molekul  $\text{Na}^+$  akan berikatan dengan protein yang terdapat pada membran. Setelah itu molekul ATP akan memfosforilasi protein yang sama. Hal ini menyebabkan perubahan konformasi protein sehingga ion  $\text{Na}^+$  dapat terlepas dari protein membran ke lingkungan di luar sel. Kemudian ion  $\text{K}^+$  yang terdapat di luar sel akan berikatan dengan protein transmembran. Hal ini menyebabkan defosforilasi protein sehingga terbentuk kembali molekul ATP. Selain itu, defosforilasi akan menyebabkan perubahan konformasi protein kembali ke bentuk normal sehingga dapat berikatan kembali dengan ion  $\text{Na}^+$ .

Selain pompa sodium, terdapat juga eksositosis. **Eksositosis** adalah proses keluarnya molekul atau ion dari dalam sel ke luar sel. Proses eksositosis dapat dilihat pada gambar 16.

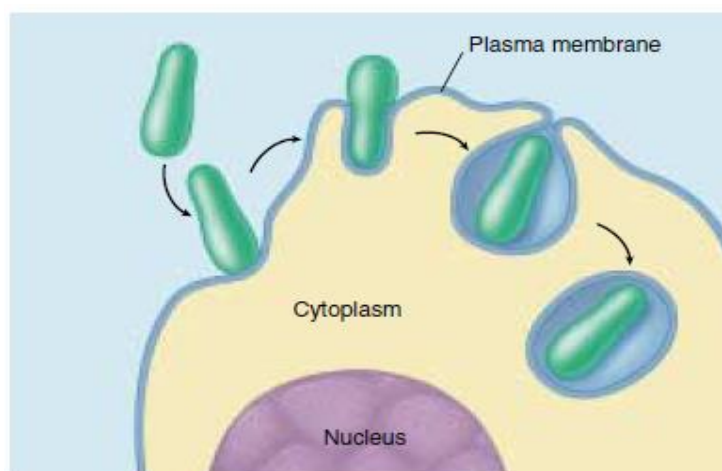


(Raven and Johnson, 2012)

Gambar 16. Proses eksositosis. (a) Molekul dan protein yang akan dikeluarkan dari dalam sel akan terbungkus oleh vesikel, (b) gambaran mikroskop elektron pada sel yang mengalami eksositosis (b)

Pada gambar secara skematis memperlihatkan proses eksositosis. Protein dan beberapa molekul lain yang akan dikeluarkan dari sel akan terbungkus oleh vesikel yang disebut vesikel sekretori. Vesikel ini akan membawa protein dan molekul hingga ke membran sel. Kemudian vesikel sekretori akan melebur/berfusi dengan membran sel. Sehingga protein dan molekul lain dapat dilepaskan ke luar sel. Pada gambar 16 b memperlihatkan hasil pengamatan dengan mikroskop elektron pada sel yang sedang mengalami eksositosis, Nampak vesikel sekretori yang melebur dengan membran sel dan menghasilkan molekul yang dikeluarkan ke luar lingkungan sel.

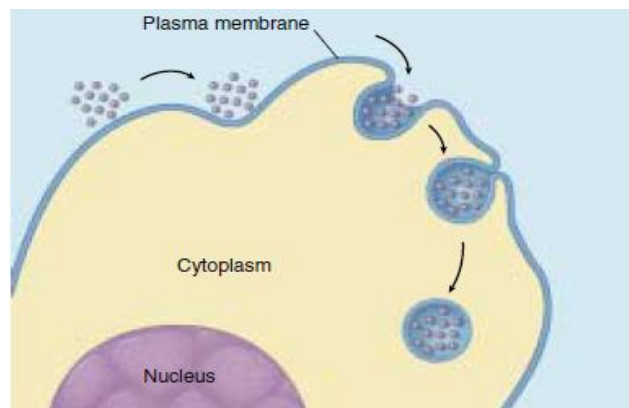
Berbeda dengan eksositosis, proses **endositosis** adalah pergerakan molekul, ion dan cairan dari luar sel ke dalam sel. Terdapat 2 jenis endositosis, yaitu **fagositosis** dan **pinositosis**. Pada proses fagositosis, terjadi pergerakan molekul yang masuk ke dalam sel berupa mikroorganisme atau partikel mikroorganisme (Gambar 17).



Gambar 17. Proses fagositosis

Gambar 17 secara skematis memperlihatkan bahwa mikroorganisme atau partikel mikroorganisme dibawa ke dalam sel melalui vesikel. Ketika mikroorganisme ini sampai di membran sel dan dikenali oleh sel, maka sel segera membentuk vesikel yang membungkus partikel ini dan dimasukkan ke dalam sel. Proses fagositosis ini seperti proses “menelan” sel. Aktivitas fagositosis ini banyak dilakukan oleh sel-sel yang berperan dalam respon imun, seperti sel makrofag. Pada sel-sel respon imun, proses fagositosis dilakukan untuk menghilangkan mikroorganisme dari dalam tubuh. Pada proses fagositosis ini, mikroorganisme akan dihancurkan oleh lisosom di dalam sel.

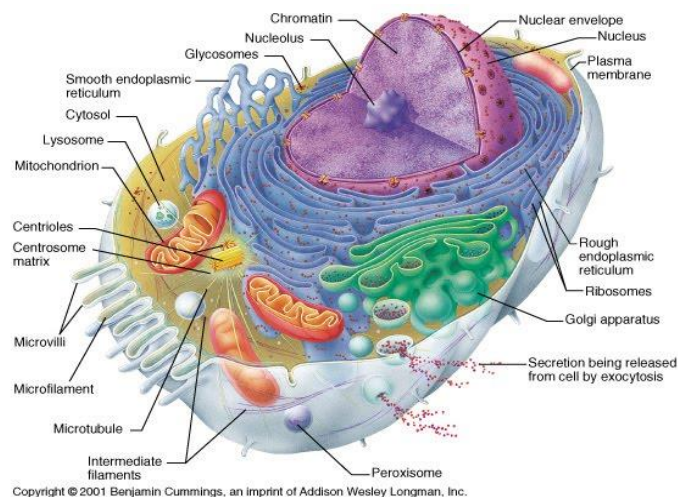
Sedikit berbeda dengan fagositosis, pada pinositosis, terjadi pergerakan larutan dari luar sel ke dalam sel. Gambaran mekanisme pinositosis dapat dilihat pada gambar 18.



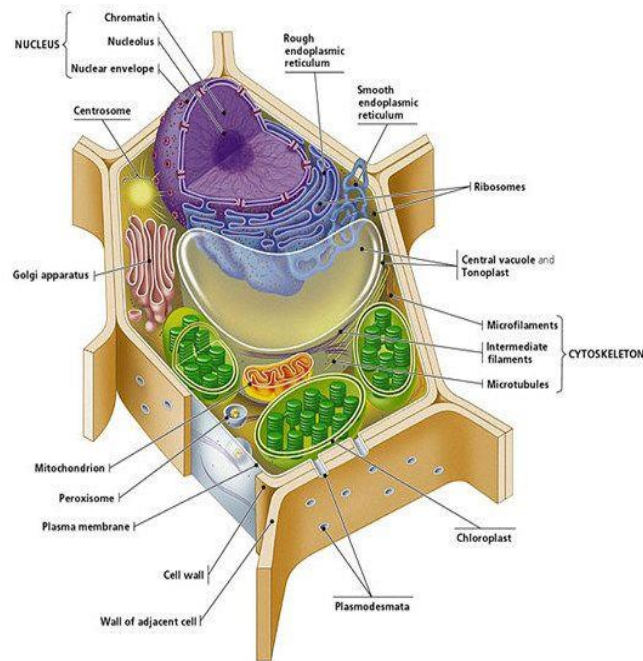
Gambar 18. Proses pinositosis

Mekanisme yang terjadi pada pinositosis hampir mirip dengan fagositosis, hanya saja yang masuk ke dalam sel berupa cairan. Pada gambar 18 secara skematis diperlihatkan bahwa cairan yang masuk ke dalam sel akan diselubungi dengan vesikel. Kemudian vesikel ini akan membawa cairan ke dalam sel.

Pemaparan di atas merupakan pemaparan sel secara umum. Pada sel eukariotik sendiri terdapat perbedaan struktur sel untuk beberapa organisme. Sel hewan dan sel tumbuhan sedikit berbeda dalam struktur. Amatilah gambar 20 dan 21. Berikut, apakah perbedaan antara sel hewan dan tumbuhan?



Gambar 20. Struktur sel hewan



Gambar 21. Struktur sel tumbuhan

Sel hewan berbeda dengan sel tumbuhan berbeda pada beberapa hal. Yang pertama adalah adanya dinding sel yang menyelubungi membran sel yang terdapat pada sel tumbuhan. Dinding sel ini terlihat lebih kaku dibandingkan membran sel. Terdapat beberapa penyusun dinding sel sehingga dinding sel ini tidak cepat terdegradasi. Pada tingkat organel, terdapat kloroplas di sel tumbuhan yang tidak dimiliki sel hewan. Kloroplas sangat penting dalam respirasi sel tumbuhan berupa fotosintesis. Hasil akhir dari fotosintesis adalah terbentuknya energi yang diperlukan untuk kegiatan sel.

Demikianlah kuliah online pertama kita mengenai sel. Apabila terdapat pertanyaan dapat diajukan di forum tanya jawab.