

Pengantar Fisiologi Hewan

Dr. Maman Rumanta, M.Si.



PENDAHULUAN

Modul pertama ini bertujuan memberikan pengetahuan dasar mengenai proses fisiologi pada hewan. Dengan demikian modul ini akan memberikan landasan pengetahuan bagi Anda untuk mempelajari modul-modul selanjutnya. Dalam modul ini Anda akan memperoleh pengetahuan tentang pengertian fisiologi (ilmu faal), tujuan dan ruang lingkup fisiologi, sel sebagai unit dasar fisiologi makhluk hidup, serta struktur dan fungsi fisiologi membran sel.

Modul ini kami sajikan dalam 2 kegiatan belajar, yaitu:

Kegiatan Belajar 1, membahas tentang pengertian, tujuan dan ruang lingkup fisiologi, serta sel sebagai unit dasar fisiologi makhluk hidup.

Kegiatan Belajar 2, membahas tentang struktur dan fungsi fisiologi membran sel.

Setelah mempelajari modul ini, Anda diharapkan dapat menjelaskan pengertian, tujuan dan ruang lingkup fisiologi, sel sebagai unit dasar fisiologi makhluk hidup, dan struktur membran sel serta fungsi fisiologisnya.

Secara lebih rinci, setelah mempelajari modul ini, Anda diharapkan dapat menjelaskan:

1. pengertian fisiologi;
2. tujuan dan ruang lingkup fisiologi;
3. struktur sel;
4. fungsi fisiologis sel sebagai unit dasar fisiologi makhluk hidup;
5. struktur membran sel;
6. fungsi fisiologis membran sel.

Agar semua tujuan di atas dapat Anda capai, hendaknya Anda mempelajari materi tersebut dengan saksama dan mengerjakan setiap kegiatan, latihan, serta tes formatif yang tersedia. Catatlah konsep-konsep penting yang perlu diingat dalam buku kerja Anda, dengan begitu akan membantu Anda untuk mempersiapkan diri dalam menghadapi ujian di kemudian hari.

Selamat Belajar!

KEGIATAN BELAJAR 1

Pengertian, Tujuan, Ruang Lingkup, serta Sel sebagai Unit Dasar Fisiologi Makhluk Hidup

Sebelum kita memulai membahas materi tersebut, marilah kita amati setiap makhluk hidup yang ada di sekitar kita, baik hewan maupun tumbuhan. Apakah mereka dapat bergerak, perlu makan, bereproduksi, dan mempunyai ciri makhluk hidup lainnya? Bagaimana semua itu dapat terjadi? Tentunya pergerakan, reproduksi, dan lainnya tidak terjadi begitu saja, melainkan karena adanya proses-proses fisiologi yang terjadi di dalam tubuh makhluk hidup tersebut.

Untuk mengawali bahasan kita kali ini, mari kita bahas terlebih dahulu pengertian fisiologi.

A. PENGERTIAN FISILOGI

Seperti telah dikemukakan bahwa fisiologi membahas mengenai fungsi dari organisme hidup. Bagaimana mereka makan, bernapas, dan bergerak? Apa yang mereka lakukan tidak lain dalam rangka mempertahankan hidupnya. Dengan kata lain, fisiologi membahas tentang makanan, proses memakan, pencernaan makanan, respirasi, sirkulasi dan fungsi jantung, ekskresi, dan fungsi ginjal, otot dan pergerakan, dan lain sebagainya.

Fisiologi juga membahas bagaimana organisme hidup mengatasi pengaruh lingkungan tempat hidupnya, seperti bagaimana makhluk hidup tersebut mendapatkan cukup air dan menghindari terlalu banyak air yang dapat menghambat kehidupannya. Menghindari suhu terlalu dingin atau terlalu panas yang dapat mematikan, bergerak menuju kehidupan yang baik, dan bagaimana ia mendapat informasi tentang lingkungan yang ada di sekitarnya. Fisiologi juga mempelajari mengenai bagaimana mereka berhubungan dan berinteraksi satu sama lain.

Fisiologi tidak hanya membahas mengenai fungsi makhluk hidup, melainkan juga membahas mengapa dan bagaimana makhluk hidup melakukan aktivitasnya. Untuk mengetahui bagaimana makhluk hidup tersebut melakukan fungsinya, kita juga perlu mengetahui struktur makhluk

hidup tersebut serta proses fisika dan kimia yang mendasarinya. Misalnya, untuk mengerti proses pernapasan kita perlu mengetahui struktur alat pernapasan tersebut juga mengetahui sifat-sifat fisika dan kimia dari gas-gas pernapasan. Sejak dulu orang sudah mengetahui bahwa untuk bernapas diperlukan udara, tetapi arti sebenarnya dari pernapasan itu sendiri belum dipahami hingga para ahli kimia menemukan gas oksigen yang diperlukan oleh proses pernapasan. Untuk memahami bagaimana makhluk hidup melakukan fungsi fisiologisnya, pendekatan komparatif merupakan salah satu cara yang banyak membantu.

Dengan membandingkan proses-proses fisiologi dari berbagai jenis makhluk hidup dalam menghadapi berbagai pengaruh yang datang dari lingkungannya maka dapat meningkatkan pemahaman kita tentang arti fisiologi yang sesungguhnya.

Dapat kita simpulkan bahwa fisiologi merupakan suatu bidang ilmu yang secara khusus mempelajari aktivitas-aktivitas fungsional yang terjadi di dalam tubuh makhluk hidup dalam rangka mempertahankan kelangsungan hidupnya.

B. TUJUAN DAN RUANG LINGKUP FISIOLOGI

Seperti telah dibahas bahwa fisiologi dapat didefinisikan sebagai suatu bidang ilmu yang secara khusus mempelajari pengetahuan tentang aktivitas-aktivitas fungsional yang terjadi pada makhluk hidup. Dengan demikian tujuan fisiologi adalah untuk menganalisis, memahami, dan memperoleh pengetahuan yang lebih mendalam tentang proses-proses yang terjadi pada tubuh makhluk hidup. Karena makhluk hidup yang ada di bumi ini sangat kompleks, mulai dari uniseluler sampai multiseluler dengan berbagai variasinya (tidak kurang dari 1 juta spesies), di mana setiap spesies mempunyai kekhasan tersendiri. Keanekaragaman itu terjadi pula dalam berbagai tingkatan organisasinya, mulai dari tingkatan masyarakat, populasi, individu, organ, jaringan, sel, organel, dan tingkat atom, semuanya mempunyai aktivitas tersendiri dengan metode tersendiri pula untuk dapat memahaminya. Dengan demikian jelaslah bahwa fisiologi merupakan ilmu yang sangat kompleks. Pandangan dan metode fisiologi sendiri mengalami perubahan dari waktu ke waktu sesuai dengan perkembangan zaman.

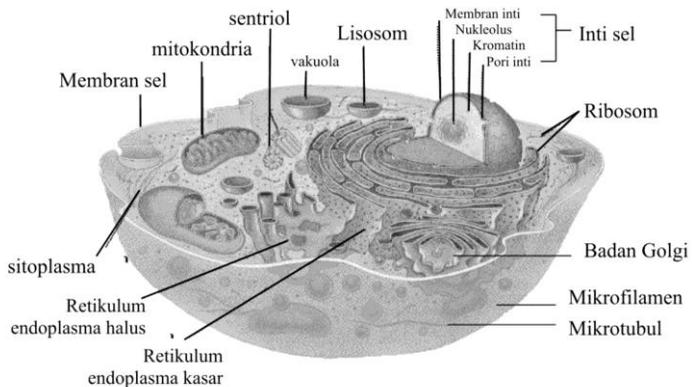
Kini fisiologi berubah dengan cepat seperti kebanyakan ilmu lainnya seiring dengan cepatnya perkembangan teknologi dan peralatan yang dibuat

manusia sejak tahun 1940-an. Kemajuan-kemajuan tersebut, antara lain telah dapat dilakukan isolasi, observasi, identifikasi, dan percobaan menggunakan sel tunggal, bagian-bagian dari sel ataupun makro molekul. Dengan demikian penjelasan mengenai dasar-dasar proses fisiologi saat ini, jauh lebih maju dibanding sebelumnya. Kemajuan dalam analisis dan desain rekayasa dalam sistem komunikasi, komputer, dan alat-alat matematis lainnya telah meningkatkan kemampuan manusia untuk mempelajari sistem-sistem yang ada pada tubuh hewan.

C. SEL SEBAGAI UNIT DASAR FISILOGI MAKHLUK HIDUP

Masih ingatkah Anda mengenai teori sel? Salah satu teori sel mengungkapkan bahwa sel merupakan unit struktural dan fungsional dari makhluk hidup. Ini mengandung makna bahwa sel merupakan unit dasar kehidupan karena di dalamnya terdapat struktur dan fungsi-fungsi fisiologis yang mendasar bagi kehidupan, seperti respirasi, ekskresi, dan metabolisme.

Baiklah kita bahas mengenai struktur sel. Sel makhluk hidup, khususnya hewan tingkat tinggi mempunyai berbagai bentuk dan fungsi yang khas, seperti sel otot, saraf, darah, telur, sperma, sel batang, dan sel rambut. Walaupun mempunyai bentuk, tipe dan fungsi yang berbeda, namun pada dasarnya sel hewan memiliki bagian-bagian yang sama, yaitu terdiri atas membran sel, sitoplasma beserta organel sel, dan inti sel. Untuk lebih jelasnya silakan Anda cermati Gambar 1.1.



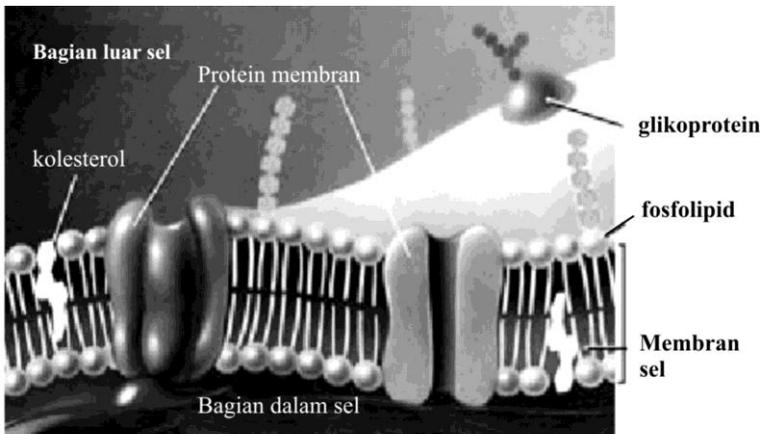
Gambar 1.1.
Struktur sel hewan (Anonim, 2005)

1. Membran Sel

Membran sel secara umum dibangun oleh dua komponen utama, yaitu protein ($\pm 60\%$) dan lemak atau **lipida** ($\pm 40\%$). Membran sel, antara lain berfungsi sebagai:

- barrier** selektif yang memisahkan sel dengan lingkungannya;
- transportasi;
- komunikasi lewat reseptor yang ada di permukaan membran sel.

Sebagai gambaran mengenai membran sel coba Anda simak Gambar 1.2 berikut.



Gambar 1.2.
Membran sel (Anonim, 2005)

2. Sitoplasma

Sitoplasma terdiri atas plasma sel yang mengandung mikrotubul dan mikrofilamen (sebagai sitoskelet) dan organel sel. Coba Anda ingat kembali apa fungsi sitoskelet bagi sel? Silakan Anda diskusikan dengan teman atau tutor Anda! Jika Anda sudah memperoleh jawabannya, silakan Anda tuangkan pada kolom berikut!

Fungsi sitoskelet adalah

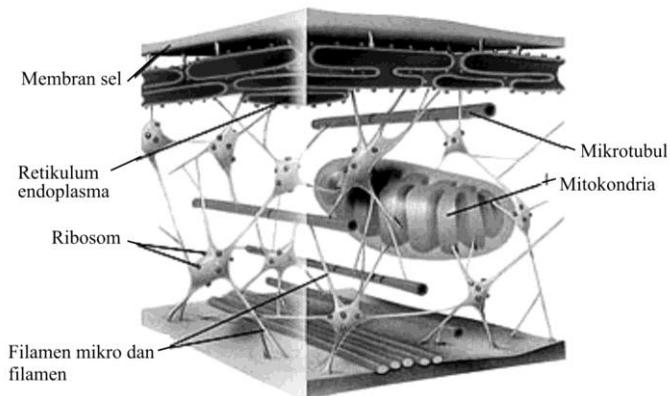
.....

.....

.....

Bagus! Anda telah melakukannya dengan baik. Sekarang mari kita bahas bersama. Sitoskelet, antara lain berfungsi untuk memberi bentuk khas pada sel dan berperan dalam proses pembelahan sel, yaitu membentuk benang-benang gelendong yang menarik kromatid menuju kutub-kutub yang berlawanan dan dalam proses konstriksi sel sehingga sel dapat membelah menjadi 2 sel anak. Tanpa adanya sitoskelet maka bentuk sel yang bervariasi dan proses pembelahan sel tak mungkin dapat terjadi dengan sempurna.

Itulah beberapa fungsi utama sitoskelet, fungsi lainnya dapat Anda ungkapkan sendiri. Sebagai gambaran mengenai struktur sitoskelet, silakan Anda cermati pada Gambar 1.3 berikut.



Gambar 1.3.
Sitoskelet (Anonim, 2005)

3. Organel Sel

Organel sel hewan terdiri atas retikulum endoplasma, badan Golgi, lisosom, mitokondria, ribosom, flagella dan silia, badan mikro, dan vakuola. Untuk lebih jelasnya mari kita bahas bersama.

a. *Retikulum endoplasma (RE)*

Retikulum endoplasma terdiri atas 2 jenis, yaitu RE-kasar (REK) yang permukaannya banyak mengandung ribosom dan RE-halus (REH) yang permukaannya tidak mengandung ribosom. Karena banyak mengandung ribosom, REK berperan penting dalam sintesis protein serta mengumpulkan

dan mengangkut protein yang dihasilkan oleh ribosom. Berbeda dengan REK, REH berperan dalam sintesis lipida, glikogen, dan senyawa steroid.

b. Badan Golgi

Badan Golgi ini terbentuk dari sekumpulan kantong-kantong pipih (sisterna), tubulus, dan vesikula. Sisterna dari badan Golgi membentuk pembuluh-pembuluh halus (tubulus) dan dari tubulus-tubulus tersebut dilepaskan kantung-kantung kecil (vesikula) yang berisi bahan yang diperlukan sel, seperti enzim dan pembentuk membran sel. Fungsi badan Golgi, antara lain dalam sintesis fosfolipid, membungkus zat-zat yang akan di transfer (dalam vesikula), membentuk lisosom, dan membentuk akrosom pada spermatozoa.

c. Lisosom

Lisosom merupakan organel berbentuk bulat yang berisi enzim-enzim yang dapat mencerna protein, karbohidrat, lemak, dan asam nukleat. Oleh karena itulah lisosom berperan dalam proses pencernaan intra sel, yaitu mencerna zat-zat yang terfagosit, seperti bakteri oleh sel-sel makrofag. Dengan adanya organel tersebut maka sel-sel yang rusak dapat hancur dengan sendirinya, karena itulah organel ini sering disebut kantong bunuh diri (*suicide bags*).

d. Mitokondria

Mitokondria (tunggal mitokondrion) berbentuk batang pendek atau bundar. Organel ini bermembran ganda, yaitu membran luar dan membran dalam. Membran dalam memperluas permukaannya dengan cara melipat-lipat membentuk krista. Pada krista ini terdapat enzim-enzim yang berperan dalam sintesis ATP. Fungsi utama mitokondria adalah tempat terjadinya proses respirasi sel yang berguna dalam menghasilkan energi (ATP).

e. Ribosom

Ribosom tersusun atas r-RNA dan protein. Organel ini dapat tersebar dalam sitoplasma secara acak atau terikat pada permukaan REK. Pada bakteri, organel ini tersebar bebas di dalam sitoplasma, sedangkan pada sel eukariotik umumnya terdapat pada REK. Apa fungsi ribosom ini? Tentunya Anda sudah mengetahuinya, bukan? Ya, fungsi ribosom adalah tempat terjadinya sintesis protein. Pada saat terjadinya sintesis protein, organel ini

sering kali membentuk suatu rantai yang disebut polisom. Bagaimana sintesis protein ini terjadi? Materi ini akan dibahas tuntas pada mata kuliah biokimia.

f. Sentriol

Sentriol merupakan pasangan struktur yang berbentuk silindris dan berlokasi di dekat inti sel. Organel ini terdapat pada sel hewan. Fungsi sentriol adalah untuk pembelahan sel. Apa yang dilakukan sentriol dalam proses pembelahan sel? Tentunya dalam proses pergerakan kromosom, bukan? Ya, sentriol ini akan membentuk benang-benang gelendong yang berfungsi dalam menggerakkan kromatid menuju kutub-kutub yang berlawanan sehingga materi inti akan terbagi secara merata kepada sel-sel anak hasil pembelahan.

g. Silia dan Flagella

Silia merupakan kumpulan-kumpulan sitoplasma sel yang berbentuk rambut. Karena umumnya silia dapat bergerak maka silia sering disebut rambut getar. Anda ingat silia pada *Paramecium*? Ya, itulah silia yang merupakan alat gerak pada hewan tersebut. Pada hewan tinggi bentuk sel-sel yang bersilia sering dijumpai pada selaput luar trakea.

Flagella merupakan bangunan yang keluar dari membran sel dengan ukuran yang relatif panjang dan biasanya hanya satu buah. Flagella umumnya dijumpai pada hewan dari kelas Flagellata, yang berfungsi sebagai alat gerak. Pada hewan tinggi, termasuk pada manusia, flagella dijumpai pada sperma. Jadi, ekor sperma merupakan salah satu jenis flagella.

h. Villi

Villi merupakan tonjolan membran sel yang berfungsi meningkatkan luas permukaan sel yang bersangkutan. Keadaan ini sangat penting, misalnya dalam usus halus yang dapat memperbanyak kontak dengan zat-zat yang akan diserap ke dalam sel.

i. Badan Mikro

Badan mikro berbentuk oval, dibatasi oleh membran dan berdiameter lebih kurang 0,3-1,5 mikrometer. Terdapat 2 jenis badan mikro yang telah kita ketahui, yaitu glioksisom (pada tumbuhan) dan peroksisom (pada hewan dan tumbuhan). Pada sel-sel hewan oksidasi asam amino dan asam urat

menghasilkan hidrogen peroksida (H_2O_2) yang sangat beracun bagi sel, oleh karena itu peroksisom menghasilkan enzim katalasa yang dapat menguraikan hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen.

j. Vakuola

Vakuola merupakan rongga yang terdapat di dalam sel. Pada sel hewan vakuola ini jauh lebih kecil dibandingkan vakuola yang terdapat pada sel tumbuhan. Pada Protozoa dikenal berbagai jenis vakuola, antara lain pinosom, fagosom, dan vakuola kontraktil. Pinosom merupakan vakuola yang terbentuk dari invaginasi membran sel sehingga cairan yang ada di sekitarnya tertelan masuk ke dalam sel tersebut. Fagosom terbentuk dari invaginasi membran sel yang cukup besar sehingga dapat menelan zat-zat makanan atau organisme yang ada di lingkungannya. Vakuola kontraktil pada Protozoa berfungsi mengatur cairan yang ada di dalam sel sehingga hewan tersebut tidak binasa karena masuknya air dari lingkungan tempat hidupnya.

4. Inti Sel

Inti sel terbentuk dari membran inti dan materi inti (kromatin dan nukleolus). Membran inti bersifat ganda dan mengandung pori-pori inti. Nah, coba Anda ingat kembali apa fungsi dari inti sel? Silakan Anda diskusikan dengan teman atau tutor Anda! Hasilnya silakan Anda tuangkan ke dalam kolom berikut!

Fungsi inti sel:

Bagus! Anda telah melakukannya dengan baik. Dalam uraian ini hanya akan di bahas garis besar dari fungsi inti sel, yaitu sebagai pengontrol sintesis protein, yang penting untuk mengatur fungsi-fungsi fisiologis lainnya. Inti sel ini mengandung materi genetik yang sangat penting dan sentral bagi kehidupan sel. Semua fenotip dari makhluk hidup diatur oleh gen-gen dalam kromosom yang terdapat di dalam inti sel. Dengan demikian inti sel berperan sangat sentral dalam fisiologi makhluk hidup.



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Jelaskan apa yang Anda ketahui tentang fisiologi dan ruang lingkungannya!
- 2) Jelaskan struktur sel hewan secara garis besar!
- 3) Jelaskan fungsi mitokondria dan hubungannya dengan proses fisiologi pada Vertebrata!
- 4) Jelaskan bagian sel yang sangat penting dalam mengontrol seluruh aktivitas sel guna mempertahankan kelangsungan hidupnya!
- 5) Jelaskan organel sel yang mendasari proses pencernaan makanan pada organisme multiseluler!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Untuk menjawab pengertian fisiologi, silakan Anda kaji kembali mengenai pengertian fisiologi di bagian awal kegiatan belajar ini. Untuk menjawab ruang lingkup fisiologi, silakan Anda kaji kembali apa yang dibahas dalam fisiologi. Dengan demikian Anda dapat menjawabnya dengan benar.
- 2) Struktur sel, secara garis besar tersusun atas 3 komponen utama. Jika Anda belum dapat menjawabnya, coba Anda kaji kembali tentang struktur sel! Dengan demikian kami yakin Anda dapat menjawab pertanyaan tersebut dengan mudah dan benar.
- 3) Apa yang Anda ketahui tentang fungsi mitokondria? Jika Anda belum paham, cobalah kaji kembali tentang fungsi fisiologis mitokondria! Sudah dapat jawabannya? Ya, benar mitokondria berperan dalam respirasi sel. Jadi, apa hubungannya dengan proses pernapasan eksternal pada vertebrata? Dengan demikian kami yakin Anda akan dapat menjawabnya dengan baik dan benar.
- 4) Jika Anda masih kesulitan dalam menjawabnya, silakan Anda kaji kembali materi tentang struktur sel. Komponen sel mana, yang mengkode pembentukan protein pembentuk enzim, hormon, fenotip, dan lain sebagainya? Kami yakin Anda dengan mudah dapat menjawabnya.

- 5) Cobalah Anda kaji kembali materi tentang organel sel dan fungsinya! Dengan cara seperti itu Anda dengan mudah mendapatkan jawaban atas pertanyaan tersebut.



RANGKUMAN

Fisiologi merupakan bidang ilmu yang secara khusus mempelajari tentang berbagai aktivitas fungsional yang terjadi di dalam tubuh makhluk hidup, guna mempertahankan kelangsungan hidupnya. Dengan demikian ruang lingkup fisiologi, sangat kompleks mencakup segala aktivitas fungsional makhluk hidup dalam mempertahankan kelangsungan hidupnya, seperti respirasi, metabolisme, pencernaan, regulasi, koordinasi, reproduksi, adaptasi, evolusi, dan lain sebagainya.

Sel merupakan unit dasar fisiologi makhluk hidup karena di dalam sel terjadi proses-proses fisiologi yang mendasari proses-proses fisiologi makhluk hidup secara keseluruhan. Secara struktural, sel tersusun atas 3 komponen utama, yaitu membran sel, sitoplasma beserta organel sel, dan inti sel.



TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Fisiologi merupakan bidang ilmu yang mempelajari tentang
 - A. proses reproduksi makhluk hidup
 - B. proses metabolisme sel
 - C. aktivitas fungsional yang terjadi pada tubuh makhluk hidup
 - D. struktur tubuh makhluk hidup secara utuh

- 2) Cakupan bahasan berikut termasuk dalam ruang lingkup fisiologi, *kecuali*
 - A. reproduksi makhluk hidup
 - B. metabolisme sel
 - C. reaksi imunitas
 - D. klasifikasi hewan

- 3) Bagian sel yang berperan penting dalam transportasi zat-zat makanan keluar masuk sel adalah
 - A. membran sel
 - B. sitoplasma

- C. organel sel
 - D. inti sel
- 4) Organel sel yang mendasari proses respirasi makhluk hidup adalah
- A. ribosom
 - B. mitokondria
 - C. badan Golgi
 - D. lisosom
- 5) Organel sel yang mendasari proses pencernaan makanan pada hewan adalah
- A. ribosom
 - B. mitokondria
 - C. badan Golgi
 - D. lisosom
- 6) Peran sitoskelet bagi sel, antara lain untuk
- A. memberi bentuk khas pada sel
 - B. membentuk membran sel
 - C. memperlancar proses difusi melalui membran sel
 - D. melakukan pencernaan intrasel
- 7) Ekor spermatozoa manusia, merupakan salah satu contoh nyata dari
- A. silia
 - B. silium
 - C. flagella
 - D. flagellum
- 8) Alat gerak pada *Paramecium caudatum*, merupakan salah satu contoh dari
- A. silia
 - B. silium
 - C. flagella
 - D. flagellum
- 9) Peroksisom, merupakan sejenis badan mikro yang berperan dalam
- A. menghasilkan hidrogen peroksida
 - B. menghasilkan enzim katalasa
 - C. mencerna makanan secara intrasel
 - D. menghancurkan asam urat yang berbahaya bagi tubuh

- 10) Jenis vakuola pada Protozoa yang berfungsi mengatur cairan tubuhnya adalah
- A. pinosom
 - B. fagosom
 - C. vakuola kontraktil
 - D. vakuola makanan

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

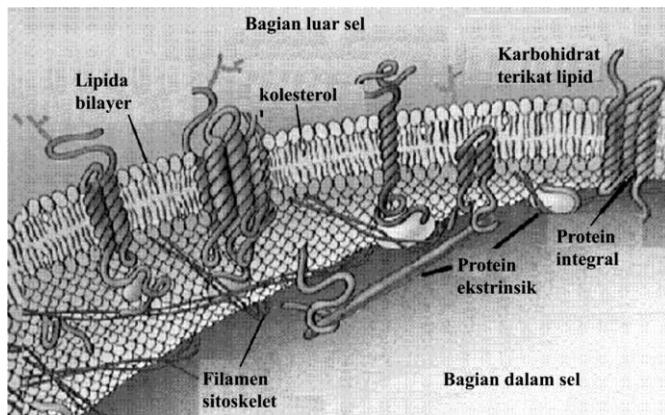
Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2

Membran Sel dan Fungsinya

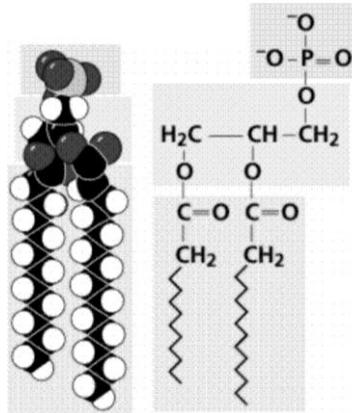
A. STRUKTUR MEMBRAN SEL

Membran sel berperan sebagai **barrier** terhadap kebanyakan molekul yang ada di sekitar sel yang bersangkutan. Membran sel merupakan selaput yang semi permeabel yang memisahkan lingkungan sel bagian dalam dan bagian luar. Seperti telah di bahas sebelumnya, membran sel tersusun atas dua komponen utama, yaitu protein dan lemak (**lipida bilayer**). Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 1.4.



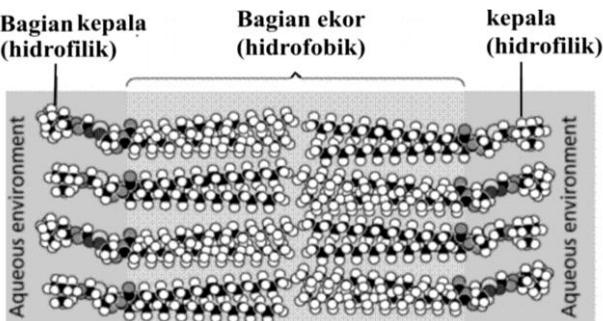
Gambar 1.4.
Struktur membran sel (Farabee, 2001)

Lipid **bilayer** terutama dibentuk oleh fosfolipid yang tersusun atas 2 bagian utama, yaitu bagian kepala (bersifat hidrofilik) dan ekor (hidrofobik). Untuk melihat gambaran yang jelas mengenai struktur fosfolipid, silakan Anda perhatikan Gambar 1.5 berikut.



Gambar 1.5.
Struktur fosfolipid (Farabee, 2001)

Karena ada 2 sifat yang berbeda pada molekul fosfolipid tersebut maka membran sel tersusun bilayer, di mana bagian ekor yang bersifat hidrofobik akan berada di bagian tengah membran, sedangkan bagian kepala fosfolipid akan berada di bagian luar membran. Untuk lebih jelasnya, coba Anda simak Gambar 1.6 berikut.



Gambar 1.6.
Susunan fosfolipid pada membran (Farabee, 2001)

Selain fosfolipid, pada membran sel terdapat komponen penyusun penting lainnya, yaitu kolesterol. Senyawa kolesterol terletak di daerah hidrofobik membran sel. Protein merupakan komponen penting pada membran sel yang tersuspensi di dalam lapisan dalam (yang bersifat

hidrofobik) meskipun daerah hidrofobik dari protein tersebut dapat berada di bagian luar membran sel. Protein tersebut sering disebut protein integral yang sering membentuk pori pada membran sel. Protein membran dapat berfungsi sebagai tempat perlekatan (*binding site*) untuk zat-zat yang akan diangkut ke dalam sel, melalui transpor pasif dan transpor aktif.

Permukaan membran luar sel cenderung kaya akan glikolipid (molekul lipida yang berikatan dengan karbohidrat). Bagian ekor (bersifat hidrofobik) tertanam dalam daerah hidrofobik membran sel, sedangkan bagian kepala (yang bersifat hidrofilik) dari molekul tersebut menyembul ke luar sel. Karbohidrat juga dapat berikatan dengan protein integral yang berfungsi sebagai reseptor yang sangat penting dalam pengenalan materi asing bagi sel yang bersangkutan. Kebanyakan hewan memiliki sistem imun maka fungsi pengenalan tersebut sangat penting sebagai dasar reaksi imunitas, alergi, dan autoimun. Pada proses transplantasi organ tubuh, perlu dilakukan penekanan terhadap fungsi reseptor yang ada pada sel-sel jaringan penerima. Dengan demikian reaksi imun yang dapat melawan organ transplantasi tersebut dapat dicegah, untuk menghindari terjadinya kegagalan proses transplantasi organ tersebut.

B. FUNGSI MEMBRAN SEL

Fungsi membran sel, secara umum dapat dirinci sebagai berikut.

1. Kompartemenisasi.
2. Interaksi antarsel.
3. Perubahan energi.
4. Transfer informasi.
5. Penyedia enzim.
6. Tempat transpor zat dari dan ke dalam sel (trans membran).

Untuk lebih jelasnya mari kita ikuti terus bahasan berikut.

1. Kompartemenisasi

Membran sel atau sering disebut membran plasma merupakan suatu selaput yang membatasi suatu ruangan (kompartemen), dengan kata lain membran tersebut menyelubungi seluruh isi sel. Selain membran sel, terdapat pula membran yang membatasi nukleus dan ruang-ruang (organel) di dalam sitoplasma. Ibarat ruang-ruang yang ada di dalam gedung maka

ruang-ruang tersebut perlu dibatasi oleh partisi atau tembok sehingga kegiatan di masing-masing ruangan dapat berlangsung sendiri-sendiri, tanpa saling mengganggu antara kegiatan di satu ruangan dengan ruangan yang lain. Di dalam sel, kompartemenisasi mutlak diperlukan karena ruang-ruang di dalam sel berisi cairan dan adanya percampuran cairan dari ruang-ruang tersebut dapat menyebabkan kehancuran bagi sel yang bersangkutan.

2. Interaksi Antarsel

Pada organisme multiseluler, membran sel berperan penting dalam proses interaksi antara sel satu dengan yang lainnya. Organ tubuh manusia pada umumnya tersusun atas berbagai jenis sel yang harus bekerja sama untuk melaksanakan fungsi keseluruhan. Membran sel berperan dalam memfasilitasi sel untuk saling mengenal, kemudian saling bertukar substansi dan informasi.

3. Perubahan Energi

Perubahan satu bentuk energi menjadi bentuk energi lain merupakan hal yang sangat penting dalam proses hidup, dan membran sel sangat berperan dalam proses ini. Hal yang sangat mendasar bagi semua kehidupan adalah kemampuan sel tumbuhan untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi kimia yang terkandung dalam karbohidrat. Sel hewan maupun tumbuhan mampu mengubah energi kimia dari karbohidrat tersebut menjadi ATP atau senyawa lain berenergi tinggi. Proses pengikatan energi ini terjadi di dalam membran dari mitokondria dan kloroplas. Energi cahaya, panas, dan energi mekanik dapat diubah oleh reseptor pada sistem saraf menjadi impuls saraf yang merupakan cara komunikasi efektif dalam sistem saraf tersebut. Meskipun mekanisme perubahan tersebut belum diketahui secara pasti, namun membran sel berperan penting dalam proses tersebut.

4. Transfer Informasi

Membran mempunyai peranan mentransfer informasi dari satu sel ke sel lain. Di dalam membran terdapat reseptor yang mampu berkombinasi dengan molekul tertentu dengan bentuk yang sesuai, seperti yang selalu berkombinasi dengan suatu substrat yang sesuai. Sel yang berbeda mempunyai membran yang memiliki reseptor yang juga berbeda sehingga bermacam-macam reseptor akan berkombinasi dengan bermacam-macam **ligand**.

Ligand adalah molekul atau ion yang dapat berkombinasi dengan reseptor yang terdapat dalam membran. **Ligand** yang paling banyak dipelajari adalah hormon, faktor tumbuh dan neurotransmitter; semuanya terikat pada membran sel tanpa menembusnya. Interaksi antara reseptor yang terdapat di membran sel dengan **ligand** yang terdapat di luar sel dapat menimbulkan stimulus baru yang terlibat dalam pengaturan bermacam-macam kejadian dalam sel. Contohnya: sinyal yang ditimbulkan oleh membran dapat bersifat pemberitahuan untuk membelah atau melakukan diferensiasi atau pada bakteri pemberitahuan itu agar bergerak mendekati makanan.

5. Penyediaan Enzim

Banyak enzim yang merupakan bagian dari membran. Sebagai contoh, enzim sitokrom yang terlibat dalam respirasi sel merupakan bagian dari membran mitokondria. Enzim monoamin oksidase yang menyebabkan katekolamin tidak aktif terdapat di bagian luar membran mitokondria. Sejumlah protein dan glikoprotein banyak terdapat di dalam membran sel; bertindak sebagai reseptor dari hormon dan benda penolak atau terlibat dalam pengangkutan substansi ke dalam sel. Ditematkannya enzim di dalam membran sel mempunyai beberapa tujuan. Pada proses fosforilasi oksidatif yang terjadi di mitokondria, transpor elektron yang paling efisien tercapai apabila enzim berada saling berdekatan. Bagian dalam membran menyediakan bantuan fisik dan orientasi yang diperlukan. Protein membran yang bertindak sebagai tempat pengikat bagi bermacam-macam ion, asam amino dan gula dikenal sebagai **carrier** dalam proses transpor aktif.

Sistem enzim dalam membran pada umumnya disebut adenilsiklase yang terdapat pada hampir semua jaringan mamalia, kecuali sel darah merah. Aktivasi adenilsiklase menimbulkan perubahan ATP menjadi adenosin monofosfat siklik (cAMP) di dalam sel. Meningkatnya jumlah cAMP di dalam sel selanjutnya membawa pengaruh terhadap respons fisiologik dari sel, misalnya: sistem enzim menjadi aktif; terjadi perubahan permeabilitas membran terhadap substansi tertentu; terjadi sintesis atau sekresi hormon; dan sintesis protein.

6. Transpor Zat dari dan ke dalam Sel

Membran sel secara umum berfungsi sebagai **barrier** yang memisahkan sel dengan lingkungannya. Tentu saja tidak harus mengisolasi sel dari

lingkungannya, melainkan dapat berfungsi mengatur keluar masuk zat yang diperlukan ataupun yang tidak diperlukan oleh sel itu sendiri. Dengan demikian, membran sel berperan dalam transpor zat-zat keluar masuk sel. Bagaimana zat-zat dapat keluar masuk sel? Tentu Anda masih ingat dengan istilah difusi, osmosis, dan transpor aktif, bukan? Untuk lebih jelasnya mari kita lanjutkan pembahasan kita mengenai transpor trans membran.

a. *Transpor pasif*

Transpor pasif adalah proses perpindahan zat melalui suatu membran dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah tanpa memerlukan energi. Ada beberapa jenis transpor pasif yang mungkin sudah Anda kenal. Untuk lebih jelasnya mari kita bahas bersama.

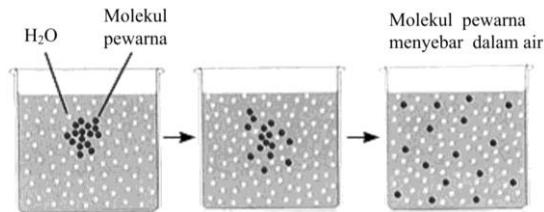
1) Difusi

Air, karbondioksida, oksigen merupakan molekul yang dapat melalui membran sel dengan cara difusi. Membran sel bersifat permeabel terhadap molekul-molekul tersebut. Apa yang Anda ketahui tentang difusi? Coba Anda ingat-ingat kembali! Anda mengetahuinya, bukan? Baiklah, difusi merupakan salah satu proses pergerakan molekul atau ion melalui membran sel, di mana molekul atau ion tersebut bergerak dari daerah yang mempunyai konsentrasi tinggi ke daerah yang mempunyai konsentrasi rendah dan tidak memerlukan energi. Pertukaran gas O_2 dengan CO_2 melalui membran sel yang merupakan dasar fisiologi pernapasan terjadi melalui proses difusi. Karbon dioksida diproduksi di dalam sel melalui proses respirasi sel sehingga konsentrasinya di dalam sel jauh lebih tinggi dibandingkan dengan di luar sel. Dengan demikian CO_2 akan bergerak ke luar melalui membran sel secara difusi. Keadaan yang sebaliknya terjadi pada pergerakan molekul O_2 , di mana O_2 dibutuhkan dalam proses pernapasan sel, dengan demikian konsentrasi O_2 di dalam sel jauh lebih rendah dibandingkan di lingkungannya sehingga O_2 akan bergerak masuk melalui membran sel juga secara difusi.

Arti difusi secara umum, tidak terbatas pada pergerakan molekul atau ion melalui membran yang permeabel, melainkan setiap pergerakan molekul atau ion dari daerah yang mempunyai konsentrasi tinggi ke daerah yang berkonsentrasi rendah. Sebut saja pergerakan molekul kristal zat warna yang dimasukkan ke dalam gelas berisi air. Mula-mula molekul-molekul zat warna tersebut terkonsentrasi di sekitar kristal zat

warna yang melarut dalam air, selanjutnya penyebaran molekul zat warna tersebut akan terus berlangsung hingga zat warna tersebut tersebar merata di seluruh bagian air yang terdapat di dalam gelas tersebut. Setelah seluruh zat warna tersebut tersebar merata, dapat dikatakan proses difusi telah berakhir, namun pergerakan zat warna tidak pernah berhenti. Bedanya setelah berakhirnya proses difusi pergerakan molekul-molekul tersebut terjadi secara seimbang sehingga larutan tetap homogen.

Untuk lebih memahami proses difusi, silakan Anda cermati Gambar 1.7.



Gambar 1.7.

Pergerakan molekul melalui membran sel (Farabee, 2001)

b. *Osmosis*

Osmosis adalah difusi air melalui membran semipermeabel (selektif permeabel). Dalam sebuah sel yang banyak mengandung organel dan molekul-molekul besar, air dari lingkungan pasti akan bergerak masuk ke dalam sel. Dalam hal ini air termasuk larutan yang hipotonis. Tentu selain larutan hipotonis Anda juga mengenal larutan isotonis dan larutan hipertonis. Cobalah Anda kemukakan sendiri, apa yang dimaksud isotonis dan hipertonis.

Untuk lebih memahami proses osmosis, sebaiknya Anda melakukan kegiatan sendiri. Untuk itu silakan Anda kerjakan Tugas 1 berikut.

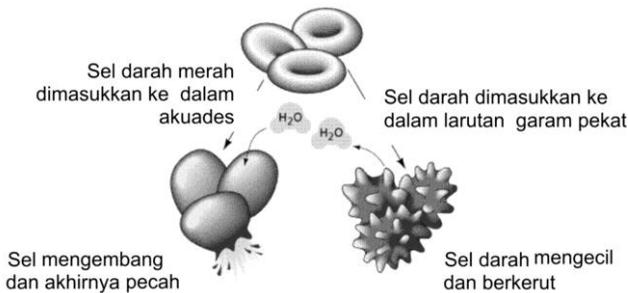
Tugas 1

Rencanakan dan lakukan pengamatan terhadap morfologi sel darah merah yang berada pada larutan hipertonis, isotonis (NaCl 0,9%), dan hipotonis. Apa yang akan terjadi pada sel darah merah jika dimasukkan ke dalam larutan hipotonis? Bagaimana pula jika dimasukkan ke dalam larutan

hipertonis atau isotonis? Gambarkan hasil pengamatan Anda dan tuangkan hasilnya pada kolom berikut!

(A)	(B)	(C)
Gambar hasil pengamatan sel darah merah pada berbagai larutan: (A) Hipotonis, (B) Hipertonis, dan (C) Isotonis		

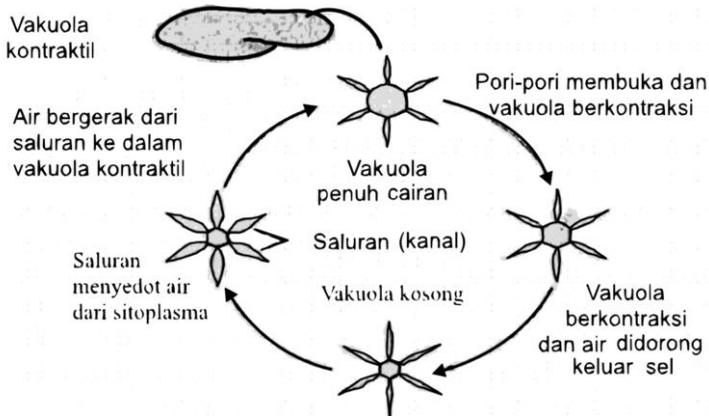
Bagus! Anda telah melakukannya dengan baik. Selanjutnya silakan Anda simak Gambar 1.8 berikut.



Gambar 1.8.
Hubungan antara bentuk sel darah merah dengan kondisi cairan yang ada di sekitarnya (Farabee, 2001)

Paramecium merupakan hewan bersel satu yang hidup di air tawar yang bersifat hipotonis terhadap cairan sel. Dengan demikian air yang ada di lingkungan tempat hidupnya akan masuk ke dalam tubuh hewan tersebut secara osmosis. Bagaimana hewan ini mengatasi serbuan air dari lingkungan yang masuk ke dalam tubuhnya? Masih ingatkah Anda bahwa hewan tersebut mempunyai vakuola kontraktil? Ya, vakuola inilah yang menjadi penyelamat hidupnya. Dengan vakuola kontraktil tersebut maka kelebihan cairan yang

masuk lewat membran sel akan dipompa kembali keluar sehingga tubuh *Paramecium* tetap stabil (Gambar 1.9).



Gambar 1.9. *Paramecium* dan osmoregulasinya (Farabee, 2001)

Bagaimana jika hewan tersebut tidak mempunyai vakuola kontraktif? Tentu saja hewan tersebut akan hancur berantakan, bukan? Mengapa? Silakan Anda renungkan sendiri.

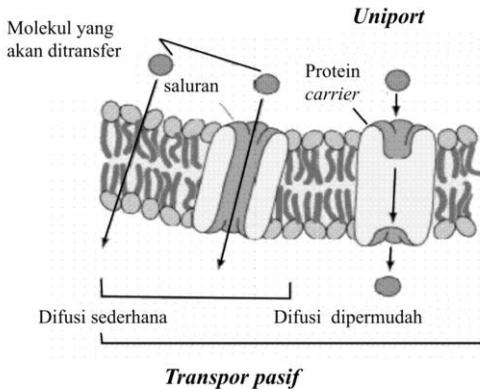
c. *Difusi dipermudah (facilitated diffusion)*

Pergerakan molekul dalam proses ini dibantu oleh suatu protein **carrier** yang bertindak sebagai pengangkut. Meskipun molekul yang akan diangkut cukup besar, dengan bantuan protein pengangkut maka molekul tersebut dapat menembus membran sel. Contohnya adalah pengangkutan glukosa oleh protein pengangkut melalui membran sel dengan berikatan pada protein tersebut maka glukosa menjadi larut dalam lipida, dengan demikian molekul tersebut dengan mudah dapat bergerak melewati molekul **lipida bilayer**. Kecepatan bergerak molekul difusi dipermudah ini lebih cepat daripada difusi biasa, tetapi kecepatan gerak tersebut tergantung pada beberapa faktor, antara lain:

- 1) gradien konsentrasi;
- 2) tersedianya protein pengangkut;
- 3) kecepatan protein pengangkut dalam mengikat zat yang akan diangkutnya.

Selain itu, difusi jenis ini dipercepat oleh hadirnya hormon insulin. Dengan adanya insulin maka penyerapan gula darah oleh jaringan melalui proses difusi dipermudah akan menjadi lebih cepat.

Untuk lebih memahami proses difusi melalui membran sel, coba Anda perhatikan Gambar 1.10 berikut!



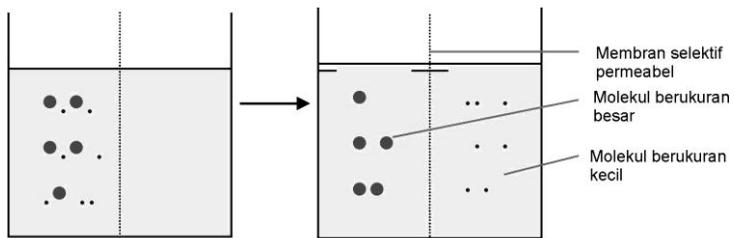
Gambar 1.10.
Difusi melalui membran sel (Farabee, 2001)

d. Filtrasi

Apakah Anda pernah mendengar istilah filtrasi dalam proses fisiologi makhluk hidup? Coba Anda ingat sejenak! Benar, istilah ini kita kenal dalam proses terbentuknya urine di dalam ginjal. Filtrasi merupakan jenis transpor pasif yang melibatkan pergerakan molekul atau ion keluar masuk sel. Proses ini disebabkan oleh adanya perbedaan tekanan hidrostatik, di mana molekul atau ion akan bergerak dari daerah yang mempunyai tekanan hidrostatik tinggi ke daerah yang tekanannya lebih rendah. Contohnya adalah proses filtrasi di dalam ginjal, di mana tekanan hidrostatik pada glomerulus lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan hidrostatik pada kapsula Bowman, dengan demikian cairan dan molekul atau ion yang terdapat di dalamnya akan bergerak dari glomerulus menuju kapsula Bowman. Proses sejenis terjadi pula pada kapiler, di mana cairan darah beserta molekul dan ion yang terlarut di dalamnya akan keluar melintasi endotelium kapiler tersebut menuju jaringan.

e. *Dialisis*

Istilah dialisis atau dialisa sering kita dengar dalam usaha penanganan pasien yang menderita penyakit gagal ginjal. Apa istilah dari proses penanganan tersebut? Ya, hemodialisa. Dialisis merupakan salah satu jenis transpor pasif, di mana molekul-molekul zat terlarut akan bergerak melalui membran selektif permeabel yang memperlihatkan adanya pemisahan molekul-molekul kecil dari molekul besar. Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 1.11 berikut!



Gambar 1.11.

Dialisis. (A) keadaan mula-mula, (B) keadaan setelah terjadi proses dialisis

Pada Gambar 1.11, mula-mula larutan di sebelah kiri membran mengandung 2 jenis molekul yang berbeda ukurannya. Pada proses dialisis, molekul-molekul kecil akan bergerak melalui membran yang bersifat selektif permeabel, sedangkan molekul yang berukuran besar tidak dapat melintasi membran tersebut. Pada akhir proses dialisis molekul-molekul kecil akan terpisah dari molekul yang berukuran besar. Prinsip ini dipakai dalam proses hemodialisis, untuk membuang zat-zat yang tak berguna dari dalam cairan darah, dan sering disebut dengan istilah cuci darah.

2. Proses Aktif

Yang termasuk proses aktif, antara lain tranpor aktif, fagositosis, dan pinositosis. Pada proses aktif ini, terjadi perpindahan zat dari konsentrasi rendah menuju ke konsentrasi yang lebih tinggi dan memerlukan energi.

a. *Transpor aktif*

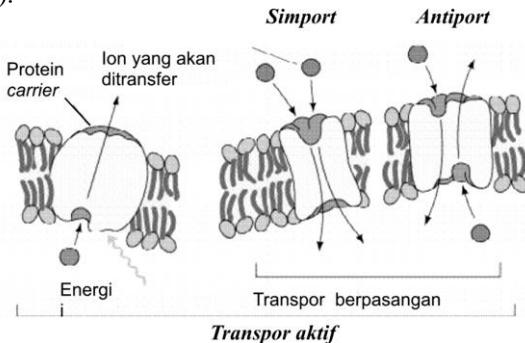
Pada peristiwa transpor aktif terjadi perpindahan zat molekul melawan gradien konsentrasi, dan memerlukan energi. Contohnya antara lain pompa sodium-potassium dalam sel saraf. Konsentrasi Na^+ selalu dijaga agar

konsentrasinya di bagian dalam sel saraf lebih rendah dan K^+ lebih tinggi, dibandingkan konsentrasinya di luar sel saraf. Ketika sel saraf menerima sebuah impuls, ion-ion tersebut akan menyeberangi membran sel, dengan cara seperti ini, impuls syaraf akan diantarkan. Setelah melakukan pengiriman pesan, ion-ion tersebut harus dikembalikan ke kondisi semula dengan cara transpor aktif.

Contoh lain dari transpor aktif ialah pengangkutan glukosa dari lumen saluran pencernaan menuju pembuluh darah, meskipun gula darah mempunyai konsentrasi lebih tinggi daripada konsentrasi glukosa dalam lumen saluran pencernaan. Transpor aktif ini melibatkan protein integral pada membran sel.

Bila molekul glukosa menempel pada bagian protein integral maka energi dari ATP akan mempengaruhi perubahan pada protein membran sehingga molekul glukosa akan ditransfer ke sisi lain dari membran. Mekanisme ini juga terjadi pada proses reabsorpsi glukosa di tubulus ginjal.

Ada 2 jenis transpor aktif, yaitu transpor aktif tunggal (*uniport*) dan transpor aktif berpasangan (*coupled transport*). Transpor aktif berpasangan terdiri atas simport dan antiport, disebut simport jika zat yang ditranspor diikuti oleh transpor zat lain dengan arah yang sama; sedangkan antiport jika transpor zat diikuti oleh transpor zat lain dengan arah yang berlawanan (Gambar 1.12).



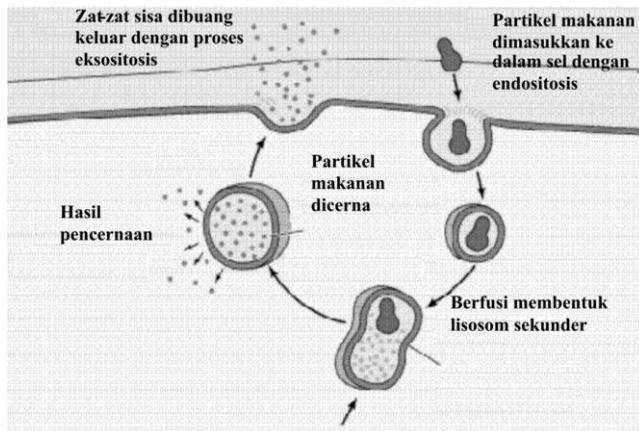
Gambar 1.12.
Jenis transpor aktif (Farabee, 2001)

b. Transpor zat yang diperantarai vesikula.

Vesikula atau vakuola dapat bergabung dengan membran sel dan digunakan untuk transpor zat-zat kimia ke luar atau ke dalam sel. Exositosis, jika transpor menuju ke luar sel; sedangkan jika memasukkan zat ke dalam

sel disebut endositosis. Fagositosis merupakan jenis endositosis, di mana sel memasukkan zat makanan melintasi membran sel. Proses ini sangat umum terjadi pada sel-sel makrofag yang memakan bakteri atau benda asing lainnya. Pinositosis terjadi jika sel memasukkan cairan melalui membran sel. Kebanyakan sel dapat melakukan pinositosis.

Untuk mendapatkan gambaran mengenai eksositosis dan endositosis, coba Anda simak Gambar 1.13!



Gambar 1.13.
Eksositosis dan endositosis (Farabee, 2001)



LATIHAN

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Membran sel bersifat semipermeabel, apa artinya? Apa kegunaan sifat membran sel seperti itu? Jelaskan!
- 2) Perhatikan susunan fosfolipid pada Gambar 1.6.! Coba Anda gambarkan susunan fosfolipid, jika bagian kepala dari molekul tersebut bersifat hidrofobik dan bagian ekornya bersifat hidrofilik!
- 3) Jelaskan perbedaan fungsi membran sel secara garis besar!
- 4) Jelaskan perbedaan antara proses aktif dengan transpor pasif!
- 5) Jelaskan perbedaan antara difusi, osmosis, dan transpor aktif!

Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Soal ini cukup mudah dijawab, bukan? Jika Anda masih belum mendapatkan jawabannya, cobalah kaji kembali uraian tentang sifat membran sel. Apa kegunaan sifat membran demikian? Coba Anda bayang bagaimana jika membran sel bersifat permeabel terhadap semua jenis molekul atau ion yang ada di sekitarnya. Apa yang akan terjadi? Semua molekul yang ada di lingkungan sel tersebut akan sangat mudah keluar masuk sel. Akibatnya? Kami yakin Anda dapat menjawab pertanyaan tersebut dengan baik dan besar.
- 2) Coba Ada bayangkan kalau bagian kepala fosfolipid bersifat hidrofobik dan bagian ekor bersifat hidrofilik! Maka, bagian kepala fosfolipid akan berada di bagian dalam membran dan bagian ekor di sebelah luar membran, bukan? Ya, selanjutnya cobalah susun bangunan membran dengan sifat fosfolipid yang seperti itu.
- 3) Membran sel mempunyai berbagai fungsi yang mendasar. Jika Anda belum dapat menjawabnya, silakan Anda kaji kembali bahasan tentang fungsi membran sel secara garis besar. Dengan begitu, kami yakin Anda akan dapat menjawabnya dengan baik dan benar.
- 4) Coba Anda pahami kembali apa yang dimaksud dengan proses aktif dan transpor pasif. Selanjutnya cobalah Anda analisis persamaan dan perbedaan antarkeduanya. Dengan begitu, kami yakin Anda akan dapat menjawab pertanyaan tersebut dengan baik dan benar.
- 5) Coba Anda pahami apa yang dimaksud dengan difusi, osmosis, dan transpor aktif. Selanjutnya cobalah analisis persamaan dan perbedaan dari ketiganya! Kami yakin Anda pasti dapat menjawabnya dengan baik dan benar. Untuk mempermudah Anda dalam mengungkapkan perbedaan antara ketiga jenis transpor trans membran tersebut, buatlah dalam bentuk tabel, seperti berikut.

No	Perihal	Difusi	Osmosis	Transpor aktif
1	Pergerakan molekul	Dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi lebih rendah
2 dst



RANGKUMAN

Membran sel tersusun atas 2 komponen utama, yaitu lipida **bilayer** dan protein. Lipida **bilayer** terutama tersusun atas fosfolipid, di mana bagian kepala molekul ini bersifat hidrofilik, sedangkan bagian ekornya bersifat hidrofobik. Protein membran tersuspensi di dalam lapisan hidrofobik.

Fungsi membran sel adalah untuk kompartemenisasi, interaksi antarsel, perubahan energi, transfer informasi, penyedia enzim, dan tempat terjadinya transpor trans membran. Transpor trans membran terdiri atas transpor pasif dan proses aktif. Transpor pasif terdiri atas difusi, osmosis, difusi dipermudah, filtrasi, dan dialisis; sedangkan proses aktif terdiri atas transpor aktif dan transpor yang diperantarai vesikula (eksositosis dan endositosis).



TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Fosfolipid pembentuk membran sel tersusun atas bagian kepala dan ekor. Bagian kepala dari fosfolipid bersifat
 - A. hidrofobik
 - B. hidrofilik
 - C. netral
 - D. hidrofilik atau hidrofobik tergantung kondisi lingkungannya

- 2) Untuk mencegah agar transplantasi organ dapat berjalan dengan baik dan tidak terjadi penolakan oleh jaringan penerima maka yang perlu dilakukan adalah
 - A. menekan fungsi reseptor pada membran
 - B. mengaktifkan fungsi reseptor pada membran
 - C. menekan fungsi pori membran
 - D. mengaktifkan fungsi pori membran

- 3) Kompartemenisasi di dalam sel mutlak diperlukan agar
 - A. tidak terjadi percampuran plasma antarruang
 - B. terjadi hubungan yang bebas antarruang
 - C. sel saling mengenal dan berinteraksi satu sama lainnya
 - D. membatasi interaksi antarsel

- 4) Fungsi membran sel, antara lain sebagai penyedia enzim. Enzim berikut yang terdapat pada membran dalam mitokondria adalah
- ATP-ase
 - Monoamin oksidase
 - Katalase
 - Fosfatase
- 5) Perbedaan antara difusi dengan osmosis adalah
- pergerakan molekul atau ion pada proses difusi dari konsentrasi tinggi menuju konsentrasi yang lebih rendah, sedangkan pada osmosis pergerakan molekul dari konsentrasi rendah menuju konsentrasi yang lebih tinggi
 - difusi tidak memerlukan energi, sedangkan osmosis memerlukan energi
 - pada proses difusi yang berpindah adalah molekul terlarut, sedangkan pada proses osmosis, yang berpindah adalah molekul pelarut (air)
 - difusi memerlukan protein *carrier*, sedangkan osmosis tidak
- 6) Perbedaan antara difusi dengan transpor aktif, antara lain
- difusi memerlukan energi, sedangkan transpor aktif tidak
 - pergerakan molekul pada proses difusi terjadi dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah, sedangkan transpor aktif dari konsentrasi rendah menuju konsentrasi yang lebih tinggi
 - difusi memerlukan protein *carrier*, sedangkan transpor aktif tidak
 - difusi terjadi pada membran sel, sedangkan transpor aktif terjadi pada membran mitokondria
- 7) Si Amir mencoba memasukkan garam dapur ke dalam usus ayam yang baru dibersihkannya, kemudian usus tersebut diisi air seperlunya dan diikat di kedua ujungnya. Selanjutnya usus ayam berisi larutan garam tersebut diletakkan di atas wadah berisi air. Amir terheran-heran ketika melihat usus yang tadinya berisi air garam secukupnya, ternyata setelah direndam lama air jadi mengembang seperti kemasukan banyak air. Proses menggelembungnya usus ayam tersebut terjadi karena adanya proses
- difusi
 - osmosis
 - transpor aktif
 - filtrasi

- 8) Si Amat mencoba menghisap sebatang rokok, selanjutnya ia mengeluarkan asap rokok dengan cara tertentu sehingga membentuk lingkaran asap. Namun setiap kali membentuk lingkaran asap maka asap rokok tersebut selanjutnya akan menyebar dan menghilang. Proses pergerakan partikel asap rokok di udara merupakan salah satu contoh nyata dari proses
- difusi
 - osmosis
 - transpor aktif
 - difusi dipermudah
- 9) Proses pengembalian molekul Na^+ dan K^+ ke kondisi awal setelah membran sel saraf menghantarkan impuls saraf dilakukan dengan menggunakan prinsip dari
- difusi
 - transpor aktif
 - difusi dipermudah
 - filtrasi
- 10) Proses masuknya zat yang cukup besar ke dalam sel karena terjadinya invaginasi membran sel yang cukup lebar, disebut
- pinositosis
 - fagositosis
 - eksositosis
 - endositosis

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) C. sudah jelas.
- 2) D. klasifikasi hewan bukan bidang bahasan fisiologi, melainkan bidang bahasan zoologi atau taksonomi
- 3) A. membran sel, sudah jelas.
- 4) B. mitokondria merupakan organel sel yang berperan dalam respirasi sel, yang mendasari proses pernapasan makhluk hidup.
- 5) D. lisosom merupakan organel sel yang berisi enzim pencernaan yang berperan dalam pencernaan intra sel, sebagai dasar pencernaan pada tubuh hewan tingkat tinggi.
- 6) A. sitoskelet terbentuk dari mikrotubul dan mikrofilamen, yang berperan antara lain dalam proses sitokinesis, kariokinesis, dan memberi bentuk khas pada sel.
- 7) D. flagellum karena ekor spermatozoa manusia berjumlah tunggal, kalau lebih dari satu disebut flagella.
- 8) A. silia karena alat gerak pada *Paramecium* terdiri atas rambut-rambut getar yang jumlahnya sangat banyak menyelaputi seluruh permukaan tubuhnya. Kalau silia pada hewan tersebut hanya satu maka disebut silium.
- 9) B. peroksisom menghasilkan enzim katalasa yang berperan sebagai katalisator dalam perubahan hidrogen peroksida menjadi air dan oksigen.
- 10) C. vakuola kontraktil, sudah jelas.

Tes Formatif 2

- 1) A. hidrofilik, sudah jelas.
- 2) A. fungsi reseptor ditekan agar sel dari jaringan penerima tidak mengenal jaringan yang ditransplantasikan sebagai jaringan asing.
- 3) A. fungsi kompartemenisasi adalah memisahkan ruang-ruang di dalam sel sehingga cairan sel antar ruang tidak saling menyatu.
- 4) A. ATP-ase terdapat pada membran dalam mitokondria dan berperan penting dalam sintesis ATP pada proses respirasi sel.
- 5) C. sudah jelas.
- 6) B. sudah jelas.

- 7) B. dalam peristiwa tersebut transpor air ke dalam lumen usus ayam yang berisi larutan garam, dengan prinsip osmosis.
- 8) A. penyebaran partikel asap rokok terjadi secara difusi.
- 9) B. transpor aktif, sudah jelas.
- 10) B. sudah jelas.

Glosarium

Barrier	: penghalang atau rintangan
Carrier	: pembawa
Hidrofilik	: menyenangi air, bagian molekul yang bersifat hidrofilik akan berusaha mencari daerah yang kaya air.
Hidrofobik	: tidak menyukai keberadaan air, bagian molekul yang bersifat hidrofobik akan berusaha menjauh dari daerah yang banyak mengandung air.
Lipida bilayer	: lipida berlapis ganda, merupakan ciri khas lipida penyusun membran sel.
Multiseluler	: bersel banyak. Organisme multiseluler artinya organisme tersebut tersusun atas banyak sel.
Uniseluler	: bersel tunggal. Organisme uniseluler artinya organisme bersel tunggal, seperti Protozoa dan bakteri.
Reseptor	: suatu daerah atau bagian pada sel yang berfungsi mengenal benda asing, dengan adanya reseptor ini maka tubuh kita dapat membedakan mana benda asing dan mana yang bukan.
Sitoskelet	: kerangka sel.
Transpor	: asal kata dari transpor, yaitu suatu proses pergerakan molekul-molekul pada suatu medium dengan atau tanpa melalui membran sel.
Vesikula	: atau vesikel, asal kata dari vesicle yang berarti kantung.

Daftar Pustaka

- Anonim. (2005). *Human Physiology*. [http:// www. Biology. Eku.edu/RITCHISO/301 notes1.html](http://www.Biology.Eku.edu/RITCHISO/301%20notes1.html). [5 Maret 2005].
- Farabee, M.J. (2001). *Transport in and out of Cells*. [http://www.emc.maricopa. Edu/faculty/farabee/BIOBK/Biobooktransp.html](http://www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/BIOBK/Biobooktransp.html). [5 Maret 2005].
- Giese, A.C. (1979). *Cell Physiology*. 5th ed. Tokyo: W.B. Saunder Co.
- Nielsen, K.S. (1994). *Animal Physiology: Adaptation and Environment*. 4th ed. New York: Cambridge University Press.
- Wilson, J. A. (1979). *Principles of Animal Physiology*. New York: Macmillan Publ. Co, Inc.
- Wulangi, K.S. (1993). *Prinsip-prinsip Fisiologi Hewan*. Jakarta: Depdibud.
- Winatasmita, Dj. (1994). *Fisiologi Hewan dan Tumbuhan*. Jakarta: Universitas Terbuka.