



BIOLOGI

SEL II

Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, kamu diharapkan memiliki kemampuan berikut.

1. Memahami tentang retikulum endoplasma, badan Golgi, ribosom, dan lisosom.
2. Memahami tentang vakuola, peroksisom, dan glioksisom.
3. Memahami tentang sentriol dan sitoskeleton.
4. Memahami tentang sistem endomembran dan transportasi antarsel.
5. Memahami perbedaan antara sel hewan dan sel tumbuhan.

A. Retikulum Endoplasma (RE)

Retikulum endoplasma pertama kali diteliti oleh seorang ilmuwan Italia yang bernama **Emilio Veratti** pada tahun 1902. Penelitian lebih lanjut dilakukan oleh **Keith Porter** pada tahun 1953. Porter merupakan orang yang berjasa dalam pemberian nama organel ini. Retikulum berasal dari kata *reticular* yang berarti anyaman benang atau jala. Oleh karena strukturnya seperti anyaman dan sebagian besar terdapat dalam endoplasma, maka dinamakanlah retikulum endoplasma.

Retikulum endoplasma merupakan organel berbentuk ruangan-ruangan ber dinding membran yang saling berhubungan membentuk suatu anyaman. Dalam pengamatan mikroskop, retikulum endoplasma tampak seperti saluran berkelok-kelok dan jala yang berongga-rongga. Retikulum endoplasma meliputi lebih dari separuh total membran di dalam sel yang tersusun dari jaring-jaring tubula dan gelembung membran sisterna. Saluran-saluran pada retikulum endoplasma berfungsi untuk membantu gerakan substansi-substansi dari satu bagian sel ke bagian sel lainnya.

1. Fungsi Retikulum Endoplasma

Fungsi utama retikulum endoplasma adalah sebagai berikut.

- a. Bertanggung jawab dalam transportasi protein dan karbohidrat untuk organel lain yang meliputi lisosom, badan Golgi, membran plasma, dan sebagainya.
- b. Sebagai tempat penyimpanan kalsium. Jika sel berkontraksi, kalsium akan dikeluarkan oleh RE menuju sitosol.
- c. Menyediakan luas permukaan yang dapat meningkat untuk reaksi seluler.
- d. Membantu dalam pembentukan membran nukleus selama pembelahan sel.
- e. Memainkan peran penting dalam sintesis protein, lipid, glikogen, serta steroid seperti kolesterol, progesteron, testosteron, dan sebagainya.
- f. Menetralkan racun (detoksifikasi) khususnya untuk RE yang ada di dalam sel-sel hati.

2. Komponen dan Struktur Retikulum Endoplasma

Pada awal penemuannya, retikulum endoplasma belum diketahui susunan kimiawinya. Namun, dengan menggunakan teknik *ultrasentrifugasi differentielle* yang mampu memisahkan membran RE menjadi vesikula-vesikula kecil, telah diketahui bahwa membran RE mengandung berbagai macam zat seperti berikut.

- a. Protein dan lemak dengan jumlah 30% hingga 50%.
- b. Sisanya berupa enzim tertentu yang diperlukan saat sintesis protein, metabolisme lemak, maupun detoksifikasi.

Retikulum endoplasma terdiri atas ruangan-ruangan kosong yang ditutupi membran dengan ketebalan 4 nm. Membran ini berhubungan langsung dengan selimut nukleus atau *nuclear envelope*. Ruang yang menjadi bagian dari retikulum endoplasma disebut **lumen**. Membran retikulum endoplasma memiliki struktur yang tidak berbeda dengan struktur membran sel, yaitu terdiri atas dua lapisan lipid.

3. Jenis Retikulum Endoplasma

Ada tiga jenis retikulum endoplasma, yaitu retikulum endoplasma kasar, retikulum endoplasma halus, dan retikulum endoplasma sarkoplasmik.

- a. Retikulum Endoplasma Kasar (REK)

Pada permukaan retikulum endoplasma kasar, terdapat bintik-bintik yang merupakan ribosom. Ribosom yang menempel pada retikulum endoplasma kasar ini tersusun

dalam kelompok-kelompok yang kadang-kadang terlihat seperti lukisan melingkar-lingkar. Bagian dari ribosom yang menempel pada membran vesikel retikulum endoplasma adalah subunit besar, sedangkan subunit kecilnya bebas. Oleh karena ribosom merupakan tempat sintesis protein, maka fungsi utama dari retikulum endoplasma kasar adalah sebagai tempat sintesis protein.

Setelah sintesis protein selesai, benang polipeptida yang dihasilkan akan disimpan dalam ruangan retikulum endoplasma melalui lubang-lubang yang terdapat pada membran retikulum endoplasma. Dalam saluran ini, protein mungkin diubah oleh enzim yang berada di permukaan dalam membran retikulum endoplasma. Apabila protein telah mencapai ujung retikulum endoplasma, protein tersebut akan disimpan dalam membran kecil yang mengandung kantong (vesikula). Vesikula ini dibentuk dari irisan retikulum endoplasma halus yang berhubungan dengan retikulum endoplasma kasar. Protein yang disintesis pada ribosom yang melekat pada retikulum endoplasma biasanya ditujukan untuk luar sel.

Retikulum endoplasma kasar banyak ditemukan dalam sel-sel kelenjar, terutama pada sel-sel kelenjar yang sedang aktif mensintesis sekretnya. Sel-sel jenis lain yang bukan tergolong sel kelenjar, misalnya fibroblas, osteoblas, sel saraf, juga memiliki retikulum endoplasma kasar, karena sel-sel tersebut juga mensintesis protein yang sesuai dengan fungsinya.

Pada retikulum endoplasma kasar, masing-masing ruangan memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda-beda. Berdasarkan bentuk dan ukurannya, ruangan pada retikulum endoplasma kasar dibedakan menjadi tiga, yaitu sisterna, tubulus, dan vesikula.

- 1.) **Sisterna** adalah ruangan yang bentuknya gepeng. Ruangan ini kadang-kadang tersusun berlapis-lapis dan saling berhubungan.
- 2.) **Tubulus** adalah ruangan yang bentuknya seperti pipa-pipa kecil yang saling berhubungan.
- 3.) **Vesikula** adalah ruangan yang bentuknya seperti gelembung-gelembung kecil berlapis. Ruangan ini biasanya disebut sebagai kantong-kantong kecil.

b. Retikulum Endoplasma Halus (REH)

Berbeda dengan retikulum endoplasma kasar, retikulum endoplasma halus tidak memiliki bintik-bintik ribosom. Selain itu, sebagian besar ruangan retikulum endoplasma halus berbentuk tubulus yang saling berlawanan dan terdapat enzim-enzim di permukaannya. Adakalanya, dapat diamati bahwa retikulum endoplasma halus saling berhubungan dengan retikulum endoplasma kasar.

Retikulum endoplasma halus berperan dalam proses sintesis lipid (fosfolipid dan sterol), metabolisme karbohidrat dan kalsium, menetralkan racun, serta tempat

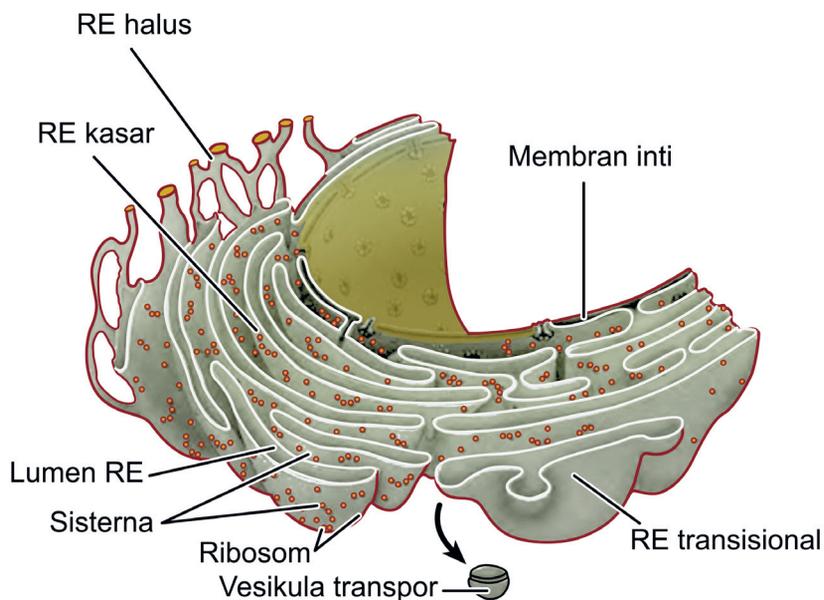
melekatnya reseptor pada protein membran sel. Jalur yang dibuka oleh retikulum endoplasma halus adalah jalur nutrisi dan mineral yang berhubungan dengan mitokondria, tempat glikogen, dan juga peroksisom.

Retikulum endoplasma halus ditemukan berlimpah dalam sel-sel dari organ reproduksi seperti ovarium yang memproduksi hormon steroid (estrogen dan testosteron), sel otot, dan sel hati. Dalam beberapa jenis sel otot, retikulum endoplasma halus berfungsi menyimpan ion kalsium. Sementara di dalam sel-sel hati, retikulum endoplasma halus mengandung enzim-enzim detoksifikasi yang dapat menonaktifkan racun berbahaya, seperti obat-obatan dan sisa metabolisme.

c. Retikulum Endoplasma Sarkoplasmik

Retikulum endoplasma sarkoplasmik adalah jenis khusus dari retikulum endoplasma halus. Retikulum endoplasma sarkoplasmik ditemukan pada otot polos dan otot lurik. Perbedaan antara retikulum endoplasma sarkoplasmik dan retikulum endoplasma halus terletak pada kandungan protein dan fungsinya. Retikulum endoplasma halus berfungsi mensintesis molekul, sedangkan retikulum endoplasma sarkoplasmik berfungsi menyimpan dan memompa ion kalsium. Retikulum endoplasma sarkoplasmik juga berperan dalam memicu kontraksi otot.

Berikut ini adalah gambar struktur retikulum endoplasma.



Gambar 1. Struktur retikulum endoplasma

B. Badan Golgi

Badan Golgi merupakan organel yang berbentuk kantong pipih. Organel ini ditemukan pertama kali oleh **Camillo Golgi** pada tahun 1898 di dalam sel-sel kelenjar. Organel ini terdapat hampir di semua sel eukariotik. Setiap sel hewan memiliki 10 sampai 20 badan Golgi, sedangkan sel tumbuhan memiliki beberapa ratus badan Golgi. Badan Golgi pada sel tumbuhan disebut **diktiosom**.

Badan Golgi tersusun atas 5 hingga 20 kantong pipih. Biasanya, badan Golgi terdapat di sel-sel sekretori seperti di pankreas. Badan Golgi memiliki jumlah yang bervariasi menurut tipe, fungsi, serta tahap pertumbuhan sel. Sebagai contoh, saat pembentukan dinding sel baru, sel tumbuhan mungkin saja mempunyai banyak badan Golgi, terlebih di daerah sekitar dinding sel. Badan Golgi dapat menghasilkan vesikel-vesikel yang mengandung berbagai macam materi penyusun dinding sel. Hal yang sama juga terjadi pada sel-sel hewan, misalnya saat pembentukan hormon. Masing-masing sel dapat mempunyai ribuan badan Golgi.

1. Fungsi Badan Golgi

Badan Golgi memiliki beberapa fungsi, di antaranya adalah sebagai berikut.

- a. Membentuk kantong-kantong (vesikula) untuk sekresi, terutama pada sel-sel kelenjar. Kantong-kantong tersebut berisi enzim dan bahan-bahan lain.
- b. Membentuk membran plasma. Kantong-kantong (vesikula) yang dilepaskan dapat menjadi bagian dari membran plasma.
- c. Membentuk dinding sel tumbuhan.
- d. Membentuk akrosom pada spermatozoa yang berisi enzim untuk memecah dinding sel telur.
- e. Membentuk lisosom.
- f. Sebagai tempat untuk memodifikasi protein.
- g. Sebagai tempat untuk menyortir dan memaket molekul-molekul yang berfungsi untuk sekresi sel.

2. Struktur Badan Golgi

Badan Golgi mempunyai struktur berupa berkas kantong berbentuk seperti cakram yang bercabang menjadi serangkaian pembuluh yang sangat kecil di ujungnya. Badan Golgi dibangun oleh membran yang berbentuk sisterna, tubulus, dan vesikula. Sisterna membentuk pembuluh-pembuluh halus (tubulus). Dari tubulus dilepaskan kantong-kantong kecil yang berisi bahan-bahan yang diperlukan seperti enzim-enzim atau pembentuk dinding sel.

Badan Golgi hampir sama dengan retikulum endoplasma. Perbedaannya, badan Golgi terdiri atas berlapis-lapis ruangan yang ditutupi oleh membran. Badan Golgi mempunyai dua bagian, yaitu **bagian cis** dan **bagian trans**. Bagian cis menerima vesikel yang biasanya berasal dari retikulum endoplasma kasar. Sementara itu, bagian trans merupakan lanjutan dari bagian cis yang akan membantu membentuk vesikel-vesikel, berperan dalam proses pemecahan, dan membantu menyiapkan penyaluran ke bagian sel lainnya.

Di sekeliling badan Golgi yang berbentuk seperti kantong, terdapat gelembung-gelembung. Ada tiga macam gelembung di sekitar badan Golgi, yaitu sakula, vesikel sekretoris, dan mikrovesikel atau vesikel transfer.

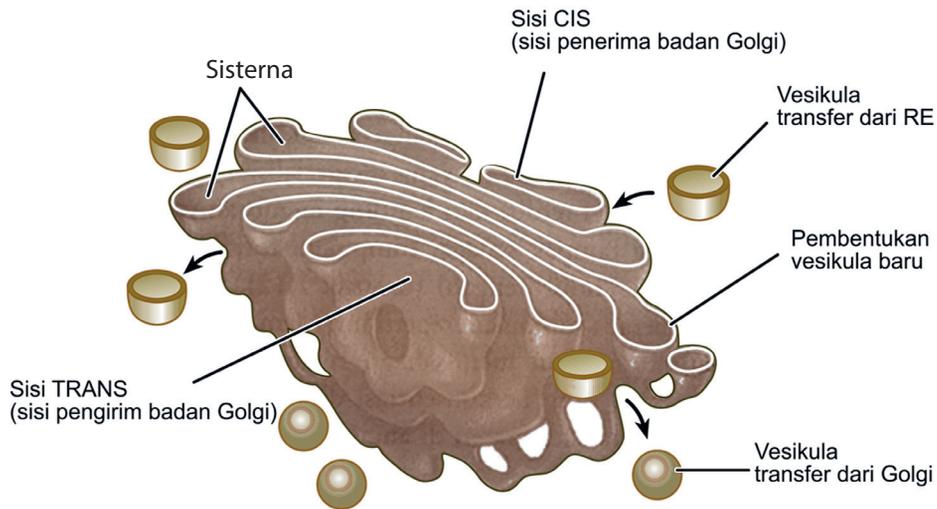
- a. **Sakula** adalah gelembung berbentuk gepeng seperti cakram yang tersusun bertumpuk-tumpuk dengan masing-masing cakram dipisahkan oleh celah sempit. Sakula memiliki permukaan yang tidak sama, yaitu permukaan yang satu berbentuk cembung dan permukaan lainnya berbentuk cekung.
- b. **Vesikel sekretoris** adalah gelembung yang merupakan bagian dari sakula. Gelembung ini dapat ditemukan pada bagian tepi.
- c. **Mikrovesikel** atau **vesikel transfer** adalah gelembung mikro dengan diameter kurang lebih 40 nm yang dapat bergerak. Gelembung ini berasal dari retikulum endoplasma kasar yang dilepaskan. Mikrovesikel pada akhirnya akan bersatu dengan sakula.

3. Cara Kerja Badan Golgi

Badan Golgi bekerja sama secara erat dengan retikulum endoplasma. Secara singkat, cara kerja badan Golgi dapat dijelaskan sebagai berikut.

- a. Retikulum endoplasma akan mensintesis protein.
- b. Setelah terjadi sintesis protein, akan dibentuk vesikel transfer atau mikrovesikel yang bertugas membawa protein dari retikulum endoplasma ke badan Golgi, tepatnya pada sakula.
- c. Badan Golgi akan membentuk vesikel sekretoris yang berfungsi mengangkut isi sakula ke luar sel.
- d. Di dalam sakula terjadi pepadatan atau kondensasi sebelum diangkut ke dalam vesikula sekretoris.
- e. Setelah itu, vesikula sekretoris akan keluar dari sel melalui membran sel. Proses ini sekaligus memperbaiki kondisi membran sel yang ada.

Berikut ini adalah gambar struktur badan Golgi.



Gambar 2. Struktur badan Golgi

C. Ribosom

Ribosom adalah organel yang berbentuk butiran halus dengan ukuran 17 – 20 μm . Organel ini ditemukan pertama kali oleh ilmuwan Romania yang bernama **George Emil Palade** pada tahun 1950. Untuk kata "ribosom" sendiri pertama kali digunakan pada tahun 1958 oleh **Richard B. Robert**. Ribosom berasal dari bahasa Yunani yaitu *ribo* dari *asam ribonukleat (ribonucleic acid)* dan *som* dari kata *soma* yang berarti badan.

Kandungan ribosom pada sel berbeda-beda. Pada sel yang memiliki laju sintesis protein tinggi, misalnya hati, jumlah ribosom bisa mencapai jutaan buah.

1. Fungsi Ribosom

Ribosom merupakan organel yang menjadi tempat berlangsungnya sintesis protein. Di dalam ribosom juga berlangsung perakitan asam amino-asam amino untuk membentuk protein-protein tertentu.

2. Struktur Ribosom

Ribosom berbeda dari organel lain karena tidak dilindungi oleh membran. Ribosom tersusun dari dua bagian utama, yaitu subunit besar dan subunit kecil. Kedua subunit terdiri atas untai RNA dan protein yang beragam. Keduanya akan datang bersama-sama ketika ribosom siap untuk membuat protein baru.

a. Subunit besar

Subunit besar berisi lokasi ikatan baru yang dibuat saat pembentukan protein. Hal ini disebut dengan “60S” dalam sel eukariotik dan “50S” dalam sel prokariotik.

b. Subunit kecil

Subunit kecil sebenarnya tidak memiliki ukuran yang terlalu kecil, hanya saja lebih kecil dibandingkan dengan subunit besar. Subunit kecil berguna untuk mengalirkan/menyampaikan informasi selama sintesis protein. Hal ini disebut dengan “40S” dalam sel eukariotik dan “50S” dalam sel prokariotik.

Huruf “S” dalam nama subunit adalah satuan ukuran kecepatan pengendapan saat subunit disentrifugasi. Huruf “S” ini diambil dari inisial nama penemunya, yaitu **Sverdberg**.

Struktur ribosom mempertimbangkan fungsi untuk mengumpulkan mRNA dan tRNA pembawa asam amino. Suatu ribosom mempunyai 1 tempat pengikatan mRNA di subunit kecil dan 3 tempat pengikatan tRNA di subunit besar. Ketiga tempat pengikatan tRNA di subunit besar dikenal dengan tempat A (aminosil), P (peptidil), dan E (*exit*).

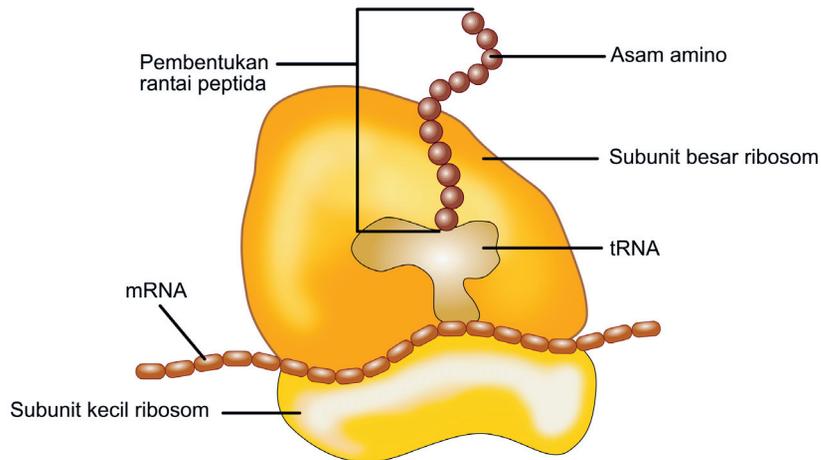
- a. **Tempat A** merupakan tempat pengikatan tRNA dan aminosil. Aminosil biasanya mengikat tRNA pembawa asam amino yang akan ditambahkan pada rantai polipeptida.
- b. **Tempat P** merupakan tempat pengikatan tRNA dan peptidil. Peptidil biasanya mengikat tRNA yang menempel pada rantai polipeptida yang sedang tumbuh.
- c. **Tempat E** merupakan tempat keluarnya tRNA yang tidak mempunyai muatan.

3. Jenis-Jenis Ribosom

Ribosom dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu ribosom bebas dan ribosom terikat.

- a. **Ribosom bebas** adalah ribosom yang tersuspensi di dalam sitosol. Ribosom bebas berperan mensintesis protein yang berfungsi di dalam sitosol, seperti enzim untuk metabolisme.
- b. **Ribosom terikat** adalah ribosom yang melekat pada retikulum endoplasma kasar. Ribosom ini berperan mensintesis protein yang akan dimasukkan ke dalam membran retikulum endoplasma. Selain itu, ribosom ini juga berperan dalam sekresi protein dan pembungkusan pada organel tertentu seperti lisosom.

Berikut ini adalah gambar struktur ribosom.



Gambar 3. Struktur ribosom

D. Lisosom

Lisosom ditemukan oleh **Christian de Duve** pada tahun 1950. **Lisosom** merupakan kantong yang dikelilingi membran tunggal yang digunakan oleh sel untuk mencerna makromolekul. Lisosom ditemukan di dalam sel hewan dan tidak ditemukan di dalam sel tumbuhan.

1. Fungsi Lisosom

Lisosom memiliki beberapa fungsi, di antaranya adalah sebagai berikut.

- Berperan dalam pencernaan intrasel. Sebagai contoh, lisosom pada monosit berfungsi mencerna bakteri yang masuk ke dalam tubuh.
- Berperan dalam proses **fagositosis** dengan cara menelan dan mencerna partikel yang lebih kecil, seperti yang dilakukan oleh organisme uniseluler (*Amoeba*). Pada manusia, sel makrofag memfagositosis bakteri atau kuman penyakit lainnya.
- Menelan dan mendaur ulang organel yang rusak atau disebut **autofag**.
- Merusak sel sendiri dengan cara membebaskan semua isi lisosom atau disebut **autolisis**. Autolisis terjadi pada peristiwa hilangnya ekor katak saat metamorfosis.
- Menghancurkan senyawa karsinogenik.
- Eksositosis dan endositosis.

2. Struktur Lisosom

Lisosom memiliki keanekaragaman morfologi. Lisosom berbentuk agak bulat dan dikelilingi oleh membran tunggal bilayer yang digunakan untuk mencerna makromolekul. Diameter lisosom kira-kira 25 nm – 1 µm. Di dalam lisosom, terdapat kurang lebih 40 jenis enzim hidrolitik asam seperti protease, nuklease, glikosidase, lipase, fosfolipase, fosfatase, ataupun sulfatase. Semua enzim tersebut aktif pada pH 5. Untuk menyediakan pH asam bagi enzim hidrolitik, membran lisosom mempunyai pompa H⁺ yang menggunakan energi dari hidrolisis ATP.

3. Jenis-Jenis Lisosom

Ada dua jenis lisosom yang dikenal sampai saat ini, yaitu lisosom primer dan lisosom sekunder.

- a. **Lisosom primer** merupakan lisosom yang belum digunakan untuk pencernaan/ hidrolisis.
- b. **Lisosom sekunder** merupakan lisosom primer yang telah bekerja dan menyatu dengan membran fagosom.

● SUPER "Solusi Quipper" ●

Untuk mempermudah mengingat jenis-jenis lisosom, gunakan SUPER "Solusi Quipper" berikut.

LISA PRIMADONA SEKOLAH

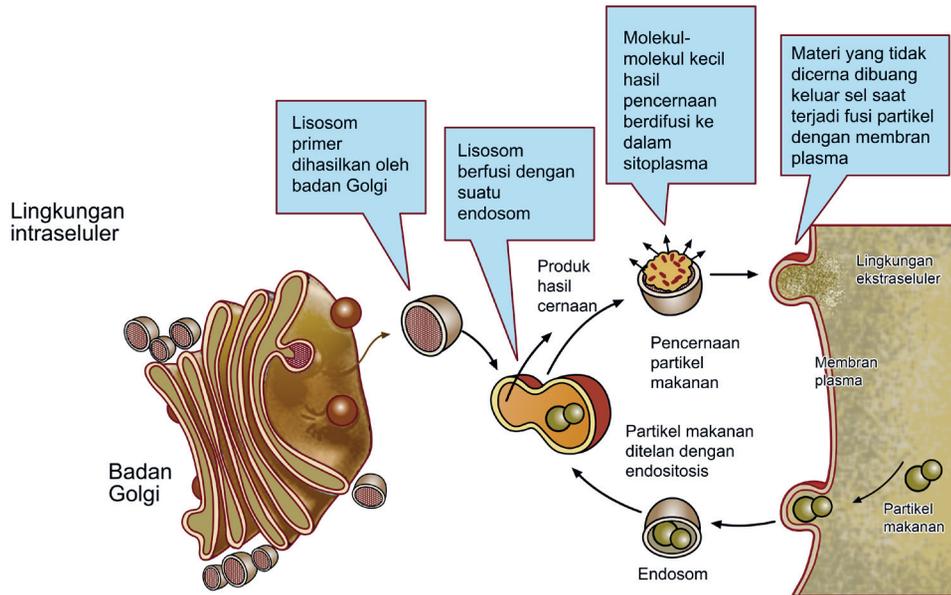
Maksudnya: **Lisosom primer**, lisosom **sekunder**.

4. Proses Pembentukan Lisosom

Lisosom dapat dibentuk melalui dua cara, yaitu sebagai berikut.

- a. Lisosom dibentuk langsung oleh retikulum endoplasma
Enzim lisosom adalah suatu protein yang diproduksi oleh ribosom, kemudian masuk ke dalam retikulum endoplasma. Dari retikulum endoplasma, enzim dimasukkan ke dalam membran kemudian dikeluarkan ke sitoplasma menjadi lisosom.
- b. Lisosom dibentuk oleh badan Golgi
Enzim dimasukkan terlebih dahulu ke dalam badan Golgi. Oleh badan Golgi, enzim kemudian dibungkus membran dan dilepaskan ke sitoplasma menjadi lisosom.

Berikut ini adalah gambar proses pembentukan lisosom.



Gambar 4. Proses pembentukan lisosom

5. Penyakit yang Berkaitan dengan Lisosom

Ada beberapa penyakit yang berkaitan dengan lisosom, di antaranya adalah sebagai berikut.

- Pompe** adalah penyakit yang disebabkan ketiadaan enzim lisosom yang berfungsi memecah polisakarida. Akibatnya, terjadi akumulasi (penimbunan) glikogen yang dapat merusak sel-sel hati.
- Tay-Sachs** adalah penyakit yang dikarenakan enzim pencerna lipid inaktif atau hilang. Akibatnya, terjadi penimbunan lipid yang dapat merusak otak.

▶ Contoh Soal 1

Tujuan dari proses autolisis yang dilakukan oleh lisosom adalah ...

- mencerna zat yang bersifat karsinogenik
- mendaur ulang organel sel yang rusak
- menghilangkan sebagian sel untuk tujuan tertentu
- mencerna benda-benda asing secara intrasel
- membebaskan enzim tertentu

Jawaban: C

Penjelasan:

Autolisis adalah proses perusakan sel oleh lisosom itu sendiri. Tujuan dari proses tersebut adalah menghilangkan sel-sel tertentu dengan tujuan tertentu. Misalnya pada proses metamorfosis katak. Untuk menghilangkan ekor pada berudu, lisosom pada sel-sel ekor merusak sel-selnya sendiri, sehingga ekor berudu menghilang.

 **Contoh Soal 2**

Pernyataan berikut ini yang *tidak benar* mengenai ribosom adalah

- A. tempat berlangsungnya proses sintesis protein
- B. terdiri atas subunit besar dan subunit kecil
- C. tidak dilindungi oleh membran
- D. terdapat bebas di sitosol atau melekat di retikulum endoplasma
- E. tempat bertemunya DNA dan mRNA dalam sintesis protein

Jawaban: E

Penjelasan:

Ribosom merupakan organel yang menjadi tempat berlangsungnya sintesis protein, yaitu tahap translasi. Di tahap ini, terjadi pertemuan antara mRNA yang membawa kode genetik dari inti sel dengan tRNA yang membawa asam amino dari sitosol. Ribosom tidak memiliki membran dan terdiri atas dua bagian, yaitu subunit besar dan subunit kecil. Di dalam sel, ribosom terdapat bebas di sitosol atau melekat di retikulum endoplasma.

E. Vakuola

Vakuola merupakan organel berbentuk kantong besar yang berisi cairan dan diselubungi oleh membran tunggal. Vakuola ditemukan pada semua sel tumbuhan, tetapi tidak ditemukan pada sel hewan dan bakteri, kecuali pada hewan uniseluler tingkat rendah, seperti Protozoa. Bagi tumbuhan, vakuola berperan sangat penting dalam kehidupannya. Hal ini dikarenakan mekanisme pertahanan hidup tumbuhan bergantung pada kemampuan vakuola menjaga konsentrasi zat-zat terlarut di dalamnya.

1. Fungsi Vakuola

Vakuola terutama pada tumbuhan memiliki fungsi sebagai berikut.

- a. Menyimpan gas, senyawa-senyawa organik (alkaloid, protein, dan asam organik), serta ion anorganik (kalium dan klorida).
- b. Sebagai tempat penyimpanan pigmen daun, buah, dan bunga (antosianin), seperti warna kuning, merah, dan ungu.

- c. Menyimpan senyawa beracun atau aroma tak sedap untuk melindungi tumbuhan dari gangguan pemangsa.
- d. Menyerap air sehingga sel menjadi lebih besar.
- e. Sebagai tempat pembuangan akumulasi produk samping hasil metabolisme berbahaya.
- f. Sebagai tempat penyimpanan zat cadangan makanan seperti amilum dan glukosa.
- g. Sebagai tempat penyimpanan minyak atsiri, yaitu golongan minyak yang memberikan bau khas seperti minyak kayu putih.
- h. Mengatur turgiditas sel (tekanan osmotik sel).
- i. Mempertahankan pH internal yang asam.

2. Jenis-Jenis Vakuola

Berdasarkan struktur dan fungsinya, vakuola dibedakan menjadi berikut.

a. Vakuola kontraktile

Vakuola kontraktile berfungsi sebagai *osmoregulator*, yaitu pengatur tekanan osmotik dalam sel. Vakuola ini dimiliki oleh Protozoa seperti *Amoeba* dan *Paramecium*.

b. Vakuola nonkontraktile

Vakuola nonkontraktile berfungsi untuk mencerna makanan. Oleh karena itu, vakuola ini disebut juga vakuola makanan. Vakuola nonkontraktile juga dapat ditemukan pada Protozoa seperti *Paramecium*.

c. Vakuola sentral

Vakuola sentral berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan dan hasil metabolisme. Selain itu, vakuola ini juga berfungsi untuk menjaga tekanan turgor dinding sel. Vakuola sentral terdapat pada sel-sel tumbuhan dan merupakan gabungan dari beberapa vakuola yang lebih kecil.

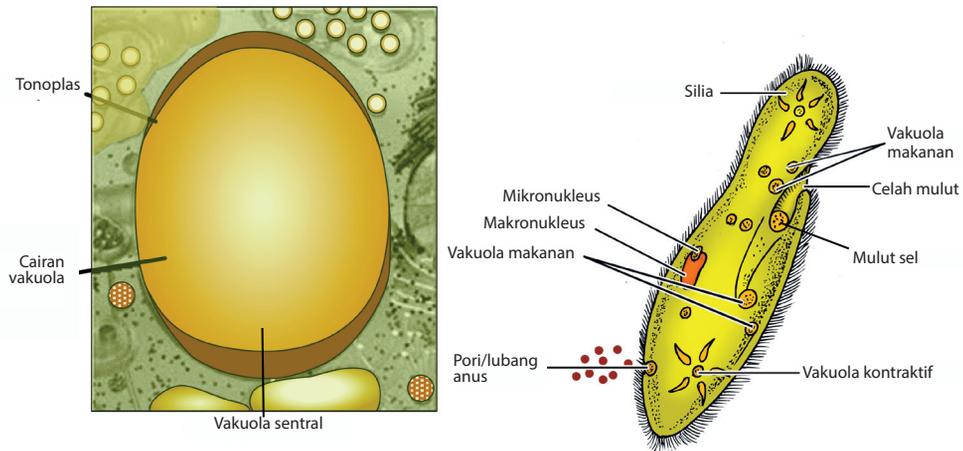
3. Struktur Vakuola

Vakuola diselubungi oleh membran tunggal yang disebut **tonoplas**. Tonoplas berfungsi memisahkan isi vakuola dengan sitosol. Vakuola terbentuk oleh pelipatan membran sel ke arah dalam. Vakuola yang berukuran besar dapat terbentuk karena penggabungan vakuola-vakuola kecil dari retikulum endoplasma maupun badan Golgi.

Cairan di dalam vakuola adalah air yang bercampur zat terlarut seperti enzim, lipid, garam mineral, asam, basa, dan alkaloid. **Alkaloid** adalah senyawa basa yang mengandung nitrogen dengan cincin heterosiklik. Alkaloid banyak ditemukan pada sel tumbuhan, misalnya nikotin pada daun tembakau atau piperin pada daun sirih. Selain itu, vakuola juga berisi asam organik, asam amino, glukosa, dan gas.

Pada sel daun dewasa, vakuola mendominasi sebagian besar ruang sel. Akibatnya, seringkali sel terlihat sebagai ruang kosong karena sitosol terdesak ke bagian tepi sel.

Berikut ini adalah gambar struktur vakuola pada sel tumbuhan dan sel *Paramecium*.



Gambar 5. (a) Sel tumbuhan (b) sel *Paramecium*

F. Peroksisom

Peroksisom pertama kali ditemukan di dalam sel-sel hati oleh **De Duve** dan kawan-kawannya pada tahun 1965. Organel ini berukuran kecil, sehingga sering disebut **mikrobodi**. Peroksisom ditemukan pada sel hewan, sel tumbuhan tertentu, maupun sel ragi. Pada organisme yang sama, peroksisom memiliki bentuk yang bervariasi. Di dalam peroksisom, ditemukan beberapa macam enzim oksidase dan enzim katalase.

Enzim oksidase berfungsi memindahkan hidrogen dari suatu substrat agar dapat bereaksi dengan oksigen membentuk hidrogen peroksida (H_2O_2) sebagai produk sampingan. Hidrogen peroksida yang terbentuk bersifat racun. Oleh karena itu, akan diubah oleh enzim katalase yang juga dihasilkan oleh peroksisom menjadi air dan oksigen. Enzim katalase merupakan enzim paling khas yang dihasilkan oleh peroksisom.

1. Fungsi Peroksisom

Peroksisom memiliki beberapa fungsi, di antaranya adalah sebagai berikut.

- a. Menghasilkan enzim oksidase dan katalase.
- b. Memecah asam lemak menjadi molekul-molekul kecil yang dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk respirasi sel.
- c. Di dalam sel hati, peroksisom berfungsi untuk menetralkan racun alkohol dan senyawa berbahaya lainnya.

- d. Pada tumbuhan, peroksisom yang terdapat pada daun berfungsi untuk mengkatalisis produk samping dari reaksi pengikatan CO_2 pada karbohidrat, yang disebut **fotorespirasi**.

2. Struktur Peroksisom

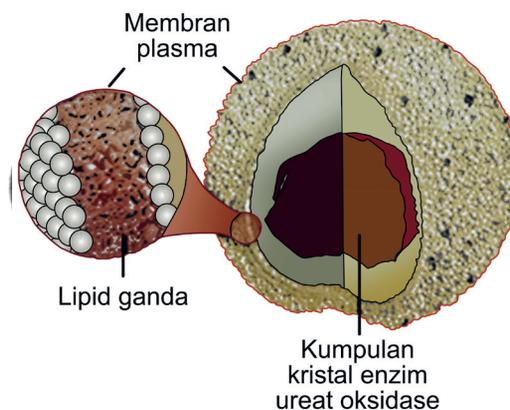
Peroksisom merupakan organel yang menyerupai kantong berbentuk agak bulat, dengan diameter kurang lebih $0,5\text{--}0,7\ \mu\text{m}$. Peroksisom mengandung butiran kristal dan diselubungi membran tunggal berupa lipid ganda. Peroksisom memiliki kemampuan untuk membelah diri, sehingga dapat membentuk peroksisom anak. Akan tetapi, peroksisom tidak memiliki DNA dan ribosom, sehingga tidak dapat mensintesis proteinnya sendiri. Oleh karena itu, dilakukan impor protein melalui membran.

Peroksisom terbentuk dan tumbuh melalui penggabungan protein dan lipid di dalam sitosol. Setelah mencapai ukuran tertentu, peroksisom akan membelah untuk memperbanyak diri. Pada sel hewan, peroksisom banyak ditemukan di dalam sel hati dan ginjal. Sementara pada sel tumbuhan, peroksisom dapat ditemukan di dekat kloroplas dan mitokondria pada sel-sel daun.

3. Penyakit yang Berkaitan dengan Peroksisom

Sindrom Zellweger merupakan penyakit genetik yang disebabkan oleh adanya mutasi pada gen pengkode protein integral yang terdapat dalam membran peroksisom. Akibat sindrom ini, peroksisom tidak dapat melakukan impor protein sehingga terjadi abnormalitas pada otak, hati, dan ginjal. Sindrom Zellweger juga dapat menyebabkan komplikasi pneumonia dan gangguan pernapasan, serta dapat menyebabkan kematian setelah enam bulan kelahiran.

Berikut ini adalah gambar struktur peroksisom.



Gambar 6. Struktur peroksisom

G. Glioksisom

Glioksisom pertama kali ditemukan oleh **Harry Beevers** dan **Hans Kornberg**. **Glioksisom** adalah sejenis peroksisom yang ditemukan pada jaringan penyimpan lemak dari biji tumbuhan. Glioksisom berfungsi untuk menghasilkan enzim yang dapat mengubah asam lemak menjadi gula. Gula ini akan digunakan sebagai sumber energi dan sumber karbon saat biji sedang berkecambah, sampai biji tersebut dapat menghasilkan gulanya sendiri melalui fotosintesis.

1. Fungsi Glioksisom

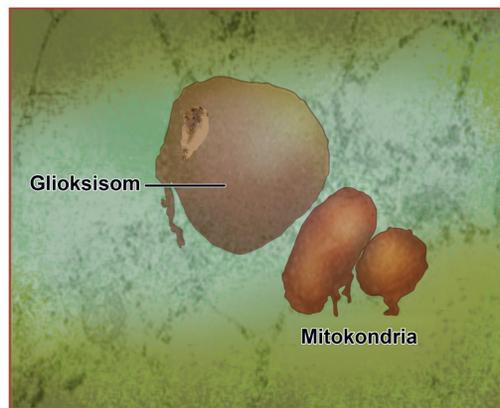
Fungsi glioksisom adalah sebagai berikut.

- Mengontrol dan mengkatalisis dekomposisi senyawa secara bertahap.
- Sebagai tempat metabolisme asam lemak.
- Sebagai tempat berlangsungnya siklus glioksilat.

2. Struktur Glioksisom

Glioksisom merupakan badan mikro yang berbentuk bulat dan dibatasi oleh membran tunggal. Glioksisom memiliki diameter antara 0,5–1,0 μm . Glioksisom hanya terdapat pada sel tumbuhan, misalnya pada lapisan aleuron biji padi-padian. Glioksisom mengandung enzim dari siklus glioksilat.

Berikut ini adalah gambar struktur dari glioksisom.



Gambar 7. Struktur glioksisom

Contoh Soal 3

Fungsi vakuola pada sel tumbuhan adalah

- A. untuk metabolisme sel
- B. untuk mengendalikan seluruh kegiatan sel
- C. untuk menjaga tekanan osmotik sel
- D. sebagai tempat sintesis protein
- E. untuk sekresi lemak dan protein

Jawaban: C

Penjelasan:

Vakuola pada sel tumbuhan memiliki fungsi sebagai berikut.

- Mengatur turgiditas sel (tekanan osmotik sel).
- Sebagai tempat penyimpanan pigmen daun, buah, dan bunga (antosianin), seperti warna kuning, merah, dan ungu.
- Sebagai tempat pembuangan akumulasi produk samping hasil metabolisme berbahaya.
- Sebagai tempat penyimpanan zat cadangan makanan seperti amilum dan glukosa.
- Mempertahankan pH internal yang asam.
- Menyimpan senyawa beracun atau aroma tak sedap untuk melindungi tumbuhan dari gangguan pemangsa.

Jadi, fungsi vakuola pada sel tumbuhan adalah untuk menjaga tekanan osmotik sel.

 **Contoh Soal 4**

Peroksisom banyak ditemukan di dalam sel-sel hati. Fungsi peroksisom ini berkaitan erat dengan fungsi hati, yaitu

- A. merombak eritrosit tua
- B. menghasilkan empedu
- C. menetralkan racun
- D. menyimpan glikogen
- E. membentuk vitamin A

Jawaban: C

Penjelasan:

Peroksisom berfungsi untuk menguraikan senyawa hidrogen peroksida (H_2O_2). Hidrogen peroksida adalah senyawa yang bersifat racun bagi tubuh. Oleh karena itu, harus diubah menjadi senyawa yang tidak berbahaya, yaitu H_2O dan O_2 . Fungsi peroksisom ini berkaitan erat dengan fungsi hati, yaitu menetralkan racun.

H. Sentriol

Sentriol adalah organel berbentuk silinder yang terdiri atas tubulin. Sentriol ditemukan pada sel hewan dan sel tumbuhan tingkat rendah. Sentriol terlibat dalam pembelahan sel serta pembentukan silia dan flagela. Sepasang sentriol yang teratur secara sejajar dan dikelilingi oleh sejumlah materi padat (*pericentriolar material* atau PCM) dapat membentuk struktur gabungan yang disebut **sentrosom**.

Sentriol pertama kali diteliti oleh **Edouard van Beneden** dan **Theodor Boveri**, masing-masing pada tahun 1883 dan 1888. Sementara itu, pola sentriol ketika melakukan duplikasi pertama kali diteliti oleh **Etienne de Haven** dan **Joseph G Gall** pada tahun 1950.

1. Fungsi Sentriol

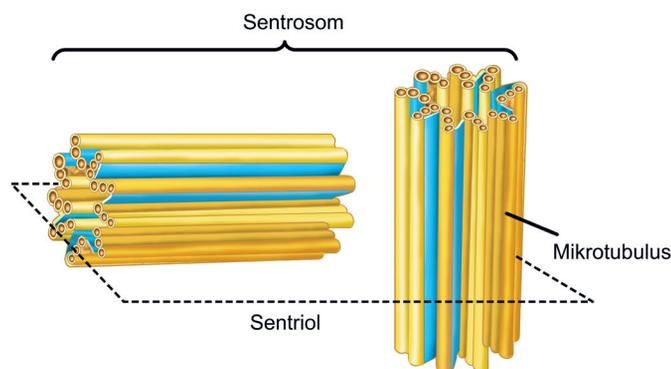
Sentriol memiliki beberapa fungsi, di antaranya adalah sebagai berikut.

- Menyelesaikan proses sitokinesis.
- Mengorganisir spindle mitosis.
- Berperan dalam pembentukan silia dan flagel.
- Berperan dalam penataan ruang sel. Penataan ruang sel dipengaruhi oleh sentriol karena posisi inti sel ditentukan oleh posisi sentriol.

2. Struktur Sentriol

Pada umumnya, sentriol terdiri atas 9 pasang triplet mikrotubulus yang membentuk silinder. Sentriol dapat bereplikasi dan membentuk benang-benang spindle yang akan mengikat serta menarik kromatid ke arah kutub yang berlawanan. Hal ini terjadi pada anafase saat pembelahan sel secara mitosis maupun meiosis.

Berikut ini adalah gambar struktur sentriol.



Gambar 8. Struktur sentriol

I. Sitoskeleton

Sitoskeleton merupakan kerangka sel yang kuat dan lentur, yaitu berupa jalinan serabut yang tersebar di seluruh sitoplasma. Sitoskeleton berfungsi untuk menyokong dan mempertahankan bentuk sel, serta berperan sebagai tempat tertambatnya beberapa organel sel. Sitoskeleton dapat dibongkar di suatu bagian sel dan dapat dirakit kembali di bagian sel lainnya. Akibat pembongkaran dan perakitan sel ini, akan terjadi perubahan bentuk sel.

1. Fungsi Sitoskeleton

Sitoskeleton memiliki beberapa fungsi, di antaranya adalah sebagai berikut.

- a. Memberi kekuatan mekanik pada sel.
- b. Sebagai kerangka sel.
- c. Membantu gerakan substansi dari satu bagian sel ke bagian sel yang lain.

2. Struktur Sitoskeleton

Sitoskeleton tersusun dari tiga jenis serabut yang berbeda, yaitu mikrotubulus, mikrofilamen (filamen aktin), dan filamen intermediet (filamen antara).

a. Mikrotubulus

Mikrotubulus memiliki bentuk seperti silinder yang berongga, dengan diameter 25 nm dan panjang 200 nm – 25 μm . Mikrotubulus terbentuk dari protein globular tubulin. Mikrotubulus memiliki beberapa fungsi, di antaranya adalah sebagai berikut.

- 1.) Memberi bentuk sel.
- 2.) Berperan terhadap pemisahan kromosom ke arah kutub yang berlawanan saat pembelahan sel.
- 3.) Sebagai jalur pergerakan organel yang memiliki molekul motor, seperti vesikula sekretoris dari badan Golgi yang bergerak ke membran sel.

b. Mikrofilamen (filamen aktin)

Mikrofilamen atau filamen aktin memiliki bentuk padat dengan diameter 7 nm. Mikrofilamen terdiri atas rantai ganda dari subunit aktin yang terlilit. Aktin merupakan suatu protein globular. Mikrofilamen memiliki beberapa fungsi, yaitu sebagai berikut.

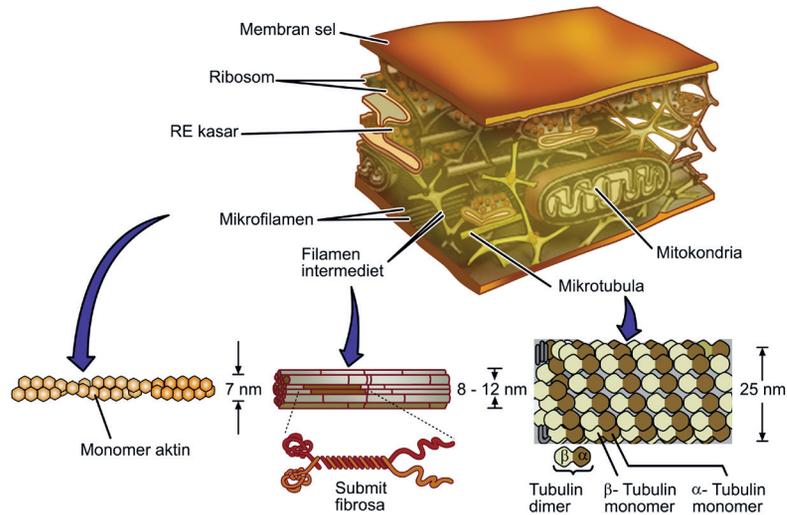
- 1.) Bergabung dengan protein lain membentuk jalinan tiga dimensi yang menyokong bentuk sel.
- 2.) Membentuk susunan sejajar berselang-seling dengan filamen miosin yang lebih tebal untuk kontraksi sel-sel otot. Kontraksi otot terjadi akibat aktin dan miosin saling meluncur melewati satu sama lain, sehingga sel akan lebih pendek.

- 3.) Mengatur motilitas sel atau pergerakan amuboid pada pseudopodia.
 - 4.) Membentuk inti mikrovili, yaitu penonjolan halus yang memperluas permukaan sel.
 - 5.) Membentuk alur pembelahan sel.
 - 6.) Pada sel tumbuhan, interaksi aktin dan miosin serta perubahan dari fase sol ke gel menyebabkan aliran sitoplasma di dalam sel.
- c. Filamen intermediet

Filamen intermediet adalah rantai molekul protein berbentuk untaian yang saling melilit seperti kabel, dengan diameter 8 – 12 nm. Filamen ini disebut intermediet karena berukuran di antara mikrotubulus dan mikrofilamen. Filamen intermediet tersusun dari subunit protein fimetin atau protein keratin dan bersifat lebih permanen. Filamen intermediet memiliki beberapa fungsi, yaitu sebagai berikut.

- 1.) Memperkuat bentuk sel.
- 2.) Sebagai tempat bertautnya inti sel.
- 3.) Menjaga kestabilan posisi organel tertentu.
- 4.) Membentuk lamina yang melapisi bagian dalam selubung inti sel.

Berikut ini adalah gambar struktur sitoskeleton.



Gambar 9. Struktur sitoskeleton

▶ Contoh Soal 5

Berikut ini merupakan pernyataan-pernyataan yang berhubungan dengan fungsi mikrofilamen, *kecuali*

- A. protein utama dari otot
- B. terlibat dalam pergerakan sel
- C. komponen penyusun sitoskeleton
- D. bertindak dalam kontraksi otot
- E. terlibat dalam peristiwa endositosis dan eksositosis

Jawaban: E

Penjelasan:

Mikrofilamen tidak terlibat dalam peristiwa endositosis dan eksositosis. Endositosis dan eksositosis adalah proses pengangkutan aktif suatu zat dari sel atau ke dalam sel melalui membran sel. Mikrofilamen merupakan salah satu komponen penyusun sitoskeleton, bersama dengan filamen intermediet dan mikrotubulus. Selain sebagai penyusun sitoskeleton, mikrofilamen bersama-sama dengan protein aktin merupakan protein utama dari otot yang berperan dalam kontraksi otot. Mikrofilamen juga mengatur motilitas sel atau pergerakan amuboid pada pseudopodia.

 **Contoh Soal 6**

Sentriol berperan penting dalam proses pembelahan sel hewan, tetapi tidak pada sel tumbuhan tingkat tinggi. Hal ini dikarenakan

- A. sel hewan lebih mudah membelah daripada sel tumbuhan tingkat tinggi
- B. sel hewan berukuran lebih besar daripada sel tumbuhan tingkat tinggi
- C. sel hewan lebih cepat rusak dibandingkan dengan sel tumbuhan tingkat tinggi
- D. sel hewan memiliki bentuk yang tidak tetap, sedangkan sel tumbuhan tingkat tinggi bentuknya tetap
- E. sel hewan tidak memiliki vakuola, sedangkan sel tumbuhan tingkat tinggi memiliki vakuola

Jawaban: D

Penjelasan:

Sel hewan memiliki bentuk yang tidak tetap karena tidak memiliki dinding sel. Hal ini menyebabkan proses pembelahan sel menjadi lebih sulit. Dengan adanya sentriol yang mengelilingi sitoplasma, sel hewan dapat membelah. Pada sel tumbuhan tingkat tinggi, adanya dinding sel menyebabkan bentuk sel menjadi teratur, sehingga proses pembelahan menjadi lebih mudah. Oleh sebab itu, sel tumbuhan tingkat tinggi tidak memerlukan sentriol.

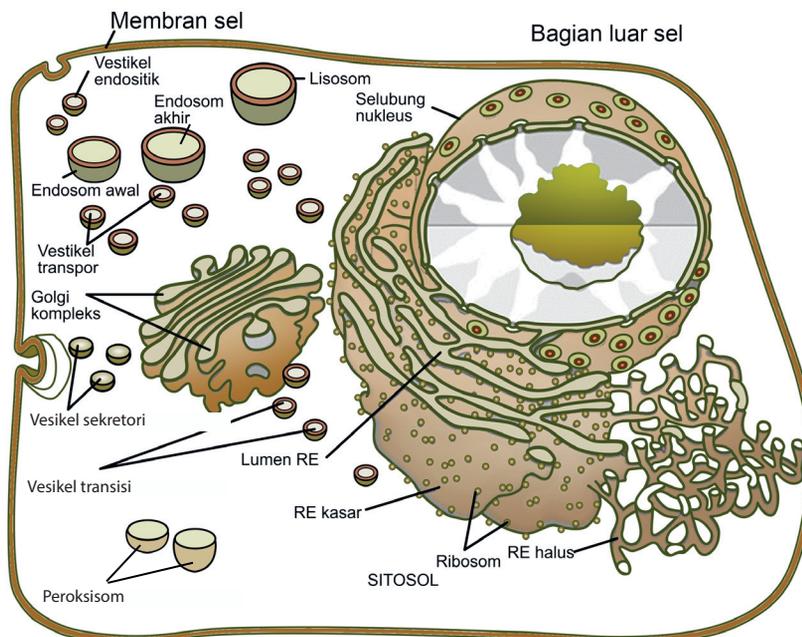
J. Sistem Endomembran

Sistem endomembran adalah kumpulan berbagai jenis membran dari organel-organel yang saling berhubungan. Hubungan organel-organel ini dapat melalui sambungan fisik secara langsung atau melalui transfer segmen-segmen membran yang berupa vesikula-vesikula. Sistem endomembran meliputi selubung inti sel, retikulum endoplasma, badan Golgi, lisosom, dan vakuola. Sistem ini memiliki beberapa fungsi, yaitu sintesis dan modifikasi protein, transpor protein ke membran dan organel atau ke luar sel, sintesis lipid, serta penetralan beberapa jenis racun.

Mekanisme sistem endomembran adalah sebagai berikut.

- Selubung inti sel bersinggungan dengan retikulum endoplasma kasar dan retikulum endoplasma halus.
- Retikulum endoplasma menghasilkan membran berbentuk vesikula transfer yang akan bergerak menuju badan Golgi.
- Di dalam badan Golgi atau di dalam organel lainnya, terjadi modifikasi struktur molekuler vesikula. Selanjutnya, badan Golgi melepas vesikula-vesikula yang menghasilkan lisosom dan vakuola.
- Vesikula-vesikula yang dihasilkan oleh retikulum endoplasma dapat bergabung untuk memperluas membran plasma. Selain itu, juga dapat menghasilkan protein sekretori atau produk lain ke luar sel.

Berikut ini adalah gambar sistem endomembran.



Gambar 10. Struktur endomembran

K. Transportasi Antarsel

Membran sel berfungsi mengatur gerakan materi atau transportasi dari dan keluar sel. Membran sel memiliki sifat semipermeabel atau selektif permeabel. Membran sel dikatakan bersifat semipermeabel karena hanya dapat dilewati oleh zat cair berupa air yang masuk ke dalam tubuh. Sementara itu, membran sel bersifat selektif permeabel karena hanya dapat dilalui oleh zat-zat atau ion-ion tertentu saja. Transpor zat melalui membran sel memiliki beberapa tujuan, yaitu sebagai berikut.

1. Memasukkan gula, asam amino, dan nutrisi lain yang diperlukan oleh sel.
2. Memasukkan oksigen dan mengeluarkan karbon dioksida.
3. Mengatur konsentrasi ion anorganik di dalam sel, misalnya ion K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , dan Cl^- .
4. Membuang sisa-sisa metabolisme yang bersifat racun.
5. Menjaga kestabilan pH.
6. Menjaga konsentrasi suatu zat untuk mendukung kerja enzim.

Transpor melalui membran sel dapat dibedakan menjadi dua, yaitu transpor pasif dan transpor aktif.

1. Transpor Pasif

Transpor pasif adalah transpor yang tidak memerlukan energi. Transpor ini berlangsung akibat adanya perbedaan konsentrasi antara zat atau larutan yang akan berpindah dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah. Ada tiga macam transpor pasif, yaitu difusi, difusi terbantu, dan osmosis.

a. Difusi

Difusi atau **difusi sederhana** adalah perpindahan zat (padat, cair, atau gas) dengan atau tanpa melewati membran, dari daerah yang konsentrasinya tinggi (hipertonis) ke daerah yang konsentrasinya rendah (hipotonis). Akibat perpindahan ini, konsentrasi zat menjadi sama (isotonis). Difusi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu sebagai berikut.

- 1.) Ukuran molekul yang meresap
Molekul yang berukuran besar akan lebih lambat melewati membran daripada molekul yang berukuran kecil.
- 2.) Suhu
Kenaikan suhu akan mempercepat gerakan molekul, sehingga laju difusi semakin cepat.
- 3.) Konsentrasi zat
Semakin besar gradien konsentrasi antara dua zat, semakin cepat laju difusinya.

4.) Wujud materi

Zat padat akan lebih lambat dalam proses difusi dibandingkan zat cair dan gas.

Contoh peristiwa difusi adalah difusi O_2 pada hewan bersel satu. Difusi dapat terjadi karena konsentrasi O_2 di udara lebih tinggi daripada konsentrasi O_2 di dalam sel.

b. Difusi terbantu

Difusi terbantu adalah difusi yang memerlukan bantuan protein spesifik dalam bentuk saluran protein dan protein transpor. Sebagai contoh, bakteri *Escherichia coli* akan menurun metabolismentya jika dipindahkan ke dalam medium laktosa. Hal ini dikarenakan laktosa tidak dapat melalui membran sel. Akan tetapi, beberapa saat kemudian, laktosa dapat melewati membran sel dengan bantuan enzim permease. Mekanisme difusi terbantu adalah sebagai berikut.

1.) Difusi terbantu oleh saluran protein

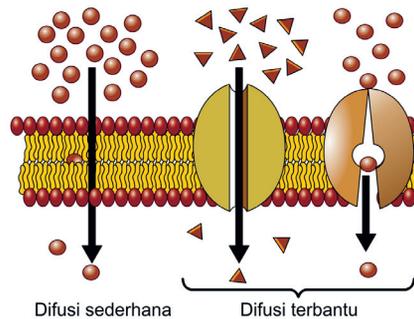
Difusi ini terjadi pada molekul-molekul besar seperti asam amino dan glukosa, atau ion-ion seperti K^+ , Na^+ , dan Cl^- . Molekul-molekul tersebut dapat berdifusi dengan bantuan protein integral yang membentuk saluran protein.

2.) Difusi terbantu oleh protein transpor

Protein transpor memiliki sifat seperti enzim, yaitu bersifat spesifik terhadap zat dan tempat pengikatan molekul yang diangkutnya. Protein transpor dapat berubah bentuk saat mengikat dan melepaskan molekul yang dibawanya. Misalnya enzim permease. **Permease** adalah suatu protein (enzim) membran sel yang akan memberi jalan bagi ion dan molekul polar tidak bermuatan agar dapat melintasi dua lapisan lipid hidrofobik dari membran sel. Protein transpor memudahkan difusi molekul asam amino dan glukosa.

Pada penyakit turunan **sistinuria**, sel ginjal tidak memiliki protein yang mentranspor sistein dan asam amino lain. Akibatnya, di dalam sel ginjal terjadi akumulasi asam amino yang kemudian akan mengkristal menjadi batu ginjal.

Berikut ini adalah gambar proses difusi dan difusi terbantu.



Gambar 11. Proses difusi

c. Osmosis

Pada dasarnya, osmosis termasuk peristiwa difusi. Pada osmosis, yang bergerak melalui membran semipermeabel adalah air dari larutan hipotonis (konsentrasi air tinggi, konsentrasi zat terlarut rendah) ke larutan hipertonis (konsentrasi air rendah, konsentrasi zat terlarut tinggi). Sebagai contoh, kentang yang direndam di dalam air gula pekat selama beberapa jam akan mengalami penyusutan berat. Hal ini dikarenakan air di dalam sel-sel kentang berpindah ke dalam larutan gula.

Ada empat macam keadaan sel akibat peristiwa osmosis, yaitu plasmolisis, turgid, krenasi, dan lisis.

1.) Plasmolisis

Plasmolisis adalah lepasnya membran sel dari dinding sel tumbuhan karena sel berada di lingkungan yang hipertonis. Air di dalam sel akan keluar, sehingga sel kekurangan air.

2.) Turgid

Turgid adalah keadaan sel tumbuhan yang mengembang karena sel berada di lingkungan yang hipotonis. Air dari luar sel akan masuk ke dalam sel, sehingga sel penuh dengan air. Hal ini akan mendorong membran sel melekat ke dinding sel.

3.) Krenasi

Krenasi adalah mengerutnya sel karena sel berada di lingkungan yang hipertonis, sehingga sel kehilangan air. Krenasi terjadi pada sel yang tidak memiliki dinding sel, seperti sel hewan.

4.) Lisis

Lisis adalah pecahnya sel karena sel berada di lingkungan yang hipotonis. Peristiwa ini terjadi pada sel yang tidak memiliki dinding sel. Ketika banyak air dari luar masuk ke dalam sel, sel akan mengembang dan akhirnya pecah.

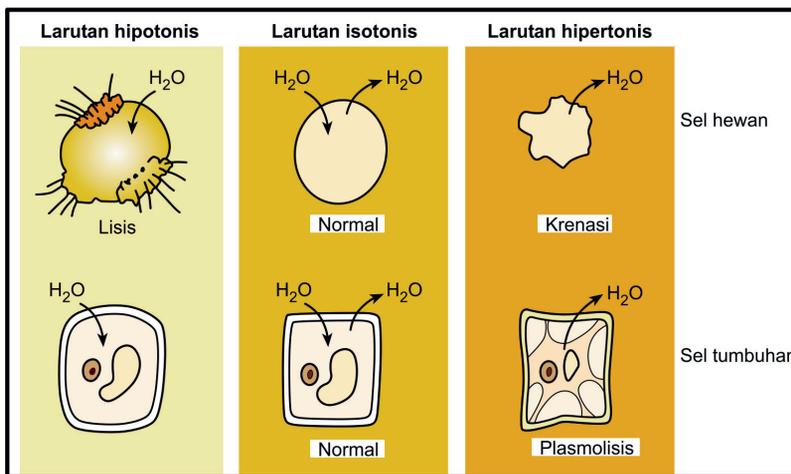
• SUPER "Solusi Quipper" •

Untuk mengingat empat macam keadaan sel akibat peristiwa osmosis, gunakan SUPER "Solusi Quipper" berikut.

TUTUP PLASTIK KENA LILIN

Maksudnya: **Turgid**, **plasmolisis**, **krenasi**, dan **lisis**.

Berikut ini adalah gambar keadaan sel akibat peristiwa osmosis.



Gambar 12. Peristiwa osmosis pada sel hewan dan tumbuhan

2. Transpor Aktif

Transpor aktif adalah transpor yang memerlukan energi. Energi yang digunakan di dalam sel adalah ATP (*adenosin trifosfat*), yaitu energi kimia tinggi yang berasal dari hasil respirasi sel. Pada transpor aktif, terjadi pemompaan melewati membran yang melawan gradien konsentrasi. Transpor aktif berfungsi memelihara keseimbangan di dalam sel. Contohnya, proses penyerapan glukosa di dalam usus manusia.

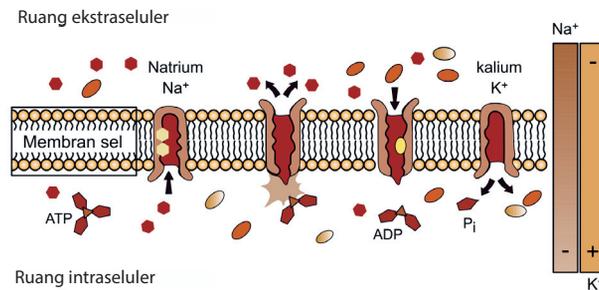
Transpor aktif dapat berupa pompa ion natrium-kalium, kotranspor, dan endositosis-eksositosis.

a. Pompa ion natrium-kalium

Pompa ion natrium-kalium merupakan gerakan pemompaan ion K^+ ke dalam sel dan ion Na^+ ke luar sel. Konsentrasi ion Na^+ di dalam sel lebih rendah daripada di luar sel, sedangkan konsentrasi ion K^+ di dalam sel lebih tinggi daripada di luar sel. Memasukkan ion K^+ dan mengeluarkan ion Na^+ harus melawan gradien konsentrasi,

sehingga dibutuhkan sejumlah ATP dan bantuan protein integral pada membran sel. Setiap pengeluaran 3 ion Na^+ akan diimbangi dengan pemasukan 2 ion K^+ .

Berikut ini adalah gambar proses pompa ion natrium-kalium.



Gambar 13. Pompa ion natrium-kalium

b. Kotranspor

Kotranspor merupakan transpor aktif dari zat tertentu yang dapat menginisiasi transpor zat terlarut lainnya. Kotranspor dilakukan oleh dua protein transpor dengan bantuan energi berupa ATP.

Contoh peristiwa kotranspor adalah pompa proton yang menggerakkan transpor sukrosa pada sel tumbuhan. Proton (H^+) keluar dari sel melalui suatu protein transpor pada membran sel. Setelah itu, ion H^+ yang keluar akan membawa sukrosa memasuki sel melalui protein transpor lainnya. Mekanisme kotranspor sukrosa- H^+ berguna untuk memindahkan sukrosa hasil fotosintesis ke sel berkas pengangkut daun. Selanjutnya, hasil fotosintesis tersebut diangkut ke organ nonfotosintetik seperti akar melalui jaringan vaskuler tumbuhan.

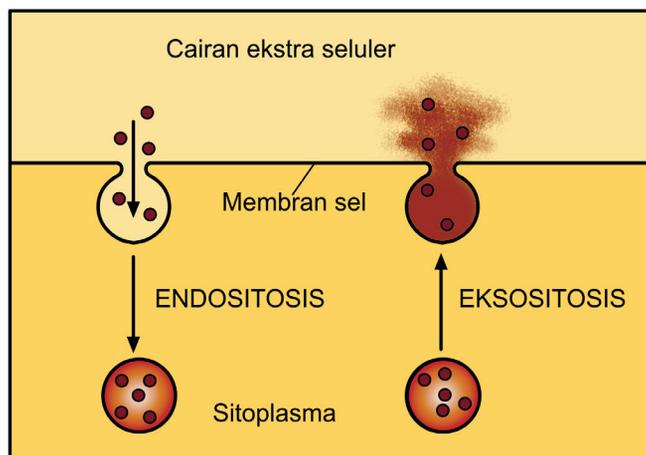
c. Endositosis-eksositosis

1.) **Endositosis** adalah peristiwa pembentukan kantong membran sel saat larutan atau partikel ditransfer ke dalam sel. Ada dua bentuk endositosis, yaitu pinositosis dan fagositosis.

- **Pinositosis** adalah proses penyerapan zat cair oleh sel. Contohnya, sel-sel epitel usus melakukan pinositosis untuk menelan nutrisi yang dihasilkan dari proses pencernaan makanan. Pinositosis terjadi pada sel-sel kelenjar dan sel ekskresi. Tahap-tahap pada proses pinositosis dapat dijelaskan sebagai berikut.
 - ♦ Mula-mula, zat pemicu menempel pada reseptor khusus membran sel.
 - ♦ Kemudian, terjadi lekukan atau *invaginasi* dari membran sel membentuk gelembung atau kantong atau saluran pinositotik.

- ♦ Di dalam sel, gelembung dapat pecah menjadi gelembung lebih kecil atau bergabung menjadi gelembung yang lebih besar.
 - **Fagositosis** adalah proses memakan atau memasukkan benda padat ke dalam sel. Sebagai contoh, sel darah putih memakan benda asing yang masuk ke dalam aliran darah. Contoh lainnya adalah *Amoeba* menangkap mangsanya dengan pseudopodium (kaki semu), kemudian mengurungnya dalam fagosom (vakuola).
- 2.) **Eksositosis** adalah proses pengeluaran zat dari dalam sel ke luar sel. Pada eksositosis, sekret terbungkus dalam kantong membran yang selanjutnya melebar dan pecah. Eksositosis terjadi pada beberapa sel kelenjar atau sel sekresi.

Berikut ini adalah gambar peristiwa endositosis dan eksositosis.



Gambar 14. Peristiwa endositosis dan eksositosis

▶ Contoh Soal 7

Endositosis adalah

- pengangkutan partikel padat/ tetes cairan dari dalam sel ke luar sel dengan energi ATP
- pengangkutan partikel padat/ tetes cairan dari luar sel ke dalam sel tanpa energi ATP
- proses memasukkan/ mengeluarkan partikel padat/ tetes cairan melalui membran sel
- proses memasukkan partikel padat/ tetes cairan ke dalam sel dengan energi ATP
- proses mengeluarkan partikel padat/ tetes cairan dari dalam sel tanpa energi ATP

Jawaban: D

Penjelasan:

Endositosis dan eksositosis termasuk transpor aktif, sehingga memerlukan energi berupa

ATP untuk pelaksanaannya.

- Endositosis adalah proses memasukkan partikel padat atau tetes cairan ke dalam sel. Ada dua bentuk endositosis, yaitu pinositosis dan fagositosis. Pinositosis adalah pengangkutan zat cair ke dalam sel, sedangkan fagositosis adalah pengangkutan partikel padat ke dalam sel.
- Eksositosis adalah proses mengeluarkan partikel atau tetes cairan ke luar sel.

Contoh Soal 8

Tanaman yang diberi pupuk urea sangat pekat akan menjadi

- A. subur karena kebutuhan mineralnya terpenuhi
- B. segar karena memperoleh cadangan makanan
- C. tumbuh besar karena kelebihan air
- D. berdaun lebat tapi berwarna pucat
- E. layu karena kehilangan air terlalu banyak

Jawaban: E

Penjelasan:

Pupuk urea yang diberikan pada tumbuhan dapat membantu menyuburkan tanaman tersebut. Akan tetapi, jika pemberian pupuk urea terlalu pekat, sel-sel akar akan berada di lingkungan yang hipertonis. Hal ini mendorong terjadinya peristiwa plasmolisis pada sel-sel akar. Akibatnya, tumbuhan menjadi layu karena kehilangan air terlalu banyak.

L. Perbedaan antara Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

Sel hewan dan sel tumbuhan sama-sama sel eukariotik, tetapi keduanya memiliki perbedaan struktur maupun fungsi. Umumnya, sel tumbuhan berukuran lebih besar (10 – 100 μm) dibandingkan dengan sel hewan (10 – 30 μm). Perbedaan lain yang cukup mencolok adalah keberadaan dinding sel. Sel tumbuhan memiliki dinding sel sebagai bagian terluar dari selnya, sedangkan sel hewan tidak memiliki dinding sel.

Berikut ini adalah tabel yang menggambarkan perbedaan antara sel tumbuhan dan sel hewan.

No.	Faktor Pembeda	Sel Hewan	Sel Tumbuhan
1.	Bentuk sel	Bermacam-macam, dapat berubah bentuk dan tidak kaku	Bentuk sel kaku, jarang berubah bentuk, kecuali merupakan derivat sel
2.	Ukuran sel	Kecil (10 – 30 μm)	Besar (10 – 100 μm)

No.	Faktor Pembeda	Sel Hewan	Sel Tumbuhan
3.	Dinding sel	Tidak ada	Ada
4.	Mitokondria	Jumlahnya banyak	Jumlahnya lebih sedikit karena fungsinya dibantu oleh kloroplas
5.	Lisosom	Ada	Tidak ada
6.	Peroksisom	Ada	Ada
7.	Glioksisom	Tidak ada	Ada
8.	Plastida	Tidak ada	Ada
9.	Vakuola	Hanya ditemukan pada organisme bersel satu seperti Protozoa	Ada, pada sel dewasa berukuran besar dan tunggal
10.	Sentriol/ sentrosom	Ada	Hanya ditemukan pada tumbuhan tingkat rendah
11.	Organel penghasil energi	Mitokondria	Mitokondria dan kloroplas
12.	Silia	Sering ditemukan	Sangat jarang ditemukan
13.	Inti sel	Ada	Ada
14.	Letak inti sel	Berada di tengah-tengah sel	Berada di bagian tepi sitoplasma
15.	Flagela	Sering ditemukan	Jarang ditemukan, hanya pada sperma tumbuhan tertentu
16.	Pembentukan spindel	Secara amfiastral (ada aster pada kedua kutub)	Secara anastral (tanpa adanya aster di kutub berlawanan)
17.	Ketahanan tekanan	Lemah tanpa vakuola kontraktil	Kuat karena ada dinding sel
18.	Sitokinesis sel	Membentuk <i>furrowing</i> (lekukan) pada membran sel	Membentuk lempeng mitosis
19.	Tingkat totipotensi	Rendah	Sangat tinggi

No.	Faktor Pembeda	Sel Hewan	Sel Tumbuhan
20.	Sambungan antarsel	Desmosom (*), <i>tight junction</i> (**)	Plasmodesmata
21.	Penyimpanan cadangan makanan	Berupa glikogen	Berupa amilum

Keterangan:

(*) **Desmosom** adalah sambungan antarsel yang terdiri atas filamen intermediet berbahan dasar keratin protein. Fungsi desmosom adalah sebagai tempat perlekatan mekanik antara dua sel yang berdekatan. Desmosom banyak ditemukan pada epitel berlapis banyak yang mengalami tekanan, misalnya epidermis dan serviks.

(**) **Tight junction** adalah sambungan antarsel berupa protein spesifik yang sangat rapat. *Tight junction* terdapat dalam membran sel. Sambungan tersebut berfungsi melindungi sel dari kerusakan mekanis, serangan mikroorganisme yang masuk, serta membantu menjaga sel agar tidak kehilangan cairan.

Contoh Soal 9

Perbedaan antara sel hewan dan sel tumbuhan berikut ini yang tepat adalah

- pada sel tumbuhan terdapat vakuola permanen dan lisosom, sedangkan pada sel hewan tidak
- sel tumbuhan memiliki membran sel dan membran inti, sedangkan sel hewan hanya memiliki membran sel
- sel tumbuhan memiliki plastida dan sentriol, sedangkan sel hewan memiliki lisosom dan glioksisom
- sel tumbuhan bentuknya berubah-ubah, sedangkan sel hewan bentuknya tetap
- inti sel pada sel tumbuhan terletak di bagian tepi sitoplasma, sedangkan inti sel pada sel hewan terletak di tengah-tengah sel

Jawaban: E

Penjelasan:

- Sel tumbuhan memiliki inti sel yang letaknya di bagian tepi sitoplasma. Hal ini disebabkan adanya vakuola sentral yang berukuran besar di tengah sel. Keberadaan vakuola ini menyebabkan inti sel terdesak hingga ke bagian tepi sel yang berdekatan dengan membran sel.
- Sel hewan memiliki inti sel yang letaknya di tengah-tengah sel. Hal ini dikarenakan pada sel hewan, tidak terdapat vakuola sentral yang berukuran besar seperti pada sel tumbuhan.

Jadi, pernyataan yang benar adalah inti sel pada sel tumbuhan terletak di bagian tepi sitoplasma, sedangkan inti sel pada sel hewan terletak di tengah-tengah sel.

Contoh Soal 10

Perbedaan antara vakuola pada sel tumbuhan dan vakuola kontraktil pada sel *Amoeba* adalah

- A. vakuola pada sel tumbuhan berfungsi untuk mencerna makanan, sedangkan vakuola kontraktil pada sel *Amoeba* berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan
- B. vakuola pada sel tumbuhan jumlahnya berubah-ubah dan berukuran kecil, sedangkan vakuola kontraktil pada sel *Amoeba* jumlahnya hanya satu dan berukuran besar
- C. vakuola pada sel tumbuhan berfungsi untuk menyimpan berbagai zat dan sisa metabolisme serta *osmoregulator*, sedangkan vakuola kontraktil pada sel *Amoeba* hanya berfungsi sebagai *osmoregulator*
- D. vakuola pada sel tumbuhan dibatasi oleh membran rangkap, sedangkan vakuola kontraktil pada sel *Amoeba* hanya dibatasi oleh membran tunggal
- E. vakuola pada sel tumbuhan dapat berpindah-pindah, sedangkan vakuola kontraktil pada sel *Amoeba* tidak dapat berpindah-pindah

Jawaban: C

Penjelasan:

Perbedaan antara vakuola pada sel tumbuhan dan vakuola kontraktil pada sel *Amoeba* adalah sebagai berikut.

- Vakuola pada sel tumbuhan berfungsi sebagai *osmoregulator* (pengatur tekanan osmotik sel) serta tempat penyimpanan berbagai macam zat dan sisa metabolisme. Jumlah vakuola tergantung pada umur sel. Ketika tumbuhan masih muda, vakuola bentuknya kecil-kecil dan banyak. Namun, ketika tumbuhan sudah tua, hanya terdapat satu vakuola besar hasil gabungan beberapa vakuola kecil. Letak vakuola di tengah-tengah sel.
- Vakuola kontraktil pada *Amoeba* hanya berfungsi sebagai *osmoregulator* (pengatur tekanan osmotik sel saja). Vakuola ini berukuran kecil dan jumlahnya lebih dari satu. Ukuran dan jumlah vakuola kontraktil tidak mengalami perubahan seperti yang terjadi pada vakuola tumbuhan. Letak vakuola menyebar.

Jadi, pernyataan yang benar adalah vakuola pada sel tumbuhan berfungsi untuk menyimpan berbagai zat dan sisa metabolisme serta *osmoregulator*, sedangkan vakuola kontraktil pada sel *Amoeba* hanya berfungsi sebagai *osmoregulator*.