



MODUL BIOLOGI  
(KES 102)

Materi Pertemuan 4  
Pengantar: Organel Sel

Disusun Oleh:  
Reza Fadhillah, S.TP., M.Si

UNIVERSITAS ESA UNGGUL  
2018

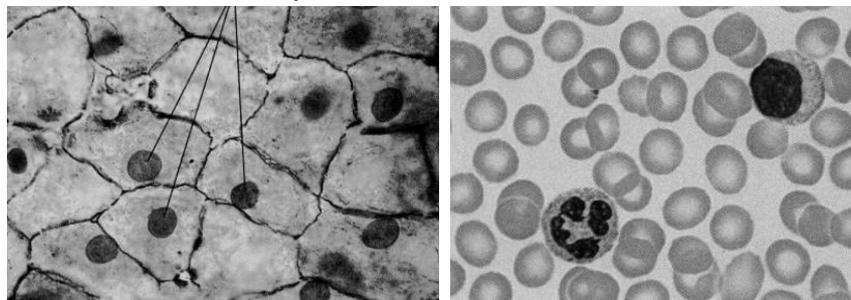
## 1. PENDAHULUAN

Sel merupakan kesatuan kecil bersalut selaput tipis, yang di dalamnya berisi larutan kental senyawa kimia. Sel memiliki sifat istimewa, yaitu dapat membuat duplikatnya sendiri dengan jalan membelah. Bentuk kehidupan yang paling sederhana berupa sel-sel tunggal. Organisme yang lebih berkembang, misalnya diri kita, merupakan komunitas sel-sel yang berasal dari pertumbuhan dan perkembangan hasil pembelahan sel induk. Walaupun sel dapat menjadi komponen organisme yang lebih besar, tiada yang dapat dinyatakan hidup selain sel, virus pun tidak. Oleh karena itu, sel dinyatakan sebagai dasar kesatuan hidup.

## 2. Struktur Sel dan Virus serta Keanekaam dal am Keragaman

Dengan berkembangnya mikroskop cahaya, terlebih setelah dikembangkannya mikroskop elektron, pengkajian terhadap sel semakin tumbuh berkembang pula. Sayatan organ hewan maupun tumbuhan bila diamati dengan mikroskop terlihat bahwa terdiri atas sejumlah sel. Sel-sel tersebut ada yang terkemas rapat satu dengan lainnya, ada pula yang terpisahkan oleh senyawa yang disebut substansi antarsel atau matriks ekstrasel (MES) Gambar 1.10. Umumnya setiap sel memiliki garis tengah antara 5–20 mikrometer. Struktur internal sebuah sel sulit diamati.

Gambar 1.10. A. Sel rapat satu dengan yang lain, B. Sel-sel dipisahkan oleh MES



Berdasarkan indeks biasanya dapat diketahui bahwa sel terdiri atas dua daerah, yaitu:

1. Suatu pembatas antara sel dengan lingkungannya disebut membran (selaput) sel.
2. Di sebelah dalam membran plasma terdapat substansi jernih disebut sitoplasma. Di bagian tengah sitoplasma terdapat bentukan bulat disebut nukleus. Dengan perbesaran kuat, tampak bahwa di dalam sitoplasma terdapat komponen yang berbeda. Setiap komponen dibatasi oleh suatu membran. Komponen-komponen ini bersama-sama dengan nukleus disebut organel.

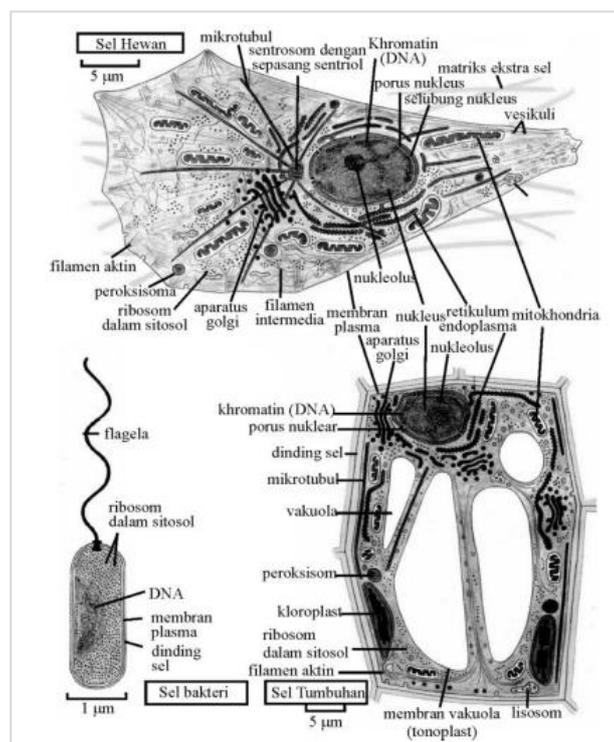
Membran pembatas sel disebut membran sel, sedangkan membran pembatas komponen-komponen di dalam sitoplasma disebut membran interna atau membran sitoplasmik. Tidak semua sel memiliki organel maupun

nukleus. Sel yang tidak memiliki nukleus maupun organel digolongkan ke dalam prokaryota. Selebihnya digolongkan ke dalam eukaryota.

## A. STRUKTUR SEL

### 1. Prokaryota

Prokaryota: (pro=sebelum, caryo=nukleus), mencakup dua gugus besar yaitu bakteri dan sianobakteri (ganggang biru). Pada prokaryota, selaput plasma hanya merupakan selaput sel yaitu bagian terluar sel. Bahan pembawa warisan (informasi genetik = sifat menurun) kelompok prokaryota berbaur dengan sitoplasma. Pada prokaryota yang sudah cukup berkembang, bahan pembawa warisan, terkumpul di suatu daerah yang disebut nukleoid. Walaupun tidak berbaur dengan sitoplasma, daerah ini tidak memiliki pembatas yang berupa selaput (Gambar 1.11).



Gambar 1.11. Perbandingan sel prokaryota; sel hewan dengan sel tumbuhan

Ukuran sel-sel prokaryota pada umumnya kecil, dengan panjang hanya beberapa mikrometer, sedangkan diameternya satu mikrometer atau kurang. Hampir semua sel prokaryota memiliki dinding sel dan kapsula. Dinding sel bersifat kaku berada di permukaan luar selaput sel. Kapsula berupa cairan sangat kental dan bersifat kenyal. Dinding sel dan kapsula berperan sebagai pelindung sel.

Selaput sel prokaryota memiliki beragam peran. Peran yang terpenting adalah mengatur lalu-lintas senyawa yang melewatinya. Selain itu, sebagian besar sistem molekuler yang memecah bahan bakar untuk menjadi tenaga, juga berada di selaput sel. Pada bakteri fotosintetis dan sianobakteri, molekul-molekul penyerap dan pengubah cahaya menjadi tenaga kimia, berada pula di selaput sel beserta turunannya yang berupa lipatan-lipatan disebut

mesosom. Pada selaput sel terdapat protein-protein yang berperan sebagai reseptor dan pengikat molekul-molekul khas yang berada di sekitarnya. Pengikatan molekul-molekul tersebut memicu terjadinya reaksi-reaksi interna yang memungkinkan sel memberi tanggapan pada lingkungannya. Selaput sel prokaryota, berperan pula pada proses replikasi dan pembelahan senyawa pembawa warisan.

Nukleoid prokaryota, berada di sitoplasma tanpa dibatasi oleh suatu selaput. Bentuk nukleoid tidak teratur. Nukleoid berisi sejumlah serabut yang sangat halus. Ketebalan serabut tersebut berkisar antara 3 sampai 5 nanometer. Nukleoid berisi sebuah molekul DNA besar yang berbentuk lingkaran. Pada *Escherichia coli* panjang DNA adalah 1360 mikrometer, sedangkan pada beberapa bakteri lainnya berkisar antara 250–1500 mikrometer. Molekul DNA sepanjang ini terkemas di dalam sebuah sel yang berukuran antara 1–2 mikrometer.

Sitoplasma yang memiliki nukleoid, pada umumnya terlihat berwarna pekat di elektromikrograf. Kenampakan tersebut disebabkan oleh kehadiran ribosom dalam jumlah besar. Ribosom merupakan zarah kecil berbentuk membulat dengan diameter 20–30 nanometer. Pada bakteri, ribosom terdiri atas 50 macam protein dan beberapa macam RNA. Badan-badan kecil yang rumit tersebut merupakan tempat perakitan asam amino menjadi protein. Pada beberapa prokaryota yang lebih berkembang, selain ribosom terdapat pula vesikuli atau vakuola. Isi vakuola bervariasi sesuai jenisnya.

Kesederhanaan struktur sel-sel prokaryota merupakan kesederhanaan semu. Sebagian bakteri dari sianobakteri mempunyai sistem molekuler yang rumit. Sistem tersebut mampu menggunakan berbagai macam senyawa untuk sumber tenaga dan mensintesis semua molekul-molekul organik yang diperlukan, dari senyawa anorganik yang sederhana, misalnya: air, karbon dioksida, sumber nitrogen anorganik, fosfor, dan sulfur. Pada dasarnya kegiatan biokimiawi sel-sel prokaryota lebih bervariasi daripada sel-sel eukaryota.

## 2. Eukaryota

Sebelumnya telah diuraikan bahwa sel memiliki membran pembatas disebut membran sel dan membran sitoplasmik yang membagi sitoplasma menjadi organel-organel. Cairan yang berada di sekeliling organel disebut sitosol.

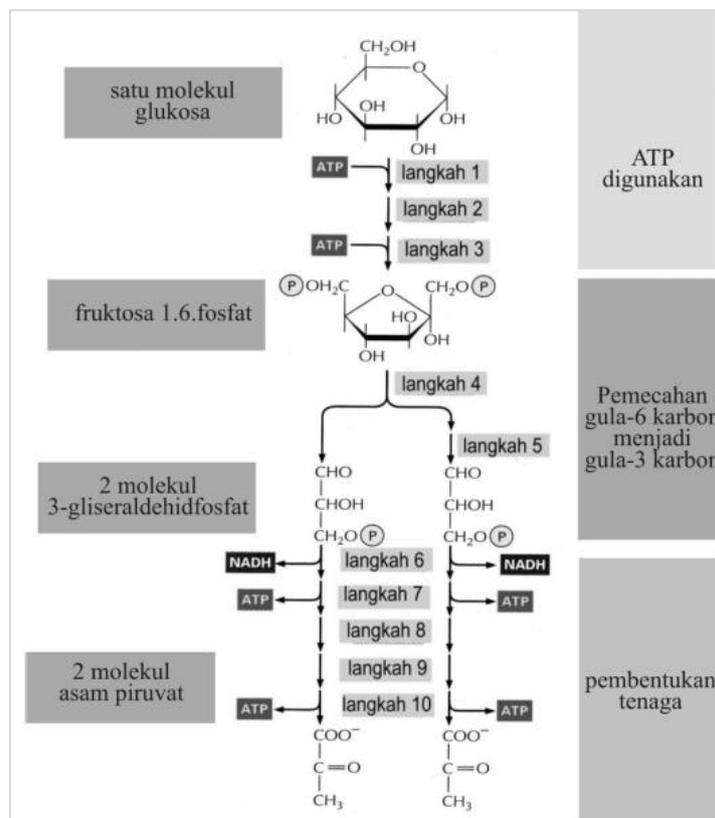
### a. Sitosol

Berupa cairan yang penuh berisi molekul-molekul besar maupun kecil. Hal ini menyebabkan sitosol berupa cairan kental. Sitosol merupakan zahir yang tidak berbentuk, terdiri atas campuran berbagai macam molekul dan polimer. Beribu-ribu jenis enzim terlibat dalam proses metabolisme intermedia terlarut di dalamnya. Salah satu contoh metabolisme intermedia adalah proses glikolisis dan glikoneogenesis (Gambar 1.12). Selain itu, cairan tersebut dipenuhi oleh ribosom, mRNA maupun tRNA, yang aktif mensintesis protein. Sekitar 50% protein hasil sintesis yang dilakukan ribosom, ditentukan tetap berada di dalam sitosol.

Sebagian dari protein yang berada di sitosol, berbentuk benang-benang halus disebut filamen. Filamen-filamen ini teranyam membentuk rerangka, diberi nama rerangka sel atau sitoskelet. Rerangka sel memberi

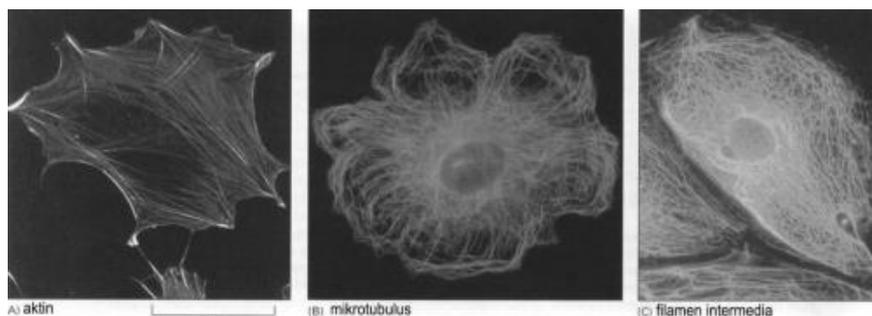
bentuk pada sel, mengatur dan menimbulkan gerakan sitoplasmik yang beruntun dan berkaitan, serta membentuk jaringan-jaring kerja yang membantu mengatur reaksi-reaksi enzimatik. Filamen terhalus penyusun sitoskeleton adalah aktin. Filamen ini berada di dalam semua sel eukaryota terutama sel otot. Di dalam sel ini aktin berperan sebagai penggerak kontraksi. Filamen paling tebal adalah mikrotubulus, disebut demikian sebab berupa tabung halus.

Mikrotubulus tampak jelas pada saat sel membelah, pada saat itu mikrotubulus membentuk gelendong mitosis. Filamen yang ukurannya berada di antara mikrofilamen dengan mikrotubulus adalah filamen intermedia. Filamen ini memberi kekuatan mekanis kepada sel. Tiga tipe filamen tersebut bersama-sama dengan protein terkait membentuk sistem yang memberi kekuatan mekanis, mengatur gerakan sel dan bentuk sel (Gambar 1.13).



Gambar 1.12. Bagan alir Glikolisis

Gambar 1.13. Filamen-filamen pembentuk sitoskeleton

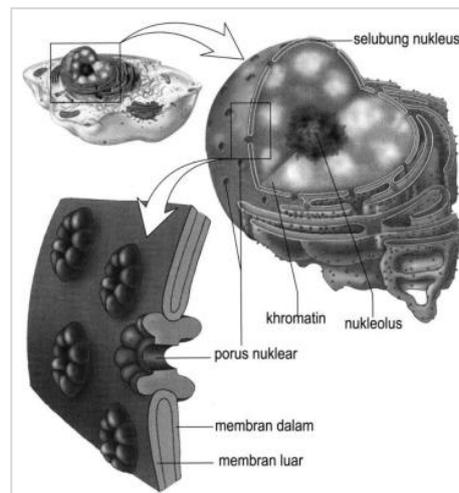


## b. Organel

Terdiri atas nukleus, mitokondria, kloroplas, retikulum endoplasma, aparatus Golgi dan vesikuli, lisosom serta peroksisom. Di dalam sel eukaryota, terdapat 2 kelompok organel berdasarkan membran yang dimilikinya. Nukleus, mitokondria, dan kloroplas adalah organel yang termasuk dalam kelompok organel bermembran ganda. Retikulum endoplasma, aparatus Golgi, vesikuli, lisosom dan peroksisom termasuk dalam kelompok organel bermembran tunggal.

### 1) Nukleus

Nukleus merupakan organel yang paling tampak jelas di dalam sel eukaryota (Gambar 1.14). Nukleus dibatasi membran rangkap yang diberi nama selubung nukleus. Zalir yang dikelilingi oleh selubung nukleus disebut nukleoplasma, atau matriks nukleus. Zalir ini terdiri atas beberapa macam senyawa. Di dalam matriks terdapat serabut halus yang terlipat-lipat secara tidak teratur. Serabut yang berdiameter antara 10–30 nanometer ini terdiri atas DNA dan dua macam protein, yaitu histon dan nonhiston. Pada eukaryota, perbandingan berat protein: DNA, mendekati 2 : 1, sedangkan pada prokaryota, protein: DNA kurang dari satu. Histon merupakan protein struktural yang bersama DNA menjadi kromatin. Protein nonhiston berperan sebagai pengatur kegiatan gen. Benang-benang kromatin menjadi kromosom pada saat sel akan membelah. DNA, selain menjadi benang-benang kromatin juga berperan sebagai pembawa informasi genetik.



Gambar 1.14. Diagram nukleus

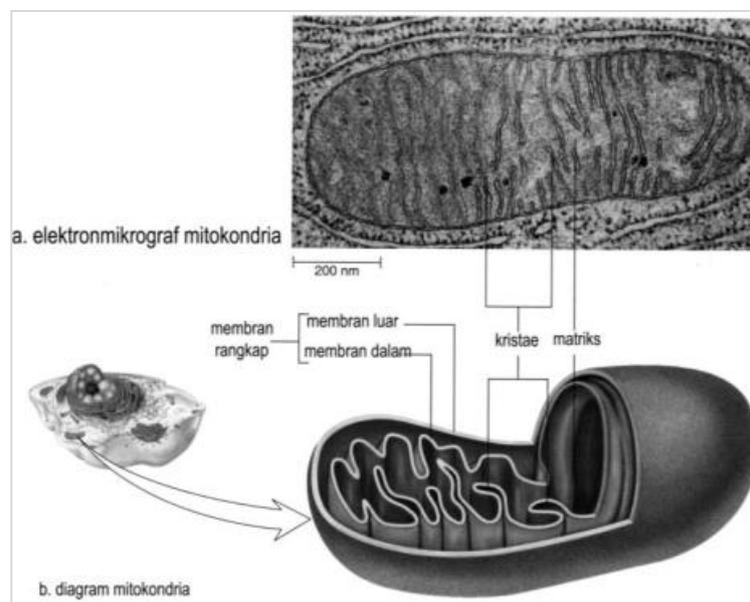
Nukleus merupakan pusat pengatur kegiatan-kegiatan sel. Informasi pada kromatin yang diperlukan untuk sintesis protein disandikan ke DNA. Setiap penggalan DNA berisi informasi untuk membuat sebuah molekul protein disebut gen. Informasi yang terdapat di dalam gen disalin menjadi mRNA (RNA duta) yang dikeluarkan ke sitoplasma melewati kompleks celah yang terdapat di selubung nukleus. Di dalam sitoplasma, mRNA digunakan oleh ribosom sebagai pemandu sintesis protein. DNA yang terdapat di nukleus berisi sandi-sandi (kode) untuk beribu-ribu macam protein. Selain mRNA, DNA juga disalin menjadi rRNA dan tRNA.

Fungsi penting lain nukleus adalah tempat proses replikasi yaitu penggandaan kromatin dan DNA. Sesaat sebelum pembelahan sel, semua

komponen kromatin digandakan. Selama pembelahan sel, setiap kembaran kromosom dipisahkan dan dibagi ke sel anakan, sehingga sel anakan tersebut menerima 1 kemasinan gen lengkap.

## 2) Mitokondria

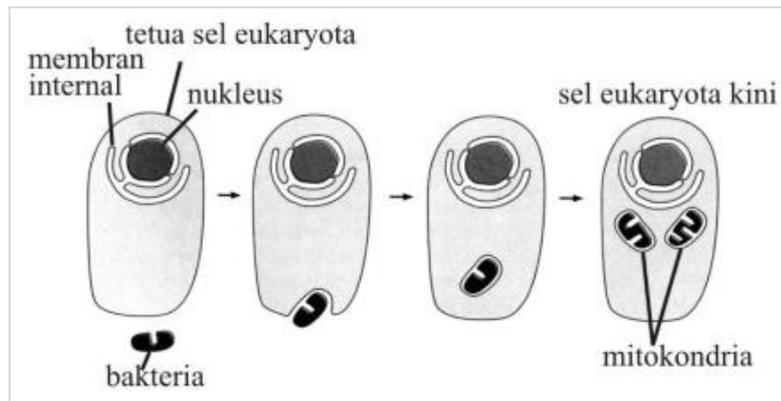
Selain nukleus, organel yang tampak jelas di dalam sitoplasma adalah mitokondria. Struktur organel ini sangat khas. Pengamatan dengan mikroskop elektron menunjukkan bentuk mitokondria mirip sosis dengan ukuran panjang sekitar 7 mikrometer dan diameter antara 0,5–1 mikrometer. Pada mikrograf elektron tampak bahwa mitokondria memiliki membran rangkap. Di antara membran luar dengan membran dalam terdapat ruangan sempit yang disebut ruang antarmembran. Cairan yang berada di mitokondria disebut matriks mitokondria. Membran dalam terlipat-lipat membentuk lekukan ke arah matriks. Lekukan-lekukan ini disebut krista(e) (Gambar 1.15.).



Gambar 1.15. Struktur mitokondria

Analisis secara biokimia memberikan hasil bahwa mitokondria merupakan pembangkit tenaga kimia untuk sel. Tenaga kimia yang diperoleh, ATP, merupakan hasil oksidasi makanan terutama karbohidrat. Pada kegiatan di atas, mitokondria menggunakan oksigen dan menghasilkan karbondioksida, oleh karena itu proses tersebut diberi nama respirasi selular. Tanpa mitokondria, hewan, tumbuhan maupun fungi tidak mampu menggunakan oksigen untuk memperoleh tenaga maksimal dari makanan. Organisme yang menggunakan oksigen untuk pengubahan tenaga disebut organisme aerobik, sedangkan organisme yang tidak dapat hidup di lingkungan beroksigen disebut anaerobik.

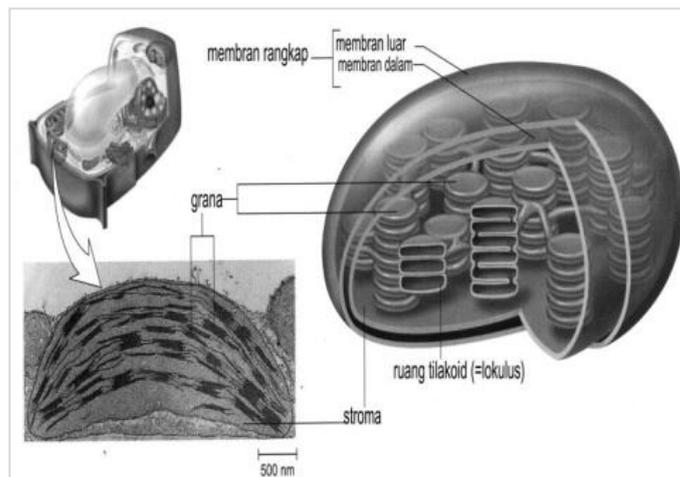
Keistimewaan lain mitokondria adalah memiliki DNA, dan dapat memperbanyak diri dengan jalan membelah. Mengingat bahwa mitokondria memiliki banyak persamaan dengan bakteri, banyak ahli mengatakan mitokondria berasal dari bakteri yang ditelan oleh tetua sel eukaryota yang ada sekarang (Gambar 1.16).



Gambar 1.16. Asal terbentuknya mitokondria

### 3) Kloroplas

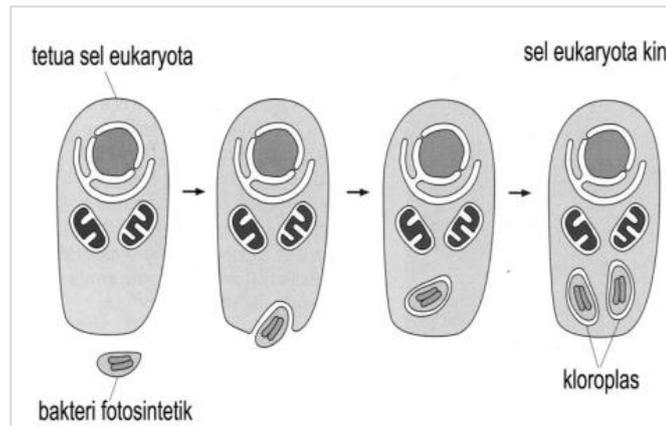
Hanya berada di sel tumbuhan dan alga. Berbentuk lensa dengan diameter 2–6 mikrometer dan tebal 0,5–1 mikrometer. Struktur kloroplas rumit seperti struktur mitokondria. Seperti halnya mitokondria, kloroplas juga bermembran rangkap. Antara membran luar dengan membran dalam terdapat ruang antarmembran. Lumen kloroplas beserta isinya disebut stroma. Di dalam stroma terdapat tumpukan-tumpukan kantung pipih. Setiap kantung disebut tilakoid (Gambar 1.17). Pada membran tilakoid terdapat pigmen berwarna hijau disebut klorofil.



Gambar 1.17. Struktur kloroplas a: Elektro mikrograf kloroplas; b: Diagram kloroplas

Hewan maupun tumbuhan dua-duanya memerlukan tenaga untuk hidup, tumbuh dan berkembang biak. Hewan dapat memperoleh tenaga hanya dari makanan yang berasal dari organisme lain. Tumbuhan dapat memperoleh tenaga langsung dari matahari. Kloroplaslah organel yang memungkinkan tumbuhan dapat melaksanakan hal tersebut. Kloroplas, seperti halnya mitokondria memiliki tugas penting. Kloroplas melakukan fotosintesis, yaitu menggunakan cahaya matahari (foton) untuk pembentukan molekul gula. Proses pembentukan tersebut dilakukan dengan bantuan klorofil. Hasil proses selain gula juga oksigen dan limbah. Seperti halnya sel

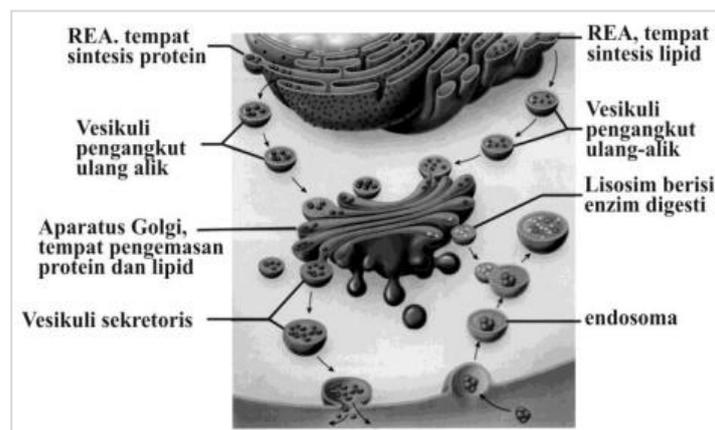
hewan, sel tumbuhan juga mampu mengubah tenaga kimia tersimpan ini dengan jalan oksidasi menggunakan mitokondria. Di dalam stroma kloroplas juga dijumpai DNA. Hal ini menyebabkan kloroplas dapat memperbanyak diri dengan jalan membelah. Kloroplas diduga berasal dari bakteri fotosintetik yang ditelan oleh sel eukaryota awal (Gambar 1.18).



Gambar 1.18. Asal terbentuknya kloroplas

#### 4) Retikulum Endoplasma

Organel-organel yang memiliki membran tunggal, mempunyai fungsi khas, yaitu memasukkan bahan-bahan baku dan mengeluarkan zat hasil sintesisnya bersama-sama dengan limbah. Organel yang bermembran tunggal ini terbentuk akibat invaginasi membran sel. Di antara organel bermembran tunggal, yang terbesar adalah retikulum endoplasma (RE). RE bersama-sama dengan aparatus Golgi dan lisosom membentuk suatu sistem yang disebut sistem membran sitoplasmik atau sistem membran interna (Gambar 1.19).



Gambar 1.19. Sistem membran sitoplasmik

Retikulum endoplasma bukan organel statis, melainkan merupakan komponen dari suatu sistem selaput yang dinamis. Sistem membran ini mencakup semua membran organel yang berada di dalam sel. Lima puluh persen dari semua membran yang terdapat dalam sebuah sel adalah selaput RE (Tabel 1.2).

Tabel 1.2. Selaput sitoplasmik dua jenis sel hewan (dalam %)

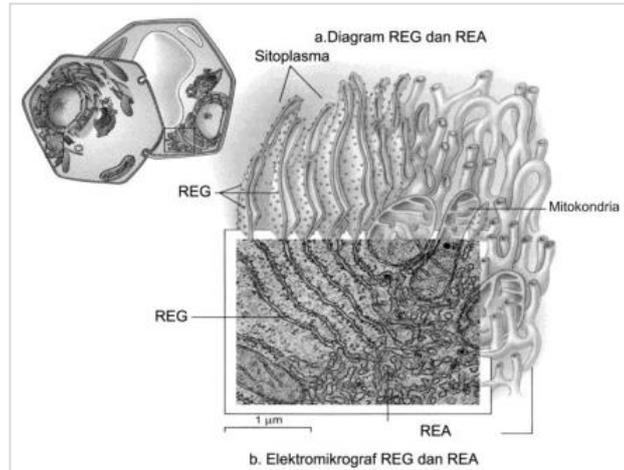
Jenis selaput	Hepatosit	Asinus Pankreas
Membran sel	2	5
REG	35	60
REA	16	<1
Aparatus Golgi	7	10
Mitokondria		
• Selaput luar	7	4
• Selaput dalam	32	17
Nukleus		
• Selaput dalam	0,2	0,7
Lisosom	0,4	-
Peroksisom	0,4	-

Membran RE, merupakan lembaran utuh yang sangat terlipat-lipat mengelilingi suatu ruangan disebut lumen RE atau sisterna RE yang berbentuk labirin. Volume sisterna RE hampir 10% volume sel (Tabel 1.3).

Tabel 1.3. Volume beberapa organel hepatosit (dalam %) dan jumlahnya di dalam sebuah sel

Organel/ruangan intrasel	Volume	Jumlah per sel
Sitosol	54	1
Mitokondria	22	1700
REG	9	1
REA + Golgi	6	1
Nukleus	6	1
Lisosom	1	400
Peroksisom	1	300

Dari mikrograf elektron terlihat bahwa, terdapat dua daerah RE yang berbeda secara fungsional. Daerah ini diberi nama retikulum endoplasma granular (REG) yaitu daerah yang permukaan sitosolik selaputnya ditempeli ribosom, sedangkan retikulum endoplasma agranular (REA) secara fisik merupakan sebagian dari selaput yang sama, tetapi pada permukaan sitosoliknya tidak terdapat ribosom. Kedua daerah ini juga berbeda dalam bentuk susunan. REG merupakan tumpukan kantung-kantung pipih yang disebut sisterna, sedang REA berupa anyaman saluran-saluran halus (Gambar 1.20).



Gambar 1.20. Struktur Retikulum Endoplasma

Ribosom tidak pernah dijumpai pada permukaan lumenal selaput RE. Hal ini menunjukkan bahwa fungsi selaput RE tidak simetris. Perlu diingat, bahwa tidak simetrisnya selaput RE bukan karena ada tidaknya ribosom. Selain itu, terlihat bahwa membran RE lebih tipis daripada membran sel. Hal ini disebabkan komposisi molekulnya. Perbandingan protein dengan lipida membran RE lebih tinggi daripada selaput sel, sedangkan kadar kolesterolnya lebih rendah. Hal ini menyebabkan sifat selaput RE lebih stabil dan kental. Namun, perlu diingat bahwa rantai asam lemak fosfolipid membran RE lebih pendek dan banyak yang tidak jenuh. Hal ini menyebabkan perpindahan molekul ke arah lateral lebih mudah daripada selaput sel, sehingga selaput RE dinyatakan lebih dinamis daripada selaput sel. RE merupakan tempat sintesis sebagian besar komponen membran plasma maupun senyawa, terutama protein, yang dikeluarkan dari sel.

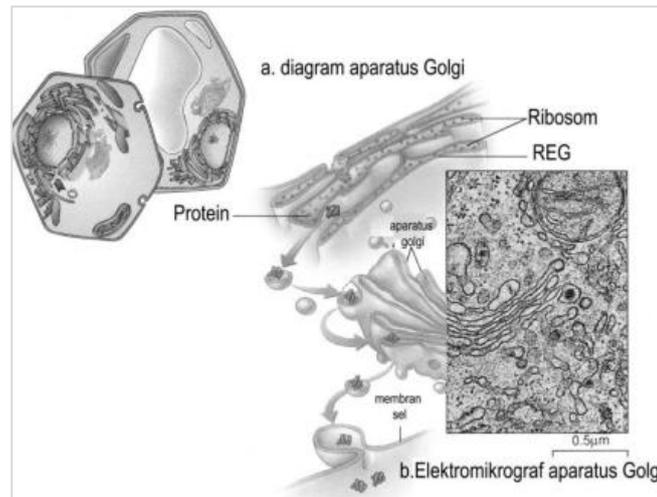
Analisis kimia selaput RE yang diisolasi dari hepatosit memberikan hasil bahwa sebagian besar protein selaput RE berupa glikoprotein. Analisis lebih lanjut menyatakan bahwa protein-protein tersebut berupa enzim-enzim dan rantai molekul-molekul pembawa elektron. Semua enzim selaput ini sangat bervariasi, antara lain: hidrolase, terutama glukosa-6fosfatase dan nukleosida-fosfatase; enzim-enzim yang berperan dalam metabolisme asam lemak, sintesis fosfolipid, dan steroid; glikosiltransferase yang berperan sebagai katalisator dalam proses sintesis glikolipid dan glikoprotein. Dua rantai pengangkut elektron masing-masing diwakili oleh sitokrom P450 dan sitokrom b5, keduanya adalah suatu hemoprotein.

RE merupakan pusat biosintesis sel. Protein transmembran dan lipid dari selaput RE, aparatus Golgi, lisosom, selaput sel, dan selaput organel yang lain, awal sintesisnya berada di RE. Begitu juga, protein yang disintesis dan direncanakan untuk berada di lumen RE, sisterna Golgi, lumen lisosom, maupun yang akan disekresikan, berasal dari RE. Beberapa proses yang terjadi di RE adalah:

- a) biosintesis protein, fosfolipid, kolesterol, proses glikosilasi, dan
- b) detoksifikasi.

## 5) Aparatus Golgi

Aparatus Golgi disebut juga badan Golgi, kompleks Golgi atau diktiosom merupakan setumpuk kantung pipih (sisterna) yang masing-masing bersalut membran agranular. Setiap kantung pipih disebut sakulus. Sebuah diktiosom memiliki dua daerah yaitu daerah cis atau pembentukan, yang erat hubungannya dengan daerah peralihan REG, dan daerah trans atau pemasakan. Pada sel-sel sekretoris daerah trans erat hubungannya dengan membran sel (Gambar 1.21).



Gambar 1.21. Struktur Aparatus Golgi

Di sekitar diktiosom terdapat dua kelompok vesikuli (bola-bola kecil). Kelompok pertama terdiri atas vesikuli kecil yang berdiameter sekitar  $200\text{\AA}$ . Vesikuli ini terdapat di antara daerah cis dan RE, disebut vesikuli peralihan. Kelompok kedua terdiri atas vesikuli berukuran antara  $400\text{--}800\text{\AA}$  terletak di tepi daerah trans, disebut vesikuli sekretoris. Dalam sistem ini, aparatus Golgi berperan sebagai pabrik pengemas. Di Golgi ini senyawa yang disintesis di RE diubah secara kimia.

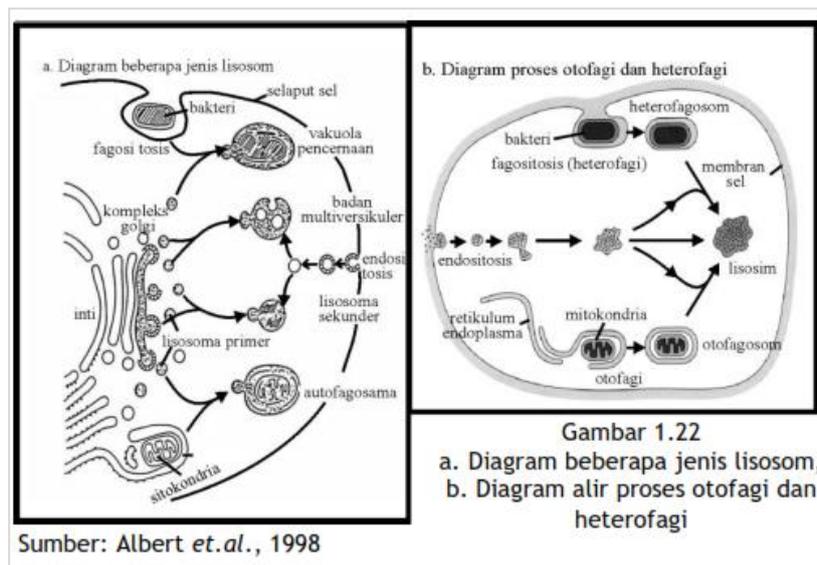
Dari kajian histokimiawi terlihat bahwa, diktiosom merupakan organel polar. Setiap sakuli dari diktiosom merupakan sisterna yang berbeda, dengan masing-masing enzimnya. Molekul-molekul protein dimodifikasi dalam tahapan berturut-turut pada saat mereka berpindah dari sakulus yang satu ke sakulus yang lain. Pengamatan morfologis dan sitokimia insitu, serta kajian biokimiawi menunjukkan bahwa, aparatus Golgi terlibat dalam sejumlah besar kegiatan sel antara lain: perakitan protein dan lipida berkarbohidrat tinggi atau lebih dikenal dengan proses glikosilasi, pemulihan selaput sel, sekresi, dan sebagainya.

## 6) Lisosom

Organel berupa kantung berbentuk tidak teratur, bersalutkan membran tunggal. Sekitar 40 jenis enzim hidrolase yang bekerja pada pH rendah ( $<6$ ) berada di dalam lisosom. Tabel 1.4. menunjukkan beberapa jenis enzim yang terdapat di lisosom. Lisosom dijumpai pada semua sel eukaryota hewan maupun tumbuhan. Ditinjau dari segi fisiologis terdapat dua kategori lisosom, yaitu lisosom primer yang hanya berisi enzim-enzim hidrolase dan lisosom sekunder yang berisi selain enzim hidrolase, juga substrat yang sedang dicerna. Lisosom primer merupakan vesikuli dengan diameter berkisar antara

250A° –0,1 mikrometer. Termasuk ke dalam lisosom sekunder adalah vakuola pencernaan yang terbentuk dari peleburan fagosom atau endosom dengan lisosom primer (Gambar 1.22).

Keanekaragaman kenampakan organel ini mencerminkan betapa bervariasinya pencernaan yang dilakukan oleh enzim-enzim hidrolase tersebut. Pada umumnya pencernaan berlangsung di dalam sel. Bila bahan yang dicerna dari luar sel proses pencernaan disebut proses heterofagi, sedangkan bila berasal dari dalam sel disebut otofagi. Pada proses heterofagi bahan dari luar sel masuk ke dalam sel dengan jalan endositosis sehingga terbentuk endosom. Pada peleburan antara lisosom primer dengan endosom, enzim lisosom tertuang ke vakuola leburan lisosom primer dengan endosom sehingga pencernaan dapat berlangsung. Leburan antara lisosom dengan endosom menjadi lisosom sekunder atau hetero fagosom. Berbeda dengan proses heterofagi bahan yang menjadi substrat bagi hidrolase lisosom berasal dari dalam sel.



Tabel 1.4. Beberapa jenis enzim lisosom

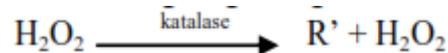
Jenis enzim	Substrat	Asal lisosom
Fosfatase - Fosfatase asam	sebagian besar ester mono-fosfat	Jaringan-jaringan hewan, tumbuhan maupun protista
- Fosfodiesterase asam	oligonukleotida dan diester fosfat	----- sda -----
Nuklease RNA ase DNA ase	RNA DNA	----- sda ----- ----- sda -----
Hidrolase β-galaktosidase α-glukosidase α-manosidase β-glukuronidase	galaktosida glikogen manosida polisakarida dan mukopolisakarida	----- sda ----- jaringan hewan jaringan hewan jaringan hewan
lisosome	dinding bakteri dan mukopolisakarida	ginjal
Jenis enzim	Substrat	Asal lisosom
hialuronidase	asam hialuronat, kondroitin sulfat	hati
arilsulfatase	sulfat-sulfat organik	hati, tumbuhan
Protease katepsin kalagenase peptidase	protein kolagen peptida	sel hewan sel tulang jaringan hewan, tumbuhan, dan protista
Enzim prombak lipida esterase	ester asam lemak	jaringan hewan, tumbuhan, dan protista
fosfolipase	fosfolipid	tumbuhan?

### 7) Peroksisom

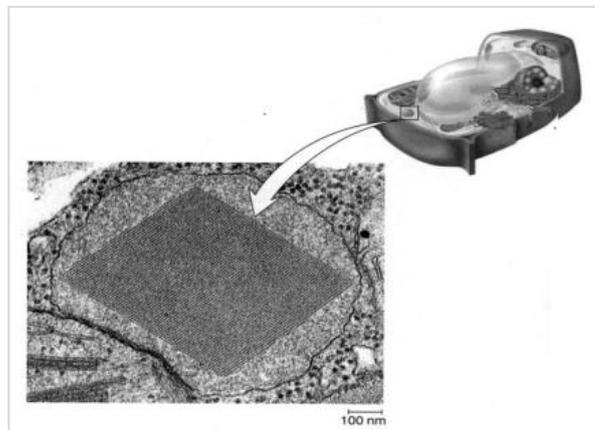
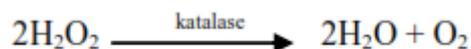
Organel berbentuk kantung dengan diameter sekitar 0,5 mikrometer (mikron), berselutkan selaput tunggal (Gambar 1.23). Lumen vesikuli berisi enzim-enzim oksidase, yang pada hepatosit terdiri atas oksidase Dasam amino, oksidase asam urat, dan katalase. Dengan pewarnaan 3,3'diaminobenzidin (DAB) akan tampak peroksisom memberikan endapan pada elektron sehingga terlihat hitam pada mikrograf elektron. Pada sel tumbuhan, peroksisom selalu terdapat berdampingan dengan kloroplas. Di dalam peroksisom terdapat enzim yang menggunakan oksigen untuk menghilangkan atom hidrogen dari suatu substrat dengan reaksi oksidatif sebagai berikut.



Katalase menggunakan  $H_2O_2$  yang timbul untuk mengoksidasi berbagai jenis substrat, misalnya fenol, asam formiat, formaldehida, dan alkohol. Reaksi peroksidatif ini berlangsung sebagai berikut.



Apabila kadar  $R'H_2$  di dalam sel rendah, reaksi berlangsung sebagai berikut.



Gambar 1.23. Peroksisom

Reaksi terakhir ini digunakan sebagai pelindung untuk mencegah tertimbunnya  $H_2O_2$ . Membran peroksida bersifat sangat permeabel, sehingga ion-ion anorganik, senyawa berberat molekul rendah sampai ke ukuran sukrosa, dapat dengan bebas masuk ke peroksisom. Begitu juga, protein luminal maupun membran peroksisom berasal dari sitosol. Peroksisom merupakan organel yang sangat beragam. Kandungan enzimnya juga sangat bervariasi, walaupun peroksisom tersebut berada di dalam satu jenis sel. Selain itu peroksisom merupakan organel yang sangat adaptif. Contoh: sel ragi, yang tumbuh pada media bergula memiliki peroksisom kecil-kecil, sedangkan yang tumbuh di media bermetanol atau berasam lemak, memiliki peroksisom besar.

Pada tumbuhan, peroksisom memegang peran penting. Terdapat dua jenis peroksisom. Pertama, terdapat di daun, peroksisom berperan sebagai katalisator dalam oksidasi hasil samping reaksi fiksasi karbondioksida. Proses ini disebut fotorespirasi. Kedua, jenis lain peroksisom terdapat di biji yang sedang tumbuh. Dalam hal ini, peroksisom berperan dalam proses perombakan asam lemak yang tersimpan di dalam biji menjadi gula yang diperlukan untuk tumbuh. Mengingat bahwa pengubahan lemak menjadi gula melibatkan serangkaian reaksi disebut siklus glioksilat, maka nama peroksisom diganti menjadi glioksisom. Siklus glioksilat tidak terjadi pada sel-sel hewan. Oleh sebab itu, hewan tidak dapat mengubah asam lemak menjadi karbohidrat.

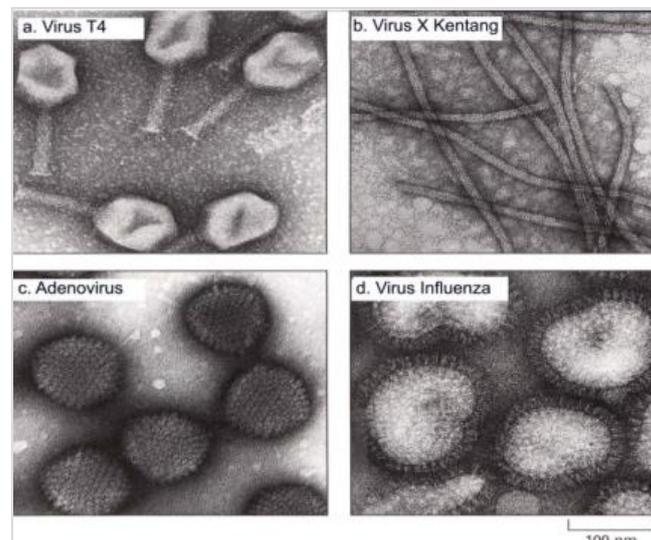
Glioksisom tidak hanya berisi enzim spesifik untuk daur glioksilat (yaitu isositrat liase dan malat sintetase) tetapi juga berisi beberapa enzim penting dari siklus Krebs. Nama “glioksisom” lebih diutamakan daripada “peroksisom”, bila enzim daur glioksilat terdapat dalam badan mikro.

### 3. Virus

Virus, merupakan “perbatasan” antara makhluk hidup dan tidak hidup. Virus bukanlah sel seperti mikroba-mikroba yang lain. Walaupun virus tidak dapat digolongkan ke dalam sel, struktur virus akan dibahas juga dalam modul ini. Bila dibandingkan dengan bakteri, virus mempunyai ukuran lebih kecil, yaitu 20–30 nanometer (nm) dan mempunyai struktur lebih sederhana pula. Selain itu virus dapat menanamkan dirinya melalui materi genetik suatu sel dan mampu menimbulkan kerusakan parah sel tersebut. AIDS disebabkan oleh virus human immunodeficiency (HIV). Penyakit flu, herpes, polio, dan hepatitis merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus. Pada tumbuhan, virus menyebabkan penyakit tobacco mosaic. Tidak seperti sel, virus hanya memiliki satu jenis asam nukleat, yaitu RNA atau DNA yang bersalutkan selubung protein. Karena virus miskin akan komponen-komponen yang penting untuk melakukan metabolisme dan reproduksi maka virus dapat “memperbanyak” diri hanya pada sel hidup.

Setelah virus memasuki suatu sel, baik tumbuhan, hewan, ataupun mikroorganisme, virus memiliki kemampuan untuk memaksa “mesin genetik” sel inang membuat banyak salinan virus tersebut. Bentuk virus terlihat pada Gambar 1.24.

Gambar 1.24. Virus



## B. KEANEKAAAN DAN KERAGAMAN

Para ahli biologi sel menyebut sel tanpa dengan spesialisasinya, contoh sel hati, sel darah, dan lain sebagainya, seakan-akan semua sel itu seperti sama. Pada hal kenyataannya tidak demikian. Misalnya: bakteri, sel-sel tubuh anggrek, belalang dalam hal apa mereka sama dan dalam hal apa pula mereka berbeda?

### 1. Keanekaan

Sel memiliki keanekaan dalam kenampakan dan fungsinya. Variasi kenampakan sel dapat terlihat dari antara lain dari ukuran dan bentuknya.

a. Ukuran: Bakteri berukuran beberapa mikrometer, telur ayam yang juga sel tunggal berukuran panjang sekitar 6 cm dan diameter sekitar 4 cm.

b. Bentuk: Bentuk sel juga sangat beraneka ragam, misalnya: sel saraf dengan akson dan dendritnya, epidermis daun, spermatozoa dengan flagelanya dan masih banyak lagi. Selain itu, gerakan sel pun juga sangat bervariasi seperti *Paramecium* dengan menggunakan silianya bergerak seperti baling-baling, sedang *Macrophagus* bergerak dengan membentuk kaki semu (*pseudopodia*). Beberapa sel hanya bersalutkan membran plasma, sedangkan beberapa yang lain membentuk pembungkus berupa lendir dan ada pula yang membuat dinding kaku, atau berada di substansi bermineral. Sel juga membutuhkan zat-zat kimia yang sangat berbeda, demikian pula kegiatannya. Beberapa sel memerlukan oksigen untuk hidup, sedangkan untuk beberapa sel yang lain, oksigen merupakan racun. Selain itu, beberapa sel memerlukan bahan baku berupa udara, sinar matahari dan air; dan sel yang lain memerlukan campuran molekul-molekul yang dihasilkan sel lain. Beberapa sel berperan sebagai pabrik untuk menghasilkan zat-zat khusus, misalnya: hormon, pati, lateks atau pigmen. Ada pula sel yang berperan sebagai mesin, misalnya sel otot.

Beberapa spesialisasi begitu banyak mengubah sel sehingga tidak mirip lagi dengan sel induknya. Spesialisasi seperti itu tidak berguna bagi organisme bersel tunggal. Pada organisme multisel terdapat pembagian tugas antara sel-sel penyusun tubuhnya. Salah satu di antaranya adalah tugas menurunkan informasi genetik dari generasi ke generasi berikutnya. Sel pengembian tugas ini adalah sel telur (*ovum*) dan spermatozoon.

### 2. Keragaman

Walaupun terdapat begitu banyak variasi dalam tumbuhan maupun hewan, organisme ini tetap memiliki persamaan sehingga mereka dapat dikatakan hidup. Dengan adanya mikroskop, secara jelas mudah diketahui bahwa tumbuhan maupun hewan merupakan kumpulan sel-sel. Sel dapat berdiri sendiri sebagai organisme. Walaupun mudah mengetahui bahwa sesuatu itu hidup, tetap sulit untuk menyatakan bahwa yang hidup itu sama. Sudah cukup lama diketahui bahwa semua yang hidup itu dapat tumbuh, berkembang biak, mengubah tenaga dari bentuk yang satu ke bentuk lainnya, dan sebagainya. Di antara semua itu yang utama adalah bahwa materi pembawa sifat menurun yang disebut gen tersimpan di DNA. Materi tersebut tertulis sebagai kata-kata sandi (kode) sama, yang terdiri atas senyawa-senyawa kimia sama, disalin dan diterjemahkan dengan cara yang sama pula.