

# MODUL AJAR BIOLOGI SEL DAN PERANANNYA DALAM KEHIDUPAN



**Disusun Oleh :**

**RAHMADINA, M.PD**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UIN SUMATERA UTARA MEDAN  
T.A. 2020**







## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami ucapkan kehadirat Allah Yang Maha Esa yang telah menganugerahi kami dengan nikmat kesehatan dan kesempatan, sehingga mendukung terselesainya Modul ajar ini sesuai dengan waktu yang telah direncanakan.

Modul ajar yang berjudul "*Biologi sel dan Peranannya dalam Kehidupan*" ini disusun dalam rangka memenuhi proses pembelajaran pada matakuliah *Biologi Sel*. Adapun dalam penyusunan Modul ajar ini, kami mendapat bantuan dari berbagai pihak.

Kami menyadari sebagai manusia dengan pengetahuan yang terbatas dan tidak lepas dari kesalahan, maka Modul ajar ini mungkin masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kami mengharapkan kritik dan saran yang instruktif agar Modul ajar ini dapat menjadi lebih baik dan bermanfaat kedepannya.

Medan, Maret 2020

Penulis

# DAFTAR ISI

Kata Pengantar.....	i
Daftar Isi.....	ii
BAB I : Sejarah Sel .....	1
BAB II : Cara Mempelajari Ilmu Sel .....	27
BAB III : Organisasi Sel.....	40
BAB IV : Organella Sel .....	73
BAB V : Struktur dan Peranan Membran Plasma.....	87
BAB VI : Transformasi Energi .....	106
BAB VII : Komunikasi Sel .....	129

# BAB I

## SEJARAH SEL

### 1.1 Biologi Sel Bagian Dari ilmu

Biologi adalah ilmu tentang hidup dan kehidupan organisme dari masa lampau sampai masa yang akan datang baik dalam hal struktur, fungsi, taksonomi, pertumbuhan, dan perkembangannya.

Alam adalah teknologi sempurna, manusia ketika mencoba memahaminya dengan cara melakukan *analisis* dan *Reduksionistik* menghasilkan pengetahuan dan juga teknologi berperspektif parsial, kontekstual dan antroposentrik. Biologi sel termasuk pengetahuan bidang biologi yang dikembangkan dengan cara ini. Untuk ini diawal semua pembaca ini wajib di ingatkan bahwa ada kemungkinan pengetahuan yang diperoleh dianggap benar secara ilmiah namun belum tentu ada di alam. Jangan lupa bahwa alam adalah hal yang kompleks dan didalamnya terdapat unsur kecerdasan terkait dengan kompleksitas alam.

Semua makhluk hidup atau organisme tersusun atas sel atau beberapa sel. Sel (*sitologi*) berasal dari bahasa *Yunani* yaitu “*kytos*” (wadah). *Sitologi* adalah salah satu cabang Ilmu Biologi. Sitologi merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang seluk beluk sel. Sel merupakan unit struktural dan fungsional terkecil pada suatu makhluk hidup. Sel memiliki semua perangkat dan kemampuan yang diperlukan untuk menjalankan proses hidup seperti bergerak, memperbanyak diri atau bereproduksi, beradaptasi atau merespon terhadap perubahan lingkungan. Proses hidup tersebutlah yang menunjang berlangsungnya kehidupan pada makhluk hidup yang disusun oleh sel tersebut. Dengan demikian, semua aspek dari sistem kehidupan bisa dipelajari dengan mengkaji proses hidup yang terjadi pada tingkat sel.

Konsep sel dihasilkan atau tercipta dari pengamatan melalui mikroskop yang terlihat sebagai bangunan kotak-kotak kecil yang dinamakan sel. Sejarah penemuan sel tersebut mengisyaratkan bahwa manusia memulai mempelajari sel dari strukturnya (menggunakan indra mata) bukan dari fungsinya. Hal tersebut mewarnai perkembangan pengetahuan manusia tentang sel. Struktur yang diperoleh melalui mikroskop tadi akhirnya diterjemahkan kearah fungsi karena pada kenyataanya organisme hidup itu mempunyai struktur, fungsi dan juga proses.<sup>1</sup>

Dalam jenjang struktural kehidupan, sel memiliki tempat yang istimewa sebagai tingkat organisasi terendah yang melakukan semua aktifitas yang di butuhkan agar tetap hidup. Terlebih lagi, semua aktifitas organisme di dasarkan pada aktifitas sel. Misalnya, pembelahan sel untuk membentuk sel-sel baru adalah dasar bagi semua reproduksi dan bagi pertumbuhan serta perbaikan organisme multiseluler.

Semua sel memiliki ciri-ciri tertentu yang sama. Misalnya, setiap sel diselubungi oleh membran yang meregulasi lalu lintas materi antar sel dan

---

<sup>1</sup> Sutiman B. Sumitro dkk, *Biologi Sel: Sebuah Perspektif Memahami Sistem Kehidupan*, (Malang: UB Press, 2017) hal: 19-21

lingkungannya. Setiap sel juga menggunakan *DNA* sebagai informasi genetik. Kita dapat membedakan dua bentuk utama yang terdapat pada sel yang disebut *sel prokariot* dan *sel eukariot*. Sel-sel pada dua kelompok mikroorganisme yang disebut bakteri dan arkea adalah termasuk kedalam kelompok sel prokariot. Sedangkan bentuk lain kehidupan termasuk tumbuhan dan hewan, tersusun atas sel eukariot.

- a. **Sel prokariotik** merupakan bentuk kehidupan yang terkecil dan memiliki metabolisme paling bervariasi. Kata prokariotik sendiri berarti "*sebelum nukleus*" yaitu suatu organisme bersel satu tanpa adanya nukleus. Hal ini berarti bahwa sel prokariotik ini terlebih dahulu ada dibandingkan sel eukariotik. Sel prokariotik memiliki tiga komponen dasar, diantaranya ialah: *plasmalemma*, *ribosom*, dan *nukleoid*. Beberapa sel prokariotik tidak memiliki kapsul yang menyelubungi dinding sel, kecuali prokariot yang dapat berfotosintesis. Sel prokariot juga dapat mengabsorpsi bahan organik untuk pertumbuhannya.
- b. **Sel eukariot** adalah sel yang memiliki inti atau *nukleus (karion)* yang dikelilingi oleh membran. Sehingga sel eukariotik memiliki dua membran yaitu *membran sitoplasma* dan *membran inti (membran nukleus)*. Sel eukariotik ini memulai kehidupannya dengan sebuah nukleus yang dikelilingi oleh berbagai macam organel yang memiliki struktur dan fungsi tertentu dan terbungkus dalam sebuah membran sehingga bentuknya kokoh dan tersusun dengan teratur. Sel eukariotik ini merupakan salah satu hasil evolusi secara fisik dan biologis yang terjadi berjuta tahun yang lalu, dimana sel ini terbentuk dari sekelompok organisme *anaerobic* dan organisme *aerobic* yang berhubungan secara simbiosis sehingga sel ini dapat hidup bersama dan saling ketergantungan satu dengan yang lainnya sehingga terbentuklah sel eukariotik.<sup>2</sup>

Sel memiliki tiga bagian utama, yaitu membran sel, nukleus (inti sel), dan sitoplasma. Dimana organel-organel sel berada didalam sitoplasma.

- **Membran sel** adalah membran yang membatasi isi sel dari sekelilingnya dan tersusun dari membran dua-lapis yang terdiri dari fosfolipid dan protein (lipoprotein).
- **Nukleus (inti sel)** berbentuk bulat panjang dan dilindungi oleh membran nukleus dan memiliki susunan yang sama dengan membran sel yaitu berupa (lipoprotein). Didalam nukleus terdapat **Nukleolus** (anak inti) yang berfungsi mensintesis berbagai macam molekul *RNA (ribonucleid acid, asam ribonukleat)*. Dan *Nukleoplasma* (cairan inti) yang merupakan zat yang tersusun dari protein. Butiran kromatin yang terdapat pada nukleoplasma, yang tampak jelas pada saat sel tidak membelah. Tetapi pada saat sel membelah, butiran kromatin menebal menjadi struktur seperti benang yang disebut *kromosom*.
- **Sitoplasma** adalah cairan matriks atau zat seperti gel yang berada didalam sel tetapi diluar nukleus dan organel-organel sel lainnya. Organel-organel sel tersebar didalam sitoplasma. Sebagian besar organel sel diselubungi oleh lapisan membran dengan struktur yang sama dengan lapisan membran sel. Fungsi spesifik dari sel bergantung pada jumlah dan jenis organel yang dimilikinya. Organel-organel tersebut antara lain ialah :

---

<sup>2</sup> Campbell, Reece dan Urry. dkk. *Biologi ed.8. jilid 1*. (Jakarta: Penerbit Erlangga 2010) hlm : 8

1. Retikulum endoplasma (RE halus dan RE kasar)
2. Badan golgi (Aparatus golgi/ kompleks golgi)
3. Ribosom
4. Lisosom
5. Badan mikro (peroksisom dan Glioksisom)
6. Mitokondria
7. Plastida
8. Vakuola (rongga sel)
9. Sentiol
10. Sitoskeleton (mikrofilmen/filament aktin, Mikrotubul, dan Filamen Intermediat)
11. Dinding sel.

Pengetahuan akan komposisi dan cara kerja sel adalah hal mendasar bagi semua bidang ilmu biologi. Pengetahuan akan persamaan dan perbedaan di antara berbagai jenis sel merupakan hal yang sangat penting terutama dalam bidang biologi sel. Persamaan dan perbedaan mendasar tersebut menimbulkan tema pemersatu yang memungkinkan prinsip-prinsip yang dipelajari dari suatu sel diekstrapolasikan dan di generalisasikan pada jenis sel lain. Penelitian biologi sel juga berkaitan erat dengan genetika, biokimia, biologi molekular dan juga biologi perkembangan.

Penemuan sel yang menjadi salah satu objek penelitian manusia, pertama kali ditemukan oleh para peneliti ketika menggunakan mikroskop elektron dalam melakukan pengamatan pada beberapa jenis organisme. Penemuan sel juga berdampak baik untuk dunia penelitian karena banyak informasi mengenai sel yang membuat mereka tertarik untuk memahaminya. Sehingga informasi mengenai sel selalu up to date. Untuk mempelajari biologi sel ini, kita membutuhkan alat yang lebih kompleks agar lebih mudah untuk dipahami.<sup>3</sup>

## 1.2. Evolusi perkembangan sel

Evolusi adalah suatu perubahan dari generasi ke generasi yang menurunkan sifat yang berbeda dari nenek moyangnya dan berlangsung dalam kurun waktu yang lama. Evolusi merupakan prinsip utama dalam biologi karena dengan evolusilah terbentuk keanekaragaman makhluk hidup.

Pada masa sekarang ini dapat dikatakan hampir semua ahli biologi dapat menerima teori evolusi biologis atau yang biasa disebut teori evolusi. Pokok dari teori evolusi itu adalah bahwa hewan, tumbuhan, dan juga manusia dalam berbagai abad yang telah berkembang dari makhluk yang berbentuk lebih sederhana. Semuanya itu melalui proses evolusi yang telah berlangsung beribu-ribu tahun, bahkan berjuta-juta tahun. Dimulai dengan satu atau beberapa bentuk makhluk yang sederhana secara perlahan-lahan berkembang keberbagai bentuk.

Teori sel antara lain menyatakan bahwa :

- a. Sel merupakan unit structural dan fungsional yang paling kecil dari makhluk hidup.

<sup>3</sup> Eddyman W.Ferial, *Biologi Reproduksi*, (Makassar : penerbit Erlangga,2013) hlm : 5

b. Sel merupakan unit hereditas yang paling kecil dari makhluk hidup.

Pernyataan pertama mengandung arti bahwa sebuah sel dapat melakukan aktifitas hidup karena dilengkapi dengan “*mesin*” atau organel-organel untuk melakukan aktifitas tersebut. Misalnya *mitokondria*, *kloroplas*, dan sebagainya. Dan yang kedua adalah sel sebagai unit hereditas, yang artinya bahwa sel itu mengandung materi *genetic (ADN)* yang mengendalikan berbagai aktivitas sel yang dalam kenyataannya memang terdapat jenis-jenis organisme yang tubuhnya hanya tersusun dari satu sel (uniseluler). Misalnya *paramecium*, *Euglena*, dan masih banyak yang lainnya.

*Alberts. (1989)* menyatakan bahwa setiap organisme dan semua sel yang membentuknya dipastikan berasal dari atau diturunkan oleh sejenis sel purba melalui evolusi. karena makhluk hidup dapat berupa sebuah sel tunggal, maka dalam pandangan evolusi, Sel yang ada sekarang mestinya juga berkembang dari sel yang lebih sederhana, dan sel yang sederhana tersebut juga merupakan hasil evolusi.<sup>4</sup>

### 1.3. Evolusi Prokariotik Menjadi Eukariotik

Evolusi merupakan prinsip utama dalam biologi karena dengan evolusilah terbentuk keanekaragaman makhluk hidup. Sel penyusun makhluk hidup dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu sel prokariotik dan sel eukariotik. Meskipun strukturnya sangat sederhana tetapi sel prokariotik dapat melakukan metabolisme utama yang berhubungan cara mendapatkan energi seperti glikolisis, respirasi dan fotosintesis. Bahkan bakteri dapat tumbuh hanya dari molekul glukosa yang dapat dimanfaatkan untuk mensintesis semua molekul organik yang dibutuhkan.

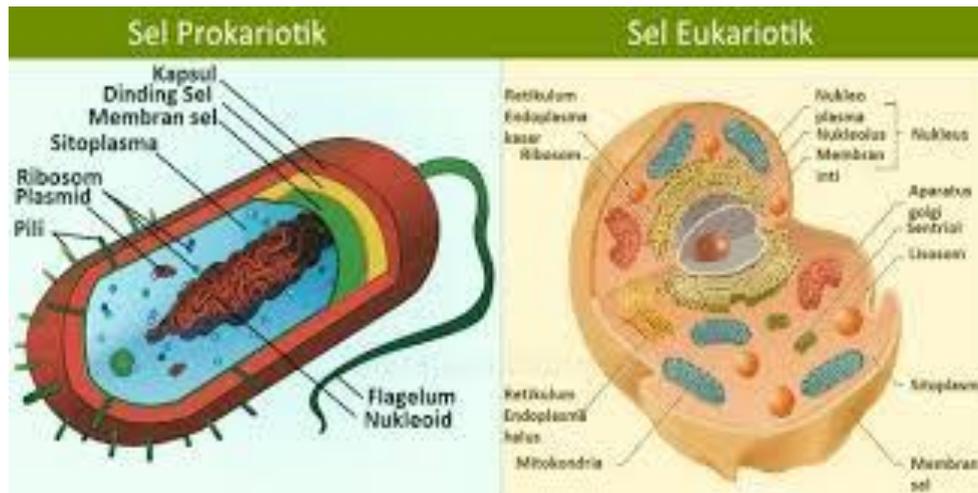
Dari fenomena tersebut dapat diambil suatu makna evolusi sel sebagai berikut. Di awal kehidupan bumi, ketersediaan molekul untuk metabolisme saangat terbatas. Hanya sel yang mampu memanfaatkan molekul-molekul sederhana yang dapat hidup dan berkembang. Jalur metabolisme tertua yaitu glikolisis yang mampu memecah dan memanfaatkan energi dari glukosa tanpa oksigen (**anaerobic**). Jalur glikolisis ini sangat cocok dengan keadaan bumi yang saat itu tidak ada oksigen dalam bentuk bebas.

Pada saat itu yang berperan dalam reaksi transfer energi dalam glikolisis yaitu senyawa *thioster*. Senyawa thioster ini terbentuk karena adanya ikatan antara *thiol* (mengandung sulfur) dengan *asam karboksilat*. Keterlibatan sulfur ini memang sangat sesuai dengan kondisi lingkungan saat itu yang kaya sulfur yang merupakan hasil dari letusan gunung berapi yang banyak dijumpai setelah bumi terbentuk.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> Sutiman B. Sumitro dkk, *Biologi Sel: Sebuah Perspektif Memahami Sistem Kehidupan*, (Malang: UB Press, 2017) hal: 23-25

<sup>5</sup> Oeke Yunita. *Biologi Sel: Pendekatan Aplikatif Untuk Profesi Kesehatan*. (Jakarta: Penerbit Erlangga, 2017) hal: 17-19



Gambar 2.1: Perbandingan struktur sel prokariotik (bakteri) dan sel eukariotik  
sumber: id. Wikipedia

### a. Evolusi Prokariotik

Prokariot merupakan organisme tertua yang paling awal menghuni bumi ini. Kemunculan prokariotik merupakan awal dari evolusi Biologi. Pada mulanya organisme ini berkembang dari sel *protobiont*, yaitu sel purba hasil dari evolusi kimia-fisik. Pada tahun 1920-an *A.L. Oparine* dari Rusia dan *J.B.S. Haldane* dari Inggris membuat hipotesis tentang bumi primitif. Atmosfer bumi dan lautan purbakala pada masa itu memang jauh berbeda dari kondisi bumi saat ini. Menurut mereka, pada masa itu banyak terjadi petir dan hujan meteoroid yang memungkinkan terjadinya penggabungan molekul sederhana menjadi molekul yang lebih kompleks. Atmosfer bumi pada saat itu belum memiliki lapisan ozon sehingga radiasi sinar ultraviolet dapat menembus atmosfer bumi primitif sehingga memungkinkan terbentuknya molekul kompleks yang dapat membelah diri dan melakukan metabolisme.

Molekul DNA (**asam deoksiribonukleat**) dan RNA (**asam ribonukleat**) merupakan molekul yang dihasilkan secara **abiotik**. Molekul ini kemudian membentuk **koaservat**, yaitu tetapan yang stabil dan cenderung bergabung dengan sendirinya. Koaservat ini merupakan kumpulan makromolekul yang dikelilingi oleh molekul air, dan dapat menyerap substrat dari lingkungannya dan dapat melepaskan hasil reaksi metabolisme. Koaservat dikenal sebagai "*Protobiont*" (*proto = awal, Bios = kehidupan*). Jadi protobiont merupakan kumpulan molekul organik yang memiliki sejumlah ciri biologis, antara lain memiliki DNA dan RNA.

Protobiont berkembang menjadi protoplasma kemudian berkembang menjadi sel prokariot awal, Prokariot ini merupakan sel yang mendominasi atmosfer bumi pada masa itu dan dapat hidup diberbagai tempat serta sangat mudah untuk berkembang biak. Prokariot dapat hidup di air panas, air dingin, air asin, basa, didalam tanah, dan pada sel lainnya. Prokariot berevolusi terus menerus, hingga menimbulkan keanekaragaman metabolisme dan cara makan.

Evolusi cara makan prokariot memegang peranan penting dalam perubahan lingkungan bumi purbakala. Pada awalnya banyak prokariot yang bersifat parasit.

Karena pada masa itu lautan kaya akan bahan organik sebagai nutrisi bagi prokariot. Prokariot dikatakan hidup sebagai parasit seiring dengan kemampuannya untuk berkembang biak. Maka lautan purba dengan cepat dipenuhi oleh sel sel prokariot, Dan banyak pula sel-sel yang mati. Pada beberapa jenis prokariot awal, terdapat pigmen penyerap cahaya matahari(UV). Sinar UV ini sangat berbahaya bagi sel yang tumbuh dipermukaan air namun prokariotik memiliki alat metabolik untuk menggunakan H<sub>2</sub>O yang berlimpah sebagai pengganti H<sub>2</sub>S. Hidrogen digunakan untuk mereduksi CO<sub>2</sub>. Hasil fotosintesis adalah glukosa dan oksigen. Prokariot fotosintetik ini adalah sinobakteria awal. Sinobakteria berevolusi antara 2,5-3,4 miliar tahun bersama prokariot lainnya. Banyaknya oksigen yang dihasilkan oleh sinobakteria ini kemudian mengubah lingkungan bumi awal yang semula tanpa oksigen menjadi banyak mengandung oksigen. Saat itu lautan menjadi jenuh dengan oksigen bebas sel yang terakumulasi dipermukaan laut. Sebagian oksigen bereaksi dengan besi terlarut menjadi oksida besi lalu mengendap. Hingga suatu saat besi terlarut habis, maka O<sub>2</sub> dibebaskan ke atmosfer.

Perubahan secara bertahap menyebabkan atmosfer bumi menjadi kaya akan oksigen. Dan terjadilah "*revolusi oksigen*". Atmosfer yang kaya oksigen ini menyebabkan kepunahan *prokariot anaerob* yang tak dapat beradaptasi dengan lingkungan baru. Namun ada prokariot anaerob lain yang dapat beradaptasi dengan yang dapat bertahan hidup dalam habitat aerob hingga saat ini yaitu *anaerob obligat*. Disamping itu muncul sel prokariot yang bersimbiosis dengan prokariot aerob, lalu terjadilah evolusi antara simbiosis tersebut yang kemudian berkembang menjadi eukariot.

## b. Evolusi Eukariotik

Kemunculan sel eukariot adalah akibat dari revolusi oksigen. **Revolusi oksigen** di anggap merupakan awal dari perubahan kehidupan di bumi, karna mengakibatkan tiga hal pokok bagi prokariot anaerob yaitu :

- **Musnah** : karna tidak mampu beradaptasi dengan habitat yang ada.
- **Beradaptasi** : tetap sebagai prokariot anaerob tetapi hidup di tempat anaerob, seperti di lumpur, tersembunyi di lubang yang dalam dan lain-lain
- **Bersimbiosis** : dengan prokariot lain dan membantu kehidupan baru sebagai sel eukariot yang kita kenal sebagai protista.

Protista mulai muncul di bumi sekitar dua miliar tahun yang lalu di buktikan oleh fosil tertua pada lapisan prakambrian. Fosil ini disebut *acritarth* (*bhs.yunani : tak jelas asal usul nya* ) semua jenis protista adalah eukariot. Protista sangat beragam ada yang *uniseluler* tetapi ada juga yang *multiseluler* dalam bentuk koloni. Protista juga mengalami metabolisme, dan sangat beragam karena :

- a) sebagian memiliki sifat aerob karena memiliki mitokondria untuk respirasi selulernya.
- b) Beberapa protista memiliki mitokondria karena mengandung bakteri untuk melakukan respirasi seluler, protista ini dapat hidup di lingkungan anaerob.
- c) Ada protista yang *fotoautotrof* dengan kloroplas dengan sebagai organel untuk melakukan fotosintesis.

- d) Ada juga protista yang *heterotrof* yaitu protista yang menyerap molekul organik atau menelan partikel makanan yang lebih.
- e) Ada protista yang *miksotrof (mix : campuran)* karena dapat melakukan fotosintesis dan nutrisi heterotrof, misalnya euglena.

Sebagian besar protista dapat bergerak bebas(motil), mempunyai flagella (silia) sebagai alat gerak. Reproduksi dan siklus hidup protista sangat bervariasi yaitu secara :

- **Aseksual** : Yaitu membelah diri, mengalami pembelahan secara mitosis
- **Seksual** : Yaitu penyatuan antara dua gamet
- **Syngami** : Yaitu pertukaran gen-gen antara dua individu lalu berpisah dan kemudian meneruskan pembiakan aseksual.

Protista ditemukan diberbagai tempat yaitu tempat yang berair,tanah yang basah,sampah,dedaunan, dan tempat yang lembab. Protista juga merupakan organisme penyusun plankton, antara lain sebagai **fitoplankton** yang merupakan komponen dasar perairan. Beberapa jenis protista hidup sebagai simbiosis bersama inangnya, baik dalam bentuk hubungan mutualistik hingga hubungan parasitik. Protista atau eukariot berbeda dengan prokariot karena protista memiliki *inti sel (nuklues)* yang terbungkus membran, mitokondria, Kloroplas, Sistem endomembran, dan sitoskeleton. Bukti- bukti yang mendukung evolusi prokariot menjadi eukariot adalah bahwa kloroplas dan mitokondria diduga merupakan evolusi dari bakteri prokariot yang bergabung secara *endosimbiotik*. Dengan ini diperkuat karena baik mitokondria maupun kloroplas memiliki genom yang terdiri atas molekul *DNA sirkuler, RNA, dan ribosom*. Ribosom kloroplas mirip dengan ribosom prokariot, begitu pula ribosom mitokondria juga mirip dengan prokariot.<sup>6</sup>

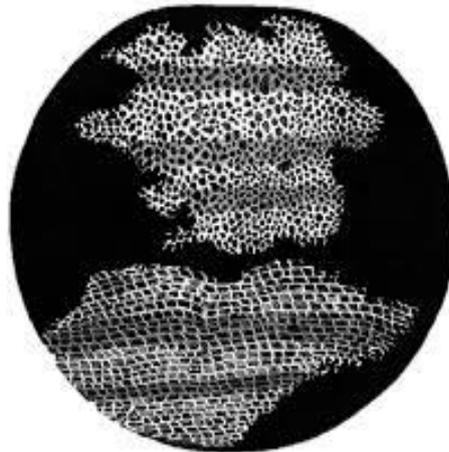
#### 1.4. Teori Perkembangan Sel

Penemuan sel menjadi salah satu objek pengetahuan manusia. Sejak sel ditemukan pertama kali oleh Robert Hooke yaitu seorang ilmuwan fisika dan kimia berkebangsaan Inggris. Sel terus mengalami perkembangan yang begitu pesat. Namun, sejarah penelitian sel sebenarnya telah dimulai jauh sebelum *Robert Hooke* mengenal istilah sel. Salah satu pelopornya adalah *Aritoteles (384-322 SM)*. Dalam teori *epigenesis* nya Aristoteles menyatakan bahwa perkembangan hewan selalu berasal dari struktur sederhana menuju bentuk yang lebih kompleks.

Sebagaimana yang kita ketahui bahwa orang yang pertama kali melakukan pengamatan dan menggambarkan sel adalah *Robert Hooke* yang merupakan seorang ilmuwan dari Inggris. Hooke menggunakan mikroskop cahaya untuk melihat irisan tipis gabus yang diperoleh dari tanaman. Tampak di bawah mikroskop bahwa gabus tersebut terdiri dari kotak kecil yang akhirnya diberi nama dengan sebutan "*sel*". Namun, sel tanaman pada irisan gabus yang diamati oleh Hooke adalah sel mati (Gambar 3.1). Pada tahun 1665, Hooke mempublikasikan gambar temuannya pada bukunya yang berjudul *Micrographia*.

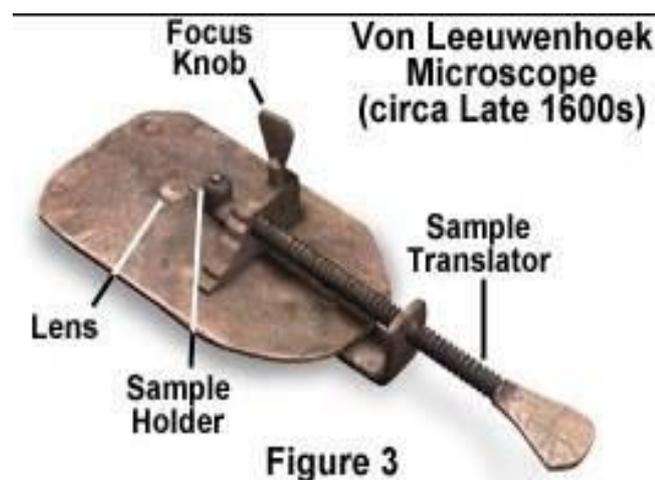
---

<sup>6</sup> Sutiman B. Sumitro dkk, *Biologi Sel: Sebuah Perspektif Memahami Sistem Kehidupan*, (Malang: UB Press, 2017) hal: 26-28



Gambar 3.1: Sel mati yang diamati oleh *Robert Hooke*  
Sumber :id. Wikipedia. com

Pada tahun **1674**, *Antonie Van Leeuwenhoek* yang merupakan seorang pembuat lensa dari Jerman adalah orang yang pertama kali mengamati dan menggambarkan sel hidup. Leeuwenhoek mengamati organisme *uniseluler mikroskopis* pada setetes air danau. Organisme tersebut tidak dapat diamati tanpa menggunakan mikroskop.



Gambar 3.2 : Mikroskop sederhana yang digunakan oleh Antonie Van Leeuwenhoek  
Sumber : pintar biologi.com

Pada tahun **1800**, penemuan mikroskop telah berkembang dengan baik. Mikroskop memungkinkan para ilmuwan mengamati sel tanaman dan sel hewan semakin detail. Para ilmuwan kemudian mengembangkan beberapa pemikiran atau teori tentang sel. *Mathias Schleiden*, seorang *Botanikus* dari Jerman pada tahun **1838** menyatakan bahwa semua tanaman terdiri dari sel. Kemudian, pada tahun **1839** *Theodore Schwann* yang merupakan ilmuwan yang juga berasal dari Jerman mempublikasikan bahwa sel merupakan struktur dasar dari hewan. Pada tahun **1855**, *Rudolf Virchow* yang merupakan seorang doctor dari Jerman menyatakan bahwa sel itu terbentuk dari sel-sel yang sudah ada. Dengan kata lain bahwa sel itu membelah untuk menghasilkan sel yang baru. Pada *pertengahan 1800-an*, pernyataan-pernyataan tersebut disatukan menjadi teori sel. Teori tersebut didukung dengan pengamatan dan data yang berulang-ulang.

Teori sel menyatakan bahwa:

- a. Semua kehidupan terdiri dari satu atau lebih sel.
- b. Sel merupakan struktur dasar kehidupan, sel melakukan semua proses kehidupan.
- c. Sel berasal dari sel hidup yang lain.

Dulu orang percaya bahwa kehidupan berasal dari benda tidak hidup (*abiogenesis spontanae*). Kepercayaan itu bertahan hampir lebih dari 2000 tahun dalam catatan sejarah manusia. Kepercayaan ini hilang setelah diketahui bahwa konsep abiogenesis tersebut dapat terjadi karena ketidak cermatan pengamatan empiris. Bukti mengenai hal ini diperoleh dari percobaan yang dilakukan oleh *Fransisco Redi (1626-1698)*, seorang ilmuwan Italia. Redi melakukan eksperimen dengan tiga set bejana yang berisi daging hewan. Bejana pertama ditutup rapat dengan kertas, bejana yang kedua ditutup dengan kain kasa dan bejana ketiga dibiarkan terbuka. Beberapa hari kemudian tampak bahwa hanya dalam bejana terbuka yang terdapat belatung. Redi akhirnya menyimpulkan bahwa terdapatnya belatung di dalam daging karena ada lalat yang meletakkan telurnya disana, bukan karena proses *abiogenesis*.

Namun saat ini orang menjadi ragu-ragu lagi terutama apabila dikaitkan dengan pertanyaan tentang kehidupan pertama di bumi ini. Bila kita menelusuri kembali keadaan di bumi milyaran tahun yang lalu, tampaknya kita akan kesulitan untuk mempercayai teori biogenesis. Ketika itu data geologis menunjukkan belum ada kehidupan. Bahkan empat setengah sampai lima milyar tahun yang lalu bumi masih berupa gas pijar yang terdiri atas hidrogen bebas dari unsur-unsur lain yang memungkinkan untuk dipakai sebagai tempat hidup.<sup>7</sup>

### 1.5. Ilmuwan-Ilmuwan Muslim dalam Bidang Biologi

Dalam sejarah kita mempelajari ilmu biologi, kita hanya mengenal ilmuwan yang berasal dari barat saja. Padahal jika kita pelajari dan kita telusuri sejarah-sejarah penemuan penting dalam biologi, kita akan mengetahui dan terkejut bahwasanya ternyata Ilmuwan muslim lah yang banyak berperan dalam perkembangan ilmu biologi dan ilmu-ilmu pengetahuan Modern lainnya. Karena dari cikal bakal pemikiran-pemikiran Ilmuwan-ilmuwan muslim inilah yang kemudian di kembangkan oleh ilmuwan-ilmuwan barat yang kemudian lebih kita kenal sampai sekarang di bandingkan dengan ilmuwan-ilmuwan Muslim yang. Padahal sesungguhnya ilmuwan-ilmuwan barat itu mengambil pelajaran dari ilmuwan-ilmuwan muslim.

Dalam perkembangan ilmu biologi sel atau tentang evolusi perkembangan makhluk hidup. Ilmuwan muslimlah yang terlebih dahulu mencetuskan teori-teori embrionik yang disebut dengan *konsep Evolusi Organik* sebelum *Charles Darwin* mencetuskan teori *Evolusi* hasil dari pemikirannya. Berikut merupakan ilmuwan-ilmuwan muslim yang berperan dalam perkembangan ilmu biologi:

---

<sup>7</sup> Sutiman B. Sumitro dkk, *Biologi Sel: Sebuah Perspektif Memahami Sistem Kehidupan*, (Malang: UB Press, 2017) hal: 22-24

### a. Ad-Damiri



Gambar 3.3 :ilmuwan muslim di bidang biologi Ad-Damiri  
Sumber : belajarislam-123.blogspot.com

Ad-Damiri bernama lengkap *Muhammad bin Musa Isa Kamal ad-Din ad-Damiri*. Ia dilahirkan di Kairo sebelah utara kota Damiri dekat kota Samanud. sekitar awal tahun *742 H/1341 M*, dan meninggal di Kairo pada tahun *808 H/1405 M*. Ad-Damiri merupakan ulama sekaligus ilmuwan. Ad- Damiri dikenal sebagai dokter Hewan atau ahli zoology. Salah satu karya Ad- Damiri yang begitu monumental yang membuat namanya menjulang di “langit peradaban” adalah karyanya yang berjudul ensiklopedi “*Hayat al-hayawan al-Kubra* “. dalam *karyanya ini, ad-damiri menjelaskan tentang susunan taksonomi biologi*. Ia juga mencantumkan ciri-ciri hewan dengan menyusunnya dalam urutan abjad dan sekaligus membahas nilai tiap bagian tubuhnya bagi kesehatan dan pengobatan. Dengan karya inilah ia dikenal baik di Barat dan di Timur. Buku tersebut ditulisnya sebagai pernyataan kata pengantar untuk mengoreksi sangkaan-sangkaan keliru tentang dunia hewan.<sup>8</sup>

### b. Al-Jahiz

Al- Jahiz bernama lengkap Abu *Uthman Amir bin Bahr (Ibnu Mahbub) Al-Fuqayun Al-Basri Al-Jahiz* lahir di Basra Irak sekitar *159-60/776 H*. Al-Jahiz adalah penulis prosa dan sastra yang sangat terkenal dalam sejarah sastra Arab. Selain itu, Al-Jahiz juga dikenal sebagai ahli *zoology* dan *kedokteran hewan*.

Terobosan-terobosan Al-Jahiz yang orisinal membuatnya ‘merajai’ belantara kecendekiawanan di masa hidupnya diabad ke- 8. Dalam kapasitasnya sebagai pakar biologi. Al-Jahiz berhasil menciptakan *teori-teori embrionik* sehingga ia dinilai sebagai salah seorang pencetus konsep *evolusi organik* sebelum *Charles Darwin* mencetuskan teori Evolusinya.

Di antara karya monumentalnya yang masuk ke dalam kategori pertama, adalah buku unggulanya yang berjudul “*Kitab Al-Hayawan*” ( *Book of Animals*, atau lebih tepat lagi menurut *Alexandre Papadopoulu* dalam “*Islam and Muslim Art*”, Books of Animated Beings” yang merujuk kepada “*Historia Animalium*” oleh *Aristoteles* terjemahan *Ibnu Al- Batriq*). Buku ini di nilai sebagai kajian Zoologis pertama yang komprehensif tentang hewan yang di tulis dalam bahasa Arab. Buku ini berisi ikhtisar zoologi dan kedokteran hewan, penjabaran jenis hewan, sifat dan perilaku hewan, penyakit serta cara pemeliharanya, yang sampai sekarang ini

<sup>8</sup> M. Natsir Arsyad, Ilmuwan Muslim Sepanjang Sejarah, cet: IV, ( Bandung : Mizan, 1995), Hal: 275

masih di pergunakan di Iraq dan Negara-negara sekitarnya. Di dalam *kitab Al-Hayawan* inilah akan dijumpai *teori-teori embrionik* tentang evolusi species, pengaruh iklim dan psikologi kehewan yang belum lagi dikembangkan hingga memasuki abad ke-19. Di literatur ini (*terdiri atas 7 volume, edisi A. Harun, Kairo, 1996*) Al-Jahiz memamerkan kecanggihannya yang mengundang pesona dalam memahami proses-proses reproduksi biologis yang amat mendasar, sehingga temuan-temuannya menurut pakar biologi *M.A Anees*, dapat disamakan dengan dasar-dasar paradigma "*seleksi seksual*" dalam teori Evolusi nya "*Charles Drawin*". Di contohkannya, salah satu unsur reproduksi seksual yang dapat di pisahkan Al-Jahiz adalah perbedaan nyata antara "kreasi (penciptaan) dan rekreasi bahwa perilaku seksual manusia yang aksiomatis (dalam arti manusia dalam aktifitas seksualnya secara sadar mampu membedakan dan memilih apakah sekedar hanya buat "rekreasi" atau untuk "Kreasi" ataukah sekaligus keduanya), membedakannya dengan perilaku seksual hewan.

Al-Jahiz menulis: "Di antara hewan-hewan yang kawin, hanya manusialah yang mempraktikkan senggama terputus (*Azl, Coitus Interruptus: dikenal pula sebagai Onanisme Conjugal*, yakni suatu metode pencegahan kehamilan dengan cara menarik penis dari vagina sebelum terjadi ejakulasi. Maksudnya agar sperma tidak masuk dalam rahim) jika ia tidak menginginkan seorang anak. Seekor keledai tidak mengawini betinanya karena ia mengharapkan keturunan dan ia pun tidak menghindari anak-anak dengan mempraktikkan senggama terputus sebagaimana yang dilakukan oleh manusia. Satu-satunya keinginannya adalah memuaskan hasrat seksualnya. Tak pernah terpikirkan olehnya bahwa sesuatu dapat tercipta dari air maninya. (*"Islam dan Masa Depan Biologis Ummat Manusia", Mizan, 1993*)<sup>9</sup>.



Gambar 3.4 : Al-jahiz  
Sumber: <https://saifulislam.com/>

Sel sebagai unit terkecil dari makhluk hidup pada mulanya ditemukan oleh seorang ahli Yunani yang bernama *Aristoteles*. Namun, pada saat itu ia belum bisa mengidentifikasi seperti apa bentuk sel itu. Setelah ditemukannya mikroskop

<sup>9</sup> M. Ishom El- Saha dkk. *Profil ilmuwan Muslim Perintis Ilmu Pengetahuan Modern*. ( Jakarta: penerbit CV Fauzan Inti Kreasi. 2004). Hlm: 86-96

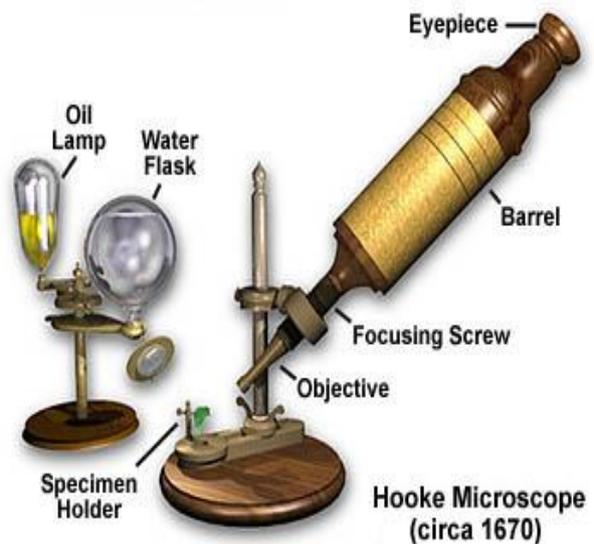
barulah ilmu mengenai sel ini berkembang. Penemuan mikroskop diawali oleh *Ecluid (590 SM)* yang menemukan adanya sifat reflektif pada permukaan cembung. Penemuan Ecluid ini dibuktikan oleh *Ptolomeus* yang mencoba melakukan perbesaran benda pada permukaan yang cembung. Setelah itu, desain mikroskop dimulai oleh *Jans dan Z. Jansen (1590)* dengan memadukan dua lensa konveks pada suatu tabung sebagai alat pembesar. Setelah itu, mikroskop dikembangkan oleh Leeuwenhoek yang berhasil menyusun model mikroskop dengan focus pendek dan berhasil menemukan beberapa makhluk hidup. Misalnya protozoa, bakterizoa dan lainnya. Berikut merupakan Ilmuwan-ilmuwan yang berperan dalam perkembangan biologi sel antara lain:

**a. Robert Hooke**

**Robert Hooke** merupakan seorang Ilmuwan **Penemu Sel** pertama kali. Hooke mengamati sel dengan menggunakan mikroskop. Dia lahir di Freshwater, Isle of Wight, Inggris pada tanggal 18 Juli 1635. Ia adalah seorang penemu, ahli kimia dan matematika, arsitek serta filsuf. Hooke merupakan putra dari seorang pendeta.



Gambar 3.5 : Robert Hooke  
 Sumber: <https://www.penemu.co/penemu-sel-robert-hooke/>



Gambar 3.6: Mikroskop Robert Hooke  
 Sumber: <https://micro.magnet.fsu.edu>

Ayahnya bernama John Hooke seorang kurator pada museum Gereja All Saints. Pada masa kecil Hooke belajar pada ayahnya. Karena orang tuanya miskin, Hooke tidak leluasa untuk memilih tempat belajar dan akhirnya dia tertarik dengan seni, dan kemudian ia di kirim ke London untuk belajar pada seorang pelukis *Peter Lely*.

Pada tahun 1665, *Robert Hooke* mengamati sayatan gabus dari batang *Quercus suber* atau menurut kebanyakan sumber di sebut dengan tanaman gabus dengan menggunakan mikroskop. Ia menemukan adanya ruang-ruang kosong yang dibatasi dinding tebal. Dalam pengamatannya, Robert Hooke menyebut ruang ruang kosong tersebut dengan istilah "*cellulae*" yang artinya sel. Sel yang ditemukan Robert Hooke merupakan sel-sel gabus yang telah mati. Pada tahun 1665 juga *Hooke* menerbitkan sebuah buku yang berjudul *Micrographia*, yaitu sebuah buku yang menggambarkan pengamatan *mikroskopis* dan *teleskopik*, dan beberapa

karya asli dalam biologi. Hooke menciptakan istilah sel pertama kali untuk menggambarkan organisme biologis, istilah yang disarankan oleh kemiripan sel tumbuhan ke sel kulit para biarawan. *Mikroskop emas tooled* dia digunakan untuk membuat pengamatan untuk *Micrographia*, yang pada awalnya dibangun oleh *Christopher White* di London yang dipamerkan di Museum Nasional Kesehatan dan Kedokteran di Washington DC.

#### b. Antonie Van Leeuwenhoek



Gambar 3.7 : Antonie Van Leeuwenhoek

Sumber: <https://www.sapaviva.com/antonie-van-leeuwenhoek/>

Antonie adalah orang yang pertama dalam mengamati mikroorganisme bersel tunggal (uniseluler), seperti Bacteria dan Protozoa. Dia adalah seorang yang berkebangsaan Belanda, penemuan yang telah dilakukannya ialah memodifikasi mikroskop hingga pembesaran 275 kali. Selain itu, Antonie juga berhasil membuat mikroskop berlensa satu yang kemudian digunakannya untuk meneliti air rendaman jerami. Dalam rendaman jerami tersebut, Antonie menemukan benda yang bergerak di dalam air. Mikroorganisme ini kemudian dinamai Bacteria. Dengan temuannya, maka Antonie berhasil menjadi orang pertama yang meneliti sel hidup.

Seperti *Michael Faraday*, *Antonie van Leeuwenhoek* juga bukan seseorang yang memiliki pendidikan yang tinggi. Dia adalah seorang pengrajin yang memiliki bisnis dalam pembuatan lensa. Antonie yang mempunyai rasa penasaran tinggi berubah menjadi seorang ilmuwan setelah melakukan berbagai riset. Dia membuat dan menjual berbagai lensa, yang penggunaan utamanya adalah sebagai teleskop dan pembesar baca. Setelah membuat kacamata untuk waktu yang lama, ia memutuskan untuk melakukan penyelidikan dan penelitian amatir. Pengamatannya terhadap bakteri (yang ia sebut *animacules*) membuatnya menjadi orang pertama yang diketahui pernah melihat mikroorganisme ini. Akibatnya, ia diberi gelar dalam menemukan "*mikrobiologis pertama*" dan disebut sebagai "*bapak mikrobiologi*". Mikroskop Van Leeuwenhoek adalah *rudimenter*: Kekuatan perbesaran mikroskop ini diperkirakan antara 200x dan 300x. Meskipun demikian, mikroskop ini cukup kuat untuk memberinya akses visual ke dunia mikroba yang sampai sekarang tidak

diketahui. Sel-sel lain yang ia pelajari berkisar dari spermatozoa uniseluler sederhana hingga otot *multiseluler kompleks, jamur, serangga, dan antropoda*. Antonie dengan cermat mendokumentasikan temuannya. Hasil penelitiannya banyak yang kemudian dia bagikan dalam bentuk surat kepada *London Royal Society*. Karena Antonie merupakan seorang pengrajin dengan sedikit pendidikan, itu membuatnya hanya bisa menulis dalam bahasa asli Belanda. Tetapi karena pentingnya karya-karyanya yang sedemikian rupa, menjadikan *Royal Society* menerjemahkannya ke dalam bahasa Latin dan Inggris sebelum menerbitkannya. Publikasi-publikasi itu membuatnya sangat terkenal sehingga orang-orang terkemuka seperti, *Gottfried von Leibniz, Pangeran William III dari Orange dan istrinya Queen Mary II dari Inggris, Skotlandia dan Irlandia datang untuk mengunjunginya*. Dia juga diberikan audiensi dengan *Czar Peter the Great of Russia* di kapal pesiar kerajaannya yang dipersembahkan untuk menghormatinya yang disebut kawah bulan Leeuwenhoek.

### c. Jean Baptiste De Lamarck

*Lamarck* adalah seorang *Biologiwan* asal Prancis. Lamarck lahir di Bazentin, Picardie, 1 Agustus 1744 dan meninggal di Paris 18 Desember 1829 pada usia 85 tahun. Dia dikenal karena pendapatnya dalam teori tentang evolusi kehidupan. *Lamarck* menyatakan *bahwa seluruh organisme hidup harus memiliki jaringan selular*.



Gambar 3.8 : Lamarck

Sumber: [https://id.wikipedia.org/wiki/Jean-Baptiste\\_de\\_Lamarck](https://id.wikipedia.org/wiki/Jean-Baptiste_de_Lamarck)

Dalam bukunya yang berjudul "*Philosophic*" Jean-Baptiste de Lamarck, ahli biologi berkebangsaan Perancis ini menyebutkan beberapa gagasan terkait dengan teori evolusi, antara lain:

- Lingkungan mempunyai pengaruh pada ciri dan sifat yang dihasilkan melalui adaptasi lingkungan.
- Ciri dan sifat yang terbentuk akan diwariskan kepada keturunan.
- Organ yang sering digunakan akan berkembang dan membesar, sementara organ yang jarang digunakan akan mengalami penyusutan, atau bahkan menghilang.

Lamarck memberikan contoh pada spesies jerapah. Lamarck berpendapat bahwa *panjang leher jerapah yang kita lihat saat ini merupakan akibat dari adanya*

*evolusi*. Menurut Lamarck pada masa lalu, jerapah hanya ada satu jenis, yaitu jerapah dengan leher pendek. Dan karena makanan jerapah ini ada di pucuk daun yang tinggi, mau tidak mau, jerapah harus berusaha untuk menggapai dedaunan tersebut. Jerapah pun menguatkan otot lehernya dan menggunakannya secara maksimal sehingga lehernya dapat menjadi panjang. Sifat jerapah berleher panjang ini pun diwariskan kepada keturunannya sehingga semua jerapah yang kita lihat saat ini berleher panjang. Menariknya, gagasan yang dikeluarkan oleh teori evolusi Lamarck ini menghasilkan 2 fakta penting:

- Adanya **penemuan fosil** yang memperlihatkan bahwa makhluk hidup zaman dulu berbeda dengan makhluk hidup masa sekarang.
- Teorinya **menjelaskan mengapa setiap makhluk hidup memiliki adaptasi** yang baik terhadap lingkungan.

Gagasan Lamarck ini memperlihatkan bahwa tiap makhluk hidup punya cara adaptasi sesuai dengan cara hidupnya masing-masing. Itulah mengapa singa punya cakar yang kuat untuk mencengkram mangsa. Mengapa gajah punya belalai panjang untuk mengumpulkan makanan. Itulah mengapa, rusa punya otot kaki yang kuat, demi bisa kabur dari kejaran predator.

Lamarck ialah seorang penggagas dalam suatu teori evolusi kehidupan, beliau adalah seorang bapak yang dikenal dengan sebutan *Lamarckisme*. Ia percaya akan adanya perubahan linear pada makhluk hidup dari bentuk tersederhana menuju bentuk yang lebih canggih. Ia juga berpendapat bahwa setiap *spesies* sudah ada sejak penciptaan kehidupan. Pemikiran ini bertentangan dengan banyak pendapat sarjana Prancis sezamannya, yang lebih condong pada perkembangan spesies. spesies-spesies terbentuk dalam perkembangan proses kehidupan, tidak "langsung jadi" begitu saja. Perubahan terjadi pada spesies sebagai akibat reaksi mereka terhadap lingkungan (adaptasi).

Dalam kariernya ia telah menulis buku di bidang yang cukup luas, mulai dari *zoologi, botani, meteorologi, dan kimia*. Namun sebetulnya minat utamanya adalah hubungan antara makhluk hidup dan lingkungannya (ekologi). Ia memberi dasar klasifikasi baru bagi hewan, dengan pertama-tama memisahkan dalam dua kelompok besar. Seperti hewan bertulang belakang (*Vertebrata*) dan tak bertulang belakang (*Avertebrata*). Hal ini dikemukakannya dalam buku karangannya "*Filsafat Zoologi*" (1809).<sup>10</sup>

---

<sup>10</sup> Starr, Ralp Taggart, Christine evers, dkk. *Kesatuan dan keragaman makhluk hidup. Ed.12 buku 2.* (Jakarta : Penerbit Salemba Teknika. 2013).

#### d. Robert Brown



Gambar 3.9: Robert Brown  
Sumber: <https://www.imdb.com/>

Robert Brown (1773-1858) adalah seorang ilmuwan Botanik asal Skotlandia. Robert Brown memberikan sumbangan penting terhadap botani melalui penemuan inti sel dan aliran sitoplasma. Teori sel *Robert Brown menjelaskan bahwa dalam penelitiannya ia menemukan inti sel, dan menyatakan bahwa inti sel (nukleus) merupakan bahan yang terpenting dalam suatu sel.* Pada tahun 1831, Brown mengamati struktur sel pada jaringan tanaman *anggrek* dan melihat benda kecil yang terapung-apung dalam sel yang kemudian diberi nama inti sel atau nukleus. Berdasarkan analisisnya diketahui bahwa inti sel selalu terdapat dalam sel hidup dan kehadiran inti sel itu sangat penting, yaitu untuk mengatur segala proses yang terjadi di dalam.

#### e. Rene Dutrochet



Gambar 3.10 : Rene Dutrochet  
Sumber: Sumber: <https://www.imdb.com/>

*Rene Joachim Henri Dutrochet* (November 14, 1776 - 4 Februari 1847) adalah seorang dokter ahli botani Perancis dan fisiologi. Dutrochet lahir di Poitou. Pada 1799 ia memasuki laut militer di Rochefort, tapi segera meninggalkannya untuk bergabung dengan tentara Vendean. Pada tahun 1802 *Dutrochet* mulai studi kedokteran di Paris. Dan kemudian ditunjuk sebagai dokter kepala rumah sakit di Burgos. Henri Dutrochet *membuat hubungan antara sel-sel tumbuhan dan sel hewan eksplisit, dan dia mengusulkan bahwa sel bukan hanya unit struktural tetapi juga fisiologis.* Henri Dutrochet juga mengemukakan seluruh jaringan organik adalah sebagai sel bulat kecil yang disatukan oleh kekuatan adesif

sederhana. Dengan demikian, *jaringan adalah kumpulan sel yang mengalami modifikasi.*

#### f. Rudolf Virchow



Gambar 3.11: Rudolf Virchow  
Sumber: <https://www.berbagaireviews.com>

Rudolf Virchow adalah seorang dokter, patologis, sejarawan, ahli biologi, dan politikus asal Jerman. Virchow mempelajari ilmu kedokteran di Berlin pada *akademi militer Prussia*. Ia lulus pada 1843 dan menjadi profesor pada 1847. Dengan alasan politis, ia pindah ke Würzburg dua tahun kemudian, dan bekerja dalam bidang anatomi. Ia kembali ke Berlin pada 1856. Virchow dikenal dengan berbagai penemuannya. Virchow adalah orang pertama yang mengenal istilah leukemia dan amat dikenal dengan hukumnya yaitu: "*Omnis cellula ex cellula*" ("setiap sel berasal dari sel lainnya") yang ia kemukakan pada tahun 1855. Hukum ini berdasarkan penemuannya, bahwa bukan seluruh organisme melainkan kelompok sel tertentu yang dalam keadaan tak sehat.

Selain itu *Rudolf Virchow* mengemukakan *sel sebagai unit pertumbuhan terkecil makhluk hidup*. Sel sebagai penyusun terkecil makhluk hidup selain menjalankan suatu fungsi kehidupan juga mengalami pertumbuhan. Sel dapat mengalami perpanjangan ukuran maupun perbesaran volume sel.

Sel merupakan kesatuan pertumbuhan (*omne cellulae e cellula*). Virchow berperan dalam banyak penemuan penting. Meskipun dia dan Theodor Schwann tidak disebutkan bersamaan, dia paling banyak diketahui karena teorinya tentang sel. Ia adalah orang pertama yang menemukan sel-sel leukemia. Dia adalah orang pertama yang menerima dan menjiplak hasil kerja *Robert Remak* yang menyatakan asal usul sel adalah termasuk pembagian unsur sebelumnya. Teori ini ia tuangkan dalam *epigram Omnis cellula e cellula* ("setiap sel berasal dari sel sebelumnya") yang *dipublikasikan tahun 1858*. (epigram ini sebenarnya ditemukan François-Vincent Raspail tapi dipopulerkan oleh Virchow). Ini adalah penolakan terhadap konsep *generasi spontan (spontaneous generation)*, yang menyatakan organisme berasal dari benda mati.

**g. Matthias Schleiden (1804-1881).**



Gambar 3.12 : Matthias Schleiden  
Sumber : <https://www.berbagaireviews.com/>

*Schleiden (5 April 1804 - 23 Juni 1881)* adalah seorang ahli botani Jerman dan pendiri teori sel, bersama dengan *Theodor Schwann* dan *Rudolf Virchow*. Schleiden lahir di Hamburg dan di didik di Heideberi sebagai botani. Schleiden mengadakan penelitian terhadap tumbuhan. Setelah mengamati tubuh tumbuhan, ia menemukan bahwa banyak sel yang tumbuh pada tumbuhan. Akhirnya *Matthias Schleiden menyimpulkan bahwa satuan terkecil dari tumbuhan adalah sel*. Selain itu dia juga berpendapat bahwa nukleus dan perkembangan sel sangat erat hubungannya. Berdasarkan hasil penelitiannya, *Schleiden menyimpulkan bahwa masing-masing sel tanaman mengarah ke suatu kehidupan ganda*. Satu tergantung pada kehidupannya sendiri dan yang lain sebagai bagian integral tanaman.<sup>11</sup>

**h. Theodore Schwan**



Gambar 3.13 : Theodore Schwan  
Sumber: <https://www.imdb.com/>

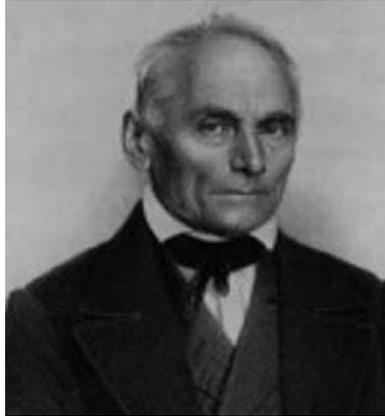
*Schwann* adalah seorang ahli fisiologi dan ahli zoologi Jerman. Banyak kontribusi untuk biologi yang mencakup pengembangan teori sel. Penemuan sel Schwann adalah dalam *sistem saraf perifer, penemuan dan studi pepsin, penemuan sifat organik ragi, dan penemuan metabolisme panjang*. Schwann melakukan penelitian terhadap hewan. Ternyata dalam pengamatannya tersebut ia melihat bahwa tubuh hewan juga tersusun dari banyak sel. Selanjutnya T. Schwan menyimpulkan bahwa *satuan terkecil dari tubuh hewan adalah sel*. Dari penelitian tersebut dia menyimpulkan *bahwa sel merupakan unit terkecil penyusun makhluk hidup*.

---

<sup>11</sup> Koes Irianto, *Anatomi dan Fisiologi*. (Bandung : Penerbit Alfabeta. 2012) hal: 45-49

Teori Schleiden dan Schwann menyatakan bahwa *sel merupakan kesatuan struktural*. Schleiden dan Schwann adalah tokoh ilmuwan yang telah berjasa dalam dunia *mikrobiologi*. Dengan teori sel merupakan suatu kesatuan struktural (berdasarkan bentuk). *Scheilden mengamati sel pada tumbuhan dan Schwann mengamati sel pada hewan*.

## I. Johannes Purkinje



Gambar 3.14 : Johannes Purkinje  
Sumber : <https://myzamm.wordpress.com/tag/johannes-purkinje/>

*Johanes Purkinje (1787-1869)* adalah seorang ahli anatomi dan ahli faal (fisiologi) berkebangsaan Ceko. Johannes dilahirkan di Libochovice, Bohemia. Pada 1819 ia selesai mengenyam pendidikan kedokteran di Universitas Praha. Di universitas ini kelak ia ditunjuk menjadi profesor ilmu faal setelah menyelesaikan disertasi doktoralnya. Penemuannya yang sangat terkenal adalah sel Purkinje, yaitu sebuah sel saraf besar yang memiliki banyak cabang dendrit. Sel ini dapat ditemukan di otak kecil. Selain itu Purkinje adalah orang pertama yang mengajukan istilah protoplasma untuk menamai bahan embrional sel telur. Protoplasma merupakan bahan embrional dari sel yang berupa gelatin yang dia namakan dengan *sarcod*. Menurut Johannes Purkinje, protoplasma dibagi menjadi dua bagian yaitu *sitoplasma* dan *nukleoplasma*.

## J. Gregor Mendel



Gambar 3. 15 : Gregor Mendel  
Sumber : <https://www.britannica.com/biography/Gregor-Mendel>

*Gregor Mendel* dilahirkan pada 1822 di kota Heizendorf, yang ketika itu masuk dalam wilayah kerajaan Austria. Tapi sekarang menjadi bagian dari Cekoslovakia. Pada 1843 ia bergabung dengan biara di Brunn, Austria, dan dilantik menjadi pendeta di sana pada 1847. Kepala biara kemudian mengirim Gregor

Mendel untuk belajar matematika dan sains di Universitas Vienna dari tahun 1851 sampai 1853. Pada tahun **1856 Gregor Mendel** mulai melakukan serangkaian percobaan di bidang pembiakan tanaman. Hingga pada 1865 *ia menemukan hukum hereditas (keturunan)* dan menerbitkannya dalam sebuah makalah untuk dipresentasikan di depan Brunn Natural History Society. Pada 1866, hasil penemuannya dipublikasikan di Transaction, dengan judul *“Eksperimen dengan Tumbuhan Hybrid”*. Walaupun jurnal tersebut bukanlah yang prestisius, namun banyak tersimpan di perpustakaan-perpustakaan besar di Austria.

Terdapat beberapa fakta dari hasil penemuan Gregor Mendel mengenai hereditas atau keturunan ini, *Gregor Mendel* menyatakan bahwa *“semua makhluk hidup memiliki gen yang merupakan unit dasar dari makhluk hidup untuk mewarisi karakteristik dari orangtua kepada anak”*. Gregor Mendel mengatakan jika ada dua gen yang berbeda diwariskan untuk suatu ciri atau sifat kepada keturunannya maka biasanya efek dari gen yang dominan akan muncul pada individu itu. Namun gen yang kurang dominan tidak akan hilang begitu saja, tetapi akan diturunkan pada generasi selanjutnya atau pada individu lain. Gregor Mendel ketika melakukan percobaan menyadari bahwa *setiap sel reproduktif hanya mengandung satu gen dari setiap pasangan, yang dalam hal ini merujuk pada sel telur dan sperma manusia*. Gregor Mendel bahkan menyebut bahwa kemungkinan sebuah gen dari setiap pasang untuk menghasilkan keturunan hanyalah bersifat kebetulan belaka, karena setiap sel reproduktif memiliki peluang yang sama dengan kualitas yang hampir sama. Hukum Mendel, walaupun telah sedikit dimodifikasi oleh ilmuwan lain, tetap menjadi dasar penting bagi sains modern. Utamanya bagi ilmu genetika.

Teori sel pertama kali diterbitkan oleh *T.Schwan dan M. Schleiden (1839)*. Matthias Mereka berpendapat bahwa setiap makhluk hidup tersusun oleh sel. Dengan kata lain, *sel itu merupakan satuan (unit) struktural dari makhluk hidup*. Teori sel ini kemudian direvisi kembali oleh ilmuan-ilmuan yang lainnya hingga menjadi dasar Biologi yang lebih modern atau dikenal dengan *Teori Sel Modern*. Diantaranya :

- Setiap organisme hidup terdiri atas satu atau lebih sel.
- Sel merupakan kesatuan structural, fungsional, herediter terkecil sebagai bagian organisme multisel.
- Semua sel hidup berasal dari sel dan berkembang biak melalui pembelahan sel yang berasal dari pembelahan sel lain yang sebelumnya hidup.
- Sel merupakan unit aktifitas biologi yang dibatasi oleh membran semipermeabel, yang dapat melakukan reproduksi sendiri pada medium diluar makhluk hidup.
- Sel mengandung materi yang diwariskan kepada keturunannya selama pembelahan.

Teori yang telah diterbitkan oleh para ilmuan-ilmuan tersebut yang berkenaan tentang keberadaan sel, sudah banyak ditemukan pada semua organisme makhluk hidup. Baik pada manusia, hewan dan tumbuhan, maupun pada mikroba lainnya yang terdiri dari sejumlah sel dengan sekresinya. Dimana sebenarnya sel-sel ini berasal dari sel-sel sebelumnya yang hidup. Setiap sel memiliki fungsi dan kehidupannya sendiri yang tergabung dalam organisme multisel. Perkembangan teori sel ini membutuhkan waktu yang cukup lama. Yaitu sampai berabad-abad lamanya untuk dapat menyimpulkan sebuah konsep dalam bentuk teori yang dapat

diterima oleh semua orang. Khususnya orang-orang yang berada dalam lingkup Biologi. Oleh karena itu perkembangan mengenai teori sel ini dapat terus berkembang hingga dimasa selanjutnya. Bahkan sampai ditemukannya alat-alat canggih lainnya yang dapat mempermudah pengamatan pada bagian-bagian sel tersebut.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> Starr, Ralp taggart. Christine evers. dkk. *kesatuan dan keragaman makhluk hidup. ed:12. Buku 1.* (Jakarta:Penerbit Salembatika.2012) hlm :61

## KESIMPULAN

Biologi adalah ilmu tentang hidup dan kehidupan organisme dari masa lampau sampai masa yang akan datang, baik dalam hal struktur, fungsi, taksonomi, pertumbuhan maupun perkembangannya. Ilmu yang mempelajari tentang seluk beluk sel disebut dengan ilmu sitologi. Sel merupakan unit dasar kehidupan makhluk hidup yang susunannya secara struktural dan fungsional sangat berpengaruh terhadap kepribadian dan tingkah laku dari masing-masing makhluk hidup. Seluruh makhluk hidup itu tersusun atas sel yang saling berinteraksi satu dengan yang lainnya. Sel memiliki sifat yang fundamental (mendasar) dalam ilmu biologi. Semua organisme kehidupan tersusun atas sel tunggal. Makhluk bersel tunggal ini hanya mampu dilihat oleh alat khusus yang disebut mikroskop.

Evolusi adalah suatu perubahan dari generasi ke generasi yang menurunkan sifat yang berbeda dari nenek moyangnya dan berlangsung dalam kurun waktu yang lama. Evolusi sel memiliki dua proses yang sangat penting dalam perkembangannya, diantaranya melalui peristiwa variasi acak untuk mencari informasi genetic yang terjadi pada individu dan keturunannya melalui seleksi. Teori evolusi sel dimulai dengan asal mula sel dibumi.

*Teori sel pertama kali diterbitkan oleh T.Schwan dan M. Schleiden (1839). Matthias Schleiden adalah seorang ahli anatomi tumbuhan, dan Theodore Schwann yang merupakan ahli anatomi hewan. Mereka berpendapat bahwa setiap makhluk hidup tersusun oleh sel. Dengan kata lain, sel itu merupakan satuan (unit) struktural dari makhluk hidup.* Teori sel ini kemudian direvisi kembali oleh ilmuwan-ilmuan yang lainnya hingga menjadi dasar Biologi yang lebih Modern. Teori ini dikatakan sebagai interpretasi dari Radikal tentang alam, yang menjadi dasar dalam kesatuan hidup dari suatu makhluk hidup.

## PERTANYAAN

1. Apa saja yang di pelajari dalam biologi sel?
2. Jelaskan yang dimaksud dengan Generatio spontanae?
3. Jelaskan yang dimaksud dengan evolusi dan proses penting dalam evolusi?
4. Apakah penyebab terjadinya revolusi oksigen?
5. Jelaskan yang dimaksud dengan “ sel merupakan kesatuan hereditas terkecil”?
6. Jelaskan yang dimaksud dengan teori yang dinyatakan oleh Rudolf Virchow yaitu “omne cellula e cellula”?
7. Jelaskan yang dimaksud dengan endosimbiotik pada evolusi eukariotik?
8. Sebutkan gagasan-gagasan teori evolusi yang dikemukakan oleh de Lamarck?
9. Jelaskan proses terjadinya evolusi eukariotik?
10. Jelaskan bagaimana Robert Hooke menemukan sel mati?

## GLOSARIUM

### A

- Aerob** : adalah organisme yang melakukan metabolisme dimana sel-sel menghasilkan energi kimia tanpa menggunakan oksigen.
- Abiogenesis** : adalah teori yang mengatakan bahwa asal-usul kehidupan berasal dari benda tak hidup.
- Anaerob** : adalah proses metabolisme dimana sel-sel menghasilkan energi kimia tanpa menggunakan oksigen
- Anatomi** : adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari struktur tubuh.
- Antroforensik sumber** : adalah kecenderungan untuk memandang alam sebagai suatu yang bisa di manfaatkan (Expendable) untuk kepentingan manusia.
- Avetebrata** : adalah hewan yang tidak bertulang belakang.

### B

- Biokimia** : adalah ilmu yang mempelajari struktur dan fungsi komponen seluler.

### D

- DNA** : adalah suatu asam nukleat yang menyimpan segala informasi biologis yang unik dari setiap makhluk hidup.

### E

- Endosimbiotik** : adalah teori yang menyatakan bahwa sel eukariot berasal dari organisme prokariot
- Evolusi** : Evolusi adalah suatu perubahan dari generasi ke generasi yang menurunkan sifat yang berbeda dari nenek moyangnya dan berlangsung dalam kurun waktu yang lama
- Euglena** : adalah genus dari organisme bersel tunggal pada ordo protozoa
- Eukariot** : adalah sel yang memiliki membrane inti.

### F

- Fotoautotrof** : adalah organisme yang dapat menggunakan sumber energi cahaya untuk kemudian mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik.

### G

- Genetika** : adalah cabang biologi yang mempelajari pewarisan sifat pada organisme maupun sub organisme.

### H

- Heterotrof** : adalah organisme yang membutuhkan senyawa organik dimana karbon diekstrak untuk pertumbuhannya.

## K

**Koaservat** : adalah agregat makromolekul yang sangat hidrofobik.

## M

**Microbiologi** : adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari mikroorganisme

**Molekuler** : Salah satu cabang biologi yang merujuk pada pengkajian mengenai pada skala molekul.

**Multiseluler** : adalah organisme yang terdiri lebih dari satu sel.

## N

**Nukleus** : adalah Inti sel yang merupakan organel yang ditemukan pada sel eukariotik.

**Nukleoplasma** : adalah cairan inti.

## P

**Paramecium** : Salah satu protista mirip hewan.

**Plasmalemma** : adalah nama lain untuk membran sel.

**Prokariot nukleus.** : adalah sel yang membran intinya tidak terdapat pada membran nukleus.

## R

**Reduksionistik** : Adalah suatu kebiasaan untuk memandang sebuah selh bagian utuh dari sebuah objek dengan meneliti bagian-bagiannya.

**RNA** : ribonucleid acid atau asam ribonukleat adalah molekul polimer yang terlibat dalam berbagai peran biologis dalam mengkode, dekode, regulasi, dan ekspresi gen

## S

**Sarcod** : adalah protoplasma yang bahan embrional sel nya berupa gelatin

**Semipermeabel** : membran semipermeabel merupakan tipe membran sel yang hanya dapat melewatkan zat cair atau zat pelarut saja.

**Simbiosis** : Semua jenis interaksi biologis jangka panjang dan dekat antara dua organisme biologis yang berbeda.

**Sitologi beluk sel** : adalah cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang seluk

**Stafilokokus** : adalah makhluk bersel tunggal yang hanya mampu dilihat oleh alat khusus yang disebut mikroskop.

## U

**Uniseluler** : adalah organisme bersel satu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, M. Natsir. 1995. *Ilmuwan Sepanjang Sejarah. Cet : IV*. Bandung : Penerbit Mizan
- Campbell, Reece Urry, Cain, dkk. 2010. *Biologi*. Ed. 8. jilid.1. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Elsaha, M.Ishom, Saiful Hadi. 2004. *Profil Ilmuwan Muslim Perintis Ilmu Pengetahuan Modern*: Jakarta: CV. Fauzan Inti Kreasi.
- Ferial, Eddyman W. 2013. *Biologi Reproduksi*. Makassar : Penerbit Erlangga
- Irianto, Koes. 2012. *Anatomi dan Fisiologi*. Bandung: Penerbit Alfabeta
- Starr, Ralp Taggart, Christine evers, dkk. 2013. *Kesatuan dan keragaman makhluk hidup. Ed.12 buku 2*. Jakarta : Penerbit Salemba Teknika.
- Starr, Ralp Taggart, Christine evers, dkk. 2010 *Kesatuan dan keragaman makhluk hidup. Ed.12 buku 1*. Jakarta : Penerbit Salemba Teknika.
- Yunita, Oeke. 2017. *Biologi Sel: Pendekatan Aplikatif Untuk Profesi Kesehatan*. Jakarta: Penerbit Erlangga

## BAB II CARA MEMPELAJARI ILMU SEL

Biologi sel merupakan salah satu cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang sel. Dalam hal ini, sel yang diamati bukan hanya bagian morfologi saja melainkan dari aspek biokimianya, genetiknya, hubungan dengan struktur dan fungsi, mekanisme pembentukan berbagai ultrastruktur seluler, hubungan dengan system antar sel, mekanisme pengaturan pertumbuhan dan perkembangan, dan lain sebagainya.<sup>13</sup>

### 2.1. Skala Ukuran dalam Sel pada Organisme

Perkembangan mengenai pemahaman tentang sel semakin cepat berkembang seiring dengan kemajuan zaman. Perkembangan pada saat ini melebihi indera manusia yang melebihi batasnya. Penemuan dan penelitian ini awal tentang sel semakin berkembang sejak 1590 pada saat penemuan mikroskop electron pertama kalinya dan peningkatan mutu alat tersebut berkembang pada tahun 1600.

Dalam mempelajari komponen yang terdapat yang di dalam sel, kita harus mengetahui terlebih dahulu objek yang akan digunakan dalam pengamatan selnya diantaranya yaitu asam amino, protein, virus, bakteri, dan sel. Makhluk hidup yang akan digunakan sebagai objek penelitian harus diketahui terlebih dahulu skala ukuran (satuan) yang akan diamati agar dapat lebih mudah menentukan resolusi alat yang akan digunakan dalam pengamatannya sehingga objek yang diinginkan dapat terlihat dengan jelas. Dalam skala ukuran yang digunakan pada pembelajaran histologi dan sitology sebagai satuan umumnya ialah mikrometer atau sering disebut dengan mikron (seperseribu milimeter) dengan notasi (mikrometer) dan milimikron atau nanometer(nm) satu milimikron sama dengan seperribu mikrometer. dalam SI, satu nanometer dibagi lagi atas 1000 pikometer(pm), sehingga dalam hubungannya dengan angstrom harus dinyatakan dengan 8 A sama dengan 800 pm. Penggunaan angstrom ini tidak diperbolehkan lagi dalam ukuran standar internasional (SI) Sehingga harus dihindari penggunaannya.

Dapat diketahui bahwa ukuran yang akan menjadi objek penelitian saat ini adalah mengenai sel, dimana sel berkisara antara 5-50 mikrometer. Walaupun ukuran sel yang menjadi ketetapan, tetapi ukuran sel ini masih banyak yang lebih kecil dari ukuran tersebut ataupun lebih besar dari ukuran tersebut. Secara singkat dapat diketahui pada tingkatan histologi yang menjadi satuan dalam pengukuran sel nya adalah mikrometer, sedangkan untuk penggunaan mikroskop elektron satuan yang digunakan adalah nanometer, dan untuk mempelajari biologi molekuler satuan yang digunakan adalah pikometer.

Secara umum, dapat disimpulkan bahwa organisme makhluk hidup yang akan digunakan sebagai objek dalam penelitian diletakkan pada salah satu skala sebagai hasil pengamatan pada tingkatan morfologi, anatomi, histologi, sampai

---

<sup>13</sup> Albert, B., et al, 1994. **Biokimia Sel**. Jakarta: Erlangga

sitologi, dan sampai pada mikroskop elektron, dan ultrastrukturnya, dan adapun secara khususnya makromolekul atau atom-atom sebagai hasil pengamatan dengan teknologi yang sangat tinggi. Dengan mengetahui susunan berdasarkan skala ukurannya masing-masing maka sel sangat mudah untuk dipelajari dan dapat mempermudah dalam melakukan pengamatan melalui mikroskop elektron.<sup>14</sup>

## 2.2 Ukuran Sel

Sel memiliki ukuran yang sangat bervariasi, tergantung pada tipe sel nya itu sendiri. pada umumnya, sel hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop dengan sedikit pengecualian seperti sel telur pada burung unta yang memiliki diameter hingga beberapa cm. pada umumnya, mata manusia tidak mampu memisahkan dua titik yang dipisahkan kurang dari 0,1 mm atau 100  $\mu$ m . sementara itu sel memiliki ukuran yang lebih kecil dari 0,1 mm .

Komponen-komponen sel tertentu tidak dapat diamati dengan menggunakan mikroskop cahaya . oleh sebab itu , untuk mengamati komponen-komponen seluler , diperlukan alat bantu berupa mikroskop elektron.<sup>15</sup>

Beberapa besaran yang biasa digunakan dalam mempelajari sel ditunjukkan pada tabel 1 .

**Tabel 1.1 besaran-besaran yang biasa digunakan dalam mempelajari sel.**

1 meter	M	= 39,4 inci
1 meter	M	= 100 centimeter
1 centimeter	Cm	= 10 milimeter
1 milimeter	Mm	= 1000 mikrometer/ mikron
1 mikrometer	Mm	= 1000 nanometer/ milimikron
1 nanometer	Nm	= 1 angstrom

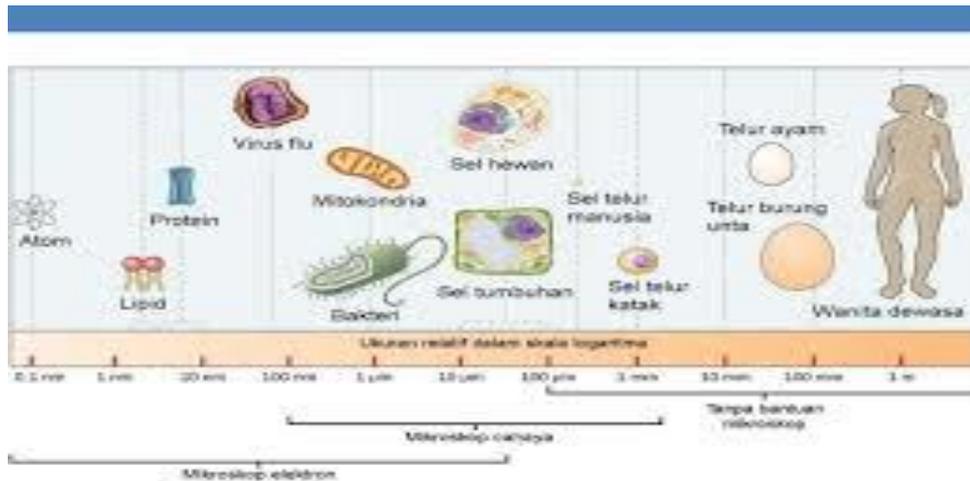
**Tabel 1.2 batas-batas pengamatan sistem biologi pada berbagai tingkat dimensi .<sup>16</sup>**

Dimensi	Bidang	Struktur	Metode
>0,1 mm atau 100 mm	Anatomi	Organ	Mata dan lensa sederhana
>100 $\mu$ m-10 mm	Histologi	Jaringan	Mikroskop cahaya
>10 $\mu$ m-0,2 mm atau 200 nm	Sitologi	Sel bakteri	Mikroskop sinar X
>200 nm-1nm	Morfologo, submikroskopik, ultras struktur, molekuler, biologi	Komponen-komponen sel virus	Mikroskop polarisasi, mikroskop elektron
<1 nm	Biologi molekuler , molekul dan atom	Susunan atom	Difraksi sinar X

<sup>14</sup> Subowo.1995.**biologi sel**.bandung: Angkasa

<sup>15</sup> Ferdinand, dkk.2009.**Biologi Sel**.jakarta: Erlangga

<sup>16</sup> Ferdinand, dkk.2009.**Biologi Sel**.jakarta: Erlangga



Gambar 2.1 kisaran ukuran sel  
<http://www.slideshare.net/dasepbux/materi-biologi-xbab-1-sel>

### 2.3. Teknik dan Metode dalam Mempelajari Sel

Dalam mempelajari sel, ada beberapa metode dan teknik yang harus kita miliki agar kita mudah melakukan pengamatan tentang sel tersebut, beberapa diantara metode tersebut dibawah ini.

#### 1. Pengamatan Sel dengan Mikroskop

Untuk mempermudah kita dalam melihat bagian-bagian sel tersebut, yang akan kita lakukan adalah dengan mengamati sel tersebut menggunakan alat bantu yang mempunyai resolusi yang cukup besar karena ukuran sel tersebut sangatlah kecil, dan tidak dapat dilihat hanya dengan mata telanjang. Oleh sebab itu, pengamat sel ini kita lakukan dengan menggunakan mikroskop.<sup>17</sup>



Gambar 2.2 Pengamatan pada Mikroskop  
<http://fisikazone.com/menggunakanmikroskop-dan-meraqat-mikroskop/>

<sup>17</sup> <http://fisikazone.com/menggunakanmikroskop-dan-meraqat-mikroskop/>

## 2.4. Teknik Mikro (Mikroteknik)

Teknik mikro adalah teknik yang dilakukan untuk mengamati bagian-bagian sel secara detail dan jelas yang dilakukan dalam bentuk sediaan atau preparat mikroskopik terlebih dahulu. Penggunaan teknik ini dilakukan melalui jaringan yang disayat tipis dengan alat bantu yang bernama mikrotom, kemudian diletakkan pada gelas objek, diwarnai, ditutup dengan gelas penutup, dan akhirnya direkat sehingga menjadi awet dan dapat disimpan dalam jangka waktu yang cukup lama, dan juga dapat dilakukan pengamatannya secara berulang-ulang.

## 2.5 Teknik Kultur Sel (Pertanaman Sel)

Teknik kultur sel (pertanaman sel) ini ialah teknik yang dilakukan dengan cara menanam sel atau jaringan hidup yang diambil dari tubuh yang masih segar dan hidup, kemudian diletakkan dalam larutan fisiologis atau serum darah, kemudian diamati dengan menggunakan mikroskop.

Teknik kultur sel ini digunakan dalam pengamatan metabolisme, serta proses pembelahan sel, baik secara normal maupun abnormal, mekanisme infeksi, virus, bakteri, dan mikroba lainnya, serta pengamatan pada kromosom sel ini dilakukan dengan cara sel terlebih dahulu dikultur kemudian dibuat sediaan pada saat sel sedang dalam tahap pembelahan sehingga bentuk kromosom dapat terlihat dengan jelas.

## 2.6. Sitokimia

Teknik sitokimia ini dilakukan dengan pemberian berbagai enzim pada jaringan yang kemudian fungsi dari suatu organel dapat terlihat seperti butiran warna tertentu ketika dilihat dengan mikroskop cahaya atau mikroskop elektron. Dengan menggunakan teknik sitokimia ini, susunan kimia sel dapat ditentukan dengan mudah melalui reaksi kimia yang menghasilkan senyawa tak larut dan berwarna khas.

## 2.7. Sentrifugasi

Sentrifugasi adalah suatu metode yang digunakan dalam mencapai suatu sedimentasi dimana partikel-partikel yang ada di dalam suatu bahan dipisahkan oleh gaya sentrifugasi dari fluida yang dikenakan pada partikel. Metode sentrifugasi ini merupakan proses pengendapan suatu bahan yang lebih cepat dan optimum dibandingkan dengan teknik biasa.

Dengan adanya perbedaan kecepatan dan lamanya pemisahan yang sesuai dengan berat jenis dan besar butirannya dapatlah dipisahkan bagian-bagian sel pada berbagai tahap endapan yang diinginkan.

## 2.8. Difraksi sinar X

Metode ini dilakukan dengan cara penyiaran sel dengan **Sinar X**. Metode ini sering dilakukan dalam Biologi Molekuler yang khusus mendalami susunan kimia sel sampai tingkat susunan molekul zat-zat yang terdapat di dalam sel. Polimer dapat mengandung daerah kristalin yang secara acak bercampur dengan daerah

amorf. Difraktogram sinar-X polimer kristalin menghasilkan puncak-puncak yang tajam, sedangkan polimer amorf cenderung menghasilkan puncak yang melebar.<sup>18</sup>

## 2.9. Peralatan dalam Mempelajari Sel

Peralatan yang digunakan dalam mempelajari sel diantaranya ialah mikroskop, peralatan mikroteknik, peralatan pertanian, peralatan analisis kimia dan sentrifungsi. Berikut ini uraian mengenai peralatan yang sering digunakan dalam mempelajari sel.

### a. Mikroskop

Mikroskop pertama kali ditemukan pada abad ke 19. Penemuan mikroskop ini pertama kali oleh seseorang ahli biologi dalam pengamatan pada sel. Jenis mikroskop terbagi atas dua yaitu mikroskop cahaya dan mikroskop elektron. Mikroskop cahaya terdapat beberapa jenis diantaranya yaitu mikroskop biasa, mikroskop fluoresensi, mikroskop fasekontras, dan mikroskop polarisasi.



Gambar 2.3 Mikroskop  
(<http://riotzipa.wordpress.com/2010/3/19mikroskop-3/>)

### A. Mikroskop Cahaya

Mikroskop ini terdiri dari bagian optik dan mekanis. Komponen optis terdiri atas kondensor, lensa objektif dan okuler. Kondensor berfungsi untuk memproyeksikan/ mengarahkan sinar ke objek yang akan diamati. Mikroskop cahaya memiliki tiga sistem lensa, yaitu lensa objektif, lensa okuler, dan kondensor.

Lensa objektif dan lensa okuler terletak pada kedua ujung tabung mikroskop. Lensa okuler pada mikroskop bisa berbentuk lensa tunggal (monokuler) atau ganda (binokuler). Pada ujung bawah mikroskop terdapat tempat kedudukan lensa objektif yang bisa dipasangi tiga lensa atau lebih. Di bawah tabung mikroskop terdapat meja mikroskop yang merupakan tempat preparat. Sistem lensa yang ketiga adalah kondensor. Kondensor berperan untuk menerangi objek dan lensa-lensa mikroskop yang lain. Lensa objektif bekerja dalam pembentukan bayangan

<sup>18</sup> Campbell, Neil A, dkk. 2002. **Biologi Edisi kelima Jilid I** . Jakarta: Erlangga

pertama. Lensa ini menentukan struktur dan bagian renik yang akan terlihat pada bayangan akhir.

Ciri penting lensa obyektif adalah memperbesar bayangan obyek dan mempunyai nilai apertura (NA). Nilai apertura adalah ukuran daya pisah suatu lensa obyektif yang akan menentukan daya pisah spesimen, sehingga mampu menunjukkan struktur renik yang berdekatan sebagai dua benda yang terpisah. Lensa okuler, merupakan lensa mikroskop yang terdapat dibagian ujung atas tabung, berdekatan dengan mata pengamat. Lensa ini berfungsi untuk memperbesar bayangan yang dihasilkan oleh lensa obyektif. Perbesaran bayangan yang terbentuk berkisar antara 4 - 25 kali.

Lensa kondensor, berfungsi untuk mendukung terciptanya pencahayaan pada obyek yang akan difokus, sehingga bila pengaturannya tepat akan diperoleh daya pisah maksimal. Jika daya pisah kurang maksimal, dua benda akan tampak menjadi satu. Perbesaran akan kurang bermanfaat jika daya pisah mikroskop kurang baik. Mikroskop cahaya-perbesaran maksimal 1000x (ukuran objek > 0,2).

- **Mikroskop fase kontras**

Mikroskop fase kontras ini merupakan salah satu mikroskop yang memiliki system optic yang dapat membiaskan cahaya dengan cara yang berbeda-beda. Pembiasan yang berbeda-beda ini hanya dapat terjadi jika bagan sel yang tak diwarnai tersebut terlihat dengan jelas ketika cahaya datang ke objek pengamatan. Mikroskop ini hanya bias digunakan pada pengamatan sel hidup atau sel hasil pertanaman.

## **B. Mikroskop Fluoresensi**

Mikroskop fluoresensi merupakan mikroskop yang berfungsi dalam pengamatan pada bagian-bagian tertentu dari suatu sel baik itu sel hidup maupun sel yang sudah mati dan juga penamatan pada sel yang mengandung kromosom Y (penentuan jenis kelamin pria) atau tidak. Teknik pembinaran ini sering digunakan dalam pengamatan pada sel kanker karena sel ini kadar DNA-nya tinggi sekali sehingga warna berbinar inti sel sangat mencolok jika dibandingkan dengan sel normal.



Gambar 2.4. Mikroskop  
(<http://riotzipa.wordpress.com/2010/3/19mikroskop-3/>)

### **1. Mikroskop Polarisasi**

Mikroskop ini digunakan pada pengamatan sel tulang, dinding sel tumbuhan, serat kolagen, otot, sel, saraf, silia, flagella, butiran tepung, dan lemak yang

dikandung sel. Mikroskop ini memiliki **prisma Nichol** dari kalsit atau balem yang dapat membuat cahaya masuk dan mengalami polarisasi.

## 2. Mikroskop Elektron Transmisi (TEM)

Mikroskop ini berfungsi dalam pengamatan pada struktur halus sel dan komponen-komponennya. Mikroskop ini lebih banyak memberikan bayangan dua dimensi dimana pada bagian objek yang tebal lebih banyak mengabsorpsi elektron dari bagian yang tipis sehingga perbedaannya pada bayangan benda dapat dibuat pada layar atau film dengan batas resolusi TEMnya adalah 2 nm sehingga objek pengamatan lebih kecil dari 2 nm tidak dapat lagi diamati karena keterbatasan lensa yang terbatas dalam memfokuskan elektronnya terhadap sampel.

## 3. Mikroskop Elektron Scanning (SEM)

Mikroskop ini merupakan bayangan tiga dimensi yang berfungsi dalam mempelajari permukaan sel yang menyelimuti suatu rongga atau saluran atau sel yang lepas bebas, seperti mikrovili, silia, flagela, spermatozoa, dan organisme unisel.

## Peralatan pada Teknik Mikro (Mikroteknik)

Mikroteknik adalah suatu teknik pengamatan yang dilakukan pada sel yang lebih halus dengan menggunakan sediaan preparat dengan cara pengawetan agar lebih tahan lama penggunaannya. Peralatan mikroteknik ini diantaranya adalah oven dan incubator, lemari es, pisau mikrom, kriostat, dan berbagai jenis reagen.

Oven dan incubator merupakan alat pemanas yang memiliki suhu yang cukup tinggi sehingga dapat mencairkan paraffin serta menyelaputi jaringan dengan paraffin agar mudah diiris pada mikrotom.

Pisau mikrotom berfungsi sebagai alat untuk mengiris jaringan atau alat tubuh hingga ukuran yang sangat tipis. Pengirisan jaringan yang sangat tipis digunakan agar mudah dan terlihat terang dalam pengamatan dibawah mikroskop.<sup>19</sup>

## 2.10. Biokimia Pada Sel

Sel adalah bagian unit terkecil dari makhluk hidup yang dapat melakukan aktifitas biologis. Kehidupan bermula terjadi karena adanya interaksi kimia seperti C,O,H,N,P,S.

Senyawa di atas berinteraksi membentuk senyawa yang baru yang lebih kompleks sampai terjadinya beberapa-beberapa kombinasi yang unik yang mempunyai kemampuan reproduksi sehingga menjadi suatu kehidupan sehingga menjadi suatu kehidupan yang seperti sekarang. Kehidupan yang paling sederhana terjadi pada ruang yang dikelilingi oleh membran yang disebut sel. Sel merupakan kerangka alamiah hampir semua dari reaksi biokimia.

### a. Organel-organel sel dan fungsinya

Setiap organisme tersusun atas suatu dari dua tipe sel yaitu sel prokariotik dan sel eukariotik. Perbedaan yang mendasar dari kedua jenis tersebut adalah

<sup>19</sup> Ferdinand, dkk.2009. **Biologi Sel**. Jakarta: Erlangga

dalam hal atau tidaknya membrane yang membatasi inti sel. Sel prokariotik tidak mempunyai inti sel yang jelas, sedangkan sel eukariotik memiliki sel yang jelas. Adanya membrane inti yang menyebabkan cairan dalam inti (nukleoplasma) terpisah dengan cairan yang kental diluar inti (sitoplasma). Nukleoplasma dan sitoplasma merupakan cairan yang kental yang tersusun atas senyawa-senyawa kimia. Adapun 3 ciri hidup yang dapat diidentifikasi yaitu bahwa sel hidup:

- 1) Sangat terorganisasi diri sendiri dan sangat kompleks, tiap komponen memiliki fungsi yang sangat spesifik. Terorganisasi dan meorganisasi diri sendiri maksudnya yaitu bahwa antar organ atau kesatuan aktifitas terkecil bahkan senyawa yang menyusun jasad hidup, mempunyai fungsi khusus dan bersama-sama melakukan tugasnya
- 2) Mempunyai kemampuan untuk mengekstraksi energy dari sekelilingnya dan mengubah bentuk energy yang di ekstrak nya ke bentuk lain misalnya energy solar (energy matahari) oleh tumbuhan diubah menjadi energy kimia yang disimpan dalam bentuk hasil tumbuhan tersebut
- 3) Dapat menurunkan sifat atau merefleksikan diri nya sendiri dengan tepat dan terencana yang dinamakan *Escherichia coli* selama beribu-ribu tahun dan bentuk ukurannya tidak mengalami perubahan yang berarti, bahkan komponen structural penyusun tubuhnya tidak mengalami perubahan yang mencolok hal ini karena adanya DNA

#### **b. Sel prokariotik**

Prokariotik merupakan sel yang terkecil yang sangat sederhana. Terdiri dari kira-kira 3000 spesies bakteri, termasuk organisme yang umumnya disebut ganggang. Sel prokariotik tidak terlihat oleh mata dan seperti hewan dan tumbuhan tingkat tinggi, penyusun bagian yang amat penting dari keseluruhan biomassa bumi. Sel prokariotik termasuk sel yang sangat penting dalam mempelajari biokimia dan biologi monokuler karena strukturnya yang sangat sederhana, kecepatan dan kemudahan pertumbuhan sel, dan mekanisme yang relative sederhana dalam reproduksi dan transmisi informasi genetik.

#### **c. Sel eukariotik**

Sel eukariotik memiliki beberapa ciri khusus pada dasarnya berupa, sel eukariotik tumbuhan tingkat tinggi, perbandingan yang nyata adalah hampir semua sel tumbuhan mengandung plastid. Plastida adalah organel khusus dalam sitoplasma organel ini dikelilingi 2 membran. Plastida yang nyata dan secara khas ada pada sel tumbuhan yang hijau disebut kloroplas, seperti mitokondria, kloroplas dapat dipandang sebagai pabrik tenaga. Mitokondria dan kloroplas berasal dari bakteri sel tumbuhan fotosintetik mengandung kloroplas dan mitokondria, kloroplas berfungsi sebagai pabrik tenaga pada keadaan terang. Dan mitokondria dalam keadaan gelap, pada saat organel mengoksidasi karbohidrat yang dihasilkan.

##### 1) Inti sel (nucleus)

Inti sel atau nucleus sel adalah organel yang ditemukan oleh sel eukariotik. Organel ini mengandung sebagian besar materi genetik dengan

bentuk molekul DNA linier yang panjang membentuk kromosom bersama dengan jenis protein seperti histon

2) **Mitokondria**

Adalah organel yang berlangsungnya tempat respirasi makhluk hidup. Respirasi merupakan proses perombakan atau katabolisme untuk menghasilkan energy atau tenaga berlangsungnya proses hidup.

3) **Kloroplas**

Merupakan suatu bagian yang terdapat di dalam sebuah sel tumbuhan dan tidak terdapat sel hewan. Kloroplas merupakan organel yang berbentuk ceper dan terdiri dua membran.kloroplas mengandung klorofil dan hanya terdapat sel tumbuhan. Kloroplas adalah pigmen hijau yang berfungsi untuk menyerap tenaga cahaya matahari untuk menjalankan proses fotosintesis.

4) **Retikulum Endoplasma**

Adalah organel yang ditemukan pada sel eukariotik. Retikulumendoplasma merupakan bagian sel yang terdiri atas system membran. Disekitar retikulum indoplasma adalah bagian sitoplasma yang disebut cytosol.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup> Albert,B.,et all, 1994.**Biokimia Sel**. Jakarta: Erlangga

## KESIMPULAN

Dapat disimpulkan biologi sel merupakan salah satu cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang sel. Dalam hal ini, sel yang diamati bukan hanya bagian morfologi saja melainkan dari aspek biokimianya, genetiknya, hubungan dengan struktur dan fungsi, mekanisme pembentukan berbagai ultrastruktur seluler, hubungan dengan system antar sel, mekanisme pengaturan pertumbuhan dan perkembangan, dan lain sebagainya. Dan adapun skala ukuran dalam sel yaitu sel memiliki ukuran yang sangat bervariasi, tergantung pada tipe selnya itu sendiri. Pada umumnya, sel hanya dapat dilihat dengan menggunakan mikroskop dengan sedikit pengecualian seperti sel telur pada burung unta yang memiliki diameter hingga beberapa cm. Pada umumnya, mata manusia tidak mampu memisahkan dua titik yang dipisahkan kurang dari 0,1 mm atau 100  $\mu$ m. Sementara itu sel memiliki ukuran yang lebih kecil dari 0,1 mm.

Mikroskop adalah alat untuk melihat obyek yang terlalu kecil untuk dilihat dengan mata telanjang. Alat utama dalam mikroskop yang digunakan untuk mengamati adalah lensa objektif dan lensa okuler. Mikroskop mempunyai beberapa macam jenis diantaranya yaitu. Mikroskop Cahaya, electron, medan gelap, fase kontras, pender, sederhana dll.

Sel adalah tempat terjadinya berbagai macam proses metabolisme, serta setiap bagian sel memiliki peran tersendiri dalam proses metabolisme. Ada beberapa komponen sel yang terlibat dalam metabolisme antara lain nukleus, retikulum endoplasma, ribosom, lisosom, sitoplasma, mitokondria. Reaksi yang terjadi dalam proses metabolisme adalah respirasi seluler.

## PERTANYAAN

- Sel merupakan.....?
  - bagian terkecil dari makhluk hidup
  - ilmu yang mempelajari tumbuhan
  - Nama hewan
  - Bagian terluar dari kulit
- Salah satu isi dari teori sel yang di terbitkan oleh **TSchwan** adalah?
  - manusia adaah satu-satunya makhuk hidup
  - setiap makhluk memiliki pemikirannya sendiri
  - Jantung adalah inti dari makhluk
  - Setiap organisme tersusun atas satu atau lebih sel
- Golongan sel terbagi 2 yaitu?
  - sel prokariotik
  - sel eukariotik
  - nukleus
  - A dan B benar
- Nama lain dari inti sel?
  - sitoplasma
  - nukleus
  - membran sel
  - mitokondria
- “berfungsi melindungi sel dari lingkungannya”  
Merupakan fungsi dari?
  - sitoplasma
  - nukleus
  - membran sel
  - mitokondria
- Sumber cahaya yang di dapatkan oleh mikroskop cahaya?
  - cahaya matahari
  - cahaya sekitar
  - Cahaya lampu
  - Semua benar
- Sebutkan warna dari hasil pengamatan yang di tampilkan dari mikroskop elektron
  - berwarna
  - merah
  - Hitam-putih
  - Kuning
- Deoxyribo Nucleic Acid** biasa di singkat menjadi
  - TPA
  - DNA
  - RNA
  - TPP
- Retikulum endoplasma** terletak di?
  - nucleus
  - golgi
  - Sitoplasma
  - Ribosom
- Pembesaran maksimum pada mikroskop cahaya?
  - 5000 kali
  - 1500 kali
  - 8000 kali
  - 10.000 kali

## ESSAY...

11. Sebutkan kegunaan gelas objek?
12. Apa itu mikroskop?
13. Sebutkan fungsi-fungsi dari nucleus!
14. Jelaskan perbedaan sel eukariotik dengan sel prokariotik!
15. Tuliskanlah dan jelaskanlah jenis - jenis mikroskop dan fungsinya masing - masing?

## GLOSARIUM

<b>Biokimia</b>	: Ilmu yang mempelajari struktur dan fungsi komponen seluler.
<b>Difraksi sinar X</b>	: Adalah metode ini digunakan dalam biologi molekuler yang khusus mendalami susunan kimia sel .
<b>Inti sel (nucleus)</b>	: Adalah organel sel yang ditemukan oleh eukariotik,yang mengandung sebagian unsur genetic dengan bentuk molekul DNA linier yang panjang membentuk kromosom bersama protein.
<b>Kloroplas</b>	: Adalah suatu bagian yang terdapat di dalam sebuah sel tumbuhan dan tidak terdapat pada sel hewan.
<b>Mitokondria</b>	: Adalah organel yang berlangsungnya tempat respirasi makhluk hidup.
<b>Reticulum Endoplasma Sel Eukariotik</b>	: Adalah bagian sel yang terdiri atas system membrane. : Adalah jenis sel yang lebih kompleks daripada prokariotik.
<b>Sel Prokariotik</b>	: Adalah makhluk hidup yang tidak memiliki membran inti sel.
<b>Sentrifugasi</b>	: Adalah suatu metode yang digunakan dalam mencapai suatu sedimentasi fluida yang dikenakan pada partikel.
<b>Sitokimia</b>	: Metode pewarnaan tertentu sehingga hasilnya lebih spesifik dari pada menggunakan morfologi sel.
<b>Sitokimia</b>	: Adalah pemberian berbagai enzim pada jaringan yang kemudian fungsi dari organel dapat terlihat seperti butiran warna tertentu ketika dilihat dengan mikroskop cahaya atau mikroskop electron.

## DAFTAR PUSTAKA

- Albert,B.,et all, 1994.**Biokimia Sel**. Jakarta: Erlangga  
Campbell, Neil A, dkk. **2002. Biologi Edisi kelima Jilid I** . Jakarta: Erlangga  
Ferdinand, dkk.2009.**Biologi Sel**. Jakarta: Erlangga  
Rusdiansyah, Timas.2002. **Mikroskop**. Bandung: Permata  
Subowo. 1995. **Biologi Sel**. Bandung: Angkasa

## BAB III ORGANISASI SEL

### 3.1. SEL PROKARIOTIK

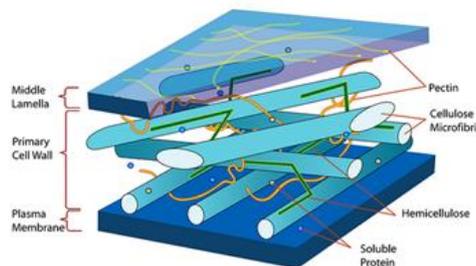
Kata Prokariotik diambil dari bahasa Yunani pro dan karyon. Pro memiliki arti sebelum dan karyon yang memiliki artinya yakni inti sel. Jadi pengertian dari sel prokariotik ialah jenis sel yang memberan intinya tidak terdapat memberan nukleus atau selaput inti sel. Organism seperti ini digolongkan pada jenis kingdom monera seperti bakteri dan ganggang biru.

### 3.2 . STRUKTUR DAN FUNGSI SEL PROKARIOTIK

Semua sel prokariotik mempunyai membran plasma, nukleoid berupa *DNA* dan *RNA*, serta sitoplasma yang mengandung ribosom. Sel prokariotik tidak memiliki membran inti sehingga bahan inti yang berada dalam sel mengadakan kontak langsung dengan protoplasma. Sel prokariotik juga tidak memiliki sistem endomembran (membran dalam), seperti retikulum endoplasma dan kompleks Golgi. Selain itu, sel prokariotik juga tidak memiliki mitokondria dan kloroplas, tetapi mempunyai struktur yang berfungsi sama dengan keduanya, yaitu mesosom dan kromatofor. Contoh sel prokariotik adalah bakteri (Bacteria) dan Sianobakteri (Cyanobacteria).

Adapun bagian-bagian sel bakteri sebagai berikut :

#### a. Dinding Sel

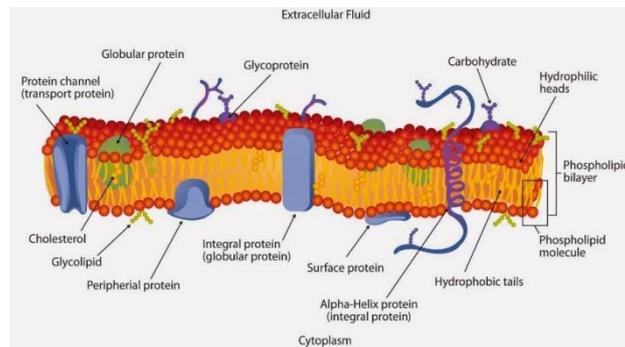


Gambar 3.1. dinding sel<sup>21</sup>  
([https://images/dindingselfigure1.jpg](https://images.dindingselfigure1.jpg))28/03/2019

Dinding sel bakteri dan Archae tersusun atas *peptidoglikan*, *lipid*, dan protein. Dinding sel berfungsi sebagai pelindung dan pemberi bentuk yang tetap. Pada dinding sel terdapat pori-pori sebagai jalan keluar masuknya molekul-molekul.

<sup>21</sup> Campbell, *organisasi sel* (Jakarta : penerbit Erlangga.2002) hal 18

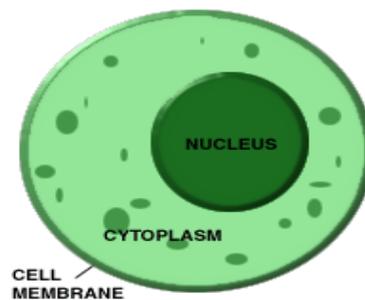
## b . Membran Plasma



Gambar 3.2. Membran Plasma  
(<https://image.membran.plasma.com.jpg>)28/03/19

Membran sel atau membran plasma tersusun atas molekul lipid dan protein. Membran plasma berfungsi sebagai pelindung molekular sel terhadap lingkungan di sekitarnya, dengan jalan mengatur lalu lintas molekul dan ion-ion dari dalam.

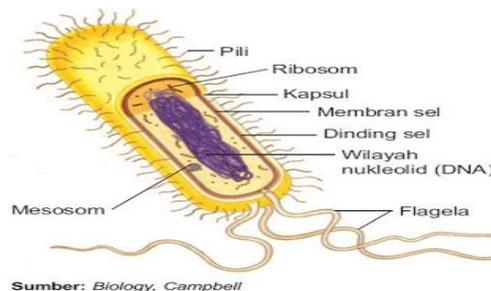
## c . Sitoplasma



Gambar 3.3. Ilustrasi sitoplasma  
(<https://makhrussains.files.wordpress.com>)

Sitoplasma tersusun atas air, protein, lipid, mineral, dan enzim-enzim. Enzim-enzim digunakan untuk mencerna makanan secara ekstraselular dan untuk melakukan proses metabolisme sel. Metabolisme sel meliputi proses penyusunan (anabolisme) dan penguraian (katabolisme) zat-zat.

## d. Mesosom

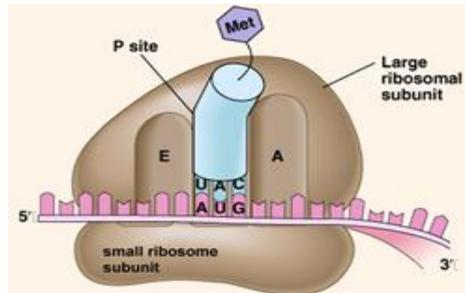


Gambar 3.4. Mesosom  
(<https://images.mesosom.com.jpg>)17/03/19

<sup>22</sup> Tribowo, *Biologi Molekular* ( Jakarta : Penerbit Erlangga. 2008) hal 211

Kadang-kadang pada tempat tertentu, membran plasma melekat ke dalam membentuk bangunan yang disebut mesosom. Mesosom berfungsi sebagai penghasil energi. Biasanya mesosom terletak dekat dinding sel yang baru terbentuk pada saat pembelahan biner sel bakteri. Pada membran mesosom terdapat enzim-enzim pernapasan yang berperan dalam reaksi-reaksi oksidasi untuk menghasilkan energi.

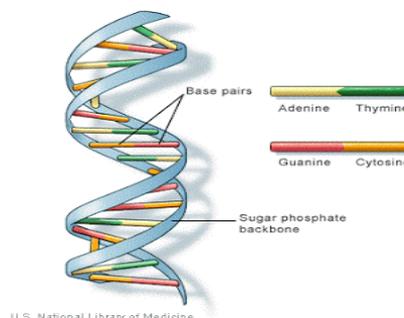
#### e. Ribosom



Gambar 3.5 Ribosome  
(<https://micro/magnet/images/ribosome.jpg>)17/03/19

*Ribosom* merupakan organel tempat berlangsungnya sintesis protein. Ukurannya sangat kecil, berdiameter antara 15–20 nm (1 nanometer =  $10^{-9}$  meter). Di dalam sel *E. coli* terkandung 15.000 butir ribosom atau sekitar 25% massa total sel bakteri.

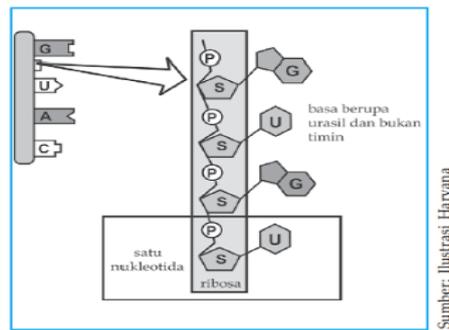
#### f. DNA



Gambar 3.6. Struktur DNA  
(<https://images.struktur-mesosom.com.jpg>)17/03/19

DNA atau asam deoksiribonukleat merupakan persenyawaan yang tersusun atas gula deoksiribosa, fosfat, dan basa-basa nitrogen. DNA berfungsi sebagai pembawa informasi genetik, yaitu sifat-sifat yang harus diwariskan kepada keturunannya. Oleh sebab itu, DNA disebut pula sebagai materi genetik.

## g. RNA



Gambar 3.7 Struktur Rna  
(<https://images/struktur-rnafigure1.jpg>)17/03/2019

RNA atau asam ribonukleat merupakan persenyawaan hasil transkripsi DNA. Jadi, bagian tertentu DNA melakukan transkripsi membentuk RNA. RNA membawa kode-kode genetik sesuai pesanan DNA. Selanjutnya, kode-kode genetik itu akan diterjemahkan dalam bentuk urutan asam amino dalam proses sintesis protein.

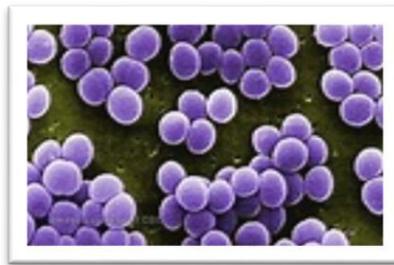
### 3.3. REPRODUKSI

Bakteri dan archaea berkembang biak secara aseksual, yaitu kebanyakan secara fisi biner atau tunas. Pertukaran dan rekombinasi genetik bisa terjadi, namun ini merupakan transfer gen horisontal dan bukan replikasi, yaitu melibatkan DNA yang ditransfer antara dua sel, seperti halnya konjugasi bakteri.

### 3.4. MORFOLOGI

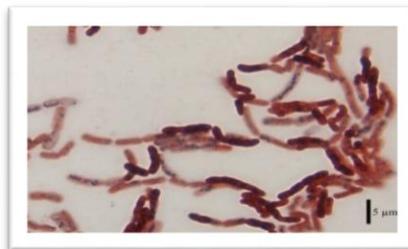
Berikut ini 4 bentuk dasar prokariota:

- **Coccus - berbentuk sferik**



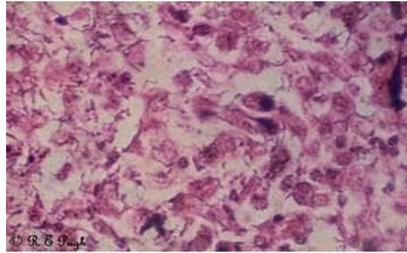
Gambar 3.8. *Coccus*  
(<https://id.images.search.yahoo.com>)

- **Bacilli - berbentuk tangkai**



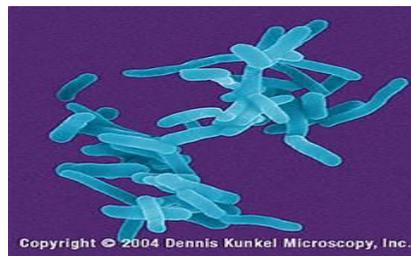
Gambar 3.9. *Bacilli*  
(<https://id.images.search.yahoo.com>)

- **Spirochaete- berbentuk spiral**



Gambar 3.10 *Spirochaete*  
(<https://id.images.search.yahoo.com>)

- **Vibrio - berbentuk koma**



Gambar 3.11 *Vibrio*  
(<https://id.images.search.yahoo.com>)

### 3.5 . HABITAT

Hidup di hampir semua lingkungan di bumi selama ada airnya. Beberapa archaea dan bakteri tumbuh dengan baik dalam lingkungan yang ekstrem, seperti suhu tinggi (termofilia) atau salinitas tinggi (halofilia). Makhluk hidup seperti ini disebut juga ekstremofilia. Banyak archaea yang berperan sebagai plankton di laut. Prokariota simbiotik hidup di dalam atau pada tubuh makhluk hidup lain, termasuk manusia.

### 3.6. EVOLUSI PROKARIOTA

Model evolusi dari makhluk hidup pertama adalah prokariota, yang kemudian berevolusi menjadi protobion, lalu eukariota secara umum dikatakan berevolusi dari sini. Akan tetapi, banyak ilmuwan yang mempertanyakan kesimpulan ini, karena menurut mereka spesies prokariota yang hidup saat ini berevolusi dari nenek moyang eukariotik yang lebih kompleks melalui proses simplifikasi. Ilmuwan lain berpendapat bahwa tiga domain muncul secara bersamaan, dari sekumpulan sel-sel yang bervariasi yang membentuk satu kolam gen. Kontroversi ini diringkas pada tahun 2005.

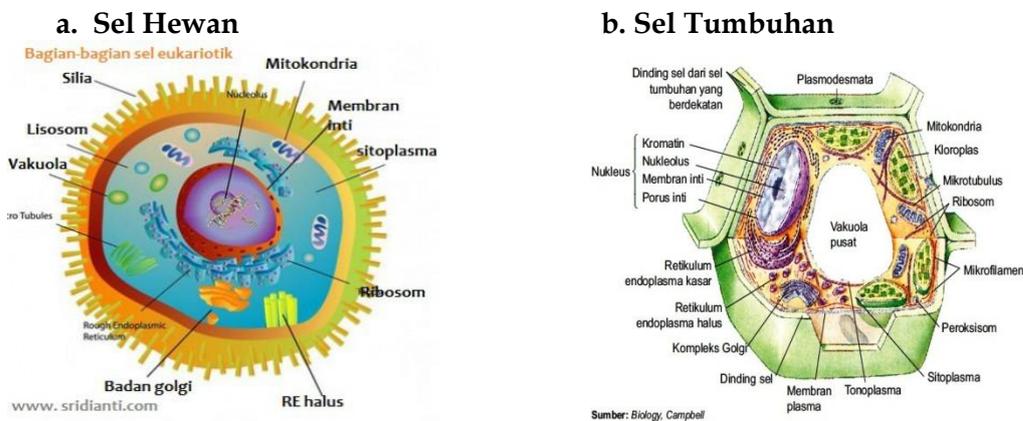
Belum ada konsensus di antara para ahli biologi mengenai posisi eukariota dalam skema evolusi. Pendapat terkini mengenai evolusi eukariota meliputi:

- 1 eukariota muncul bersamaan dengan eubacteria dan archeabacteria sehingga nenek moyang eukariota sejajar dengan prokariota.
- 2 eukariota muncul melalui kejadian simbiotik, yaitu asal mula endosimbiotik dari inti sel,
- 3 eukariota muncul tanpa endosimbiosis,
- 4 eukariota muncul melalui kejadian simbiotik, yaitu asal mula endosimbiotik yang bersamaan dari flagela dan inti sel.

### 3.7. SEL EUKARIOTIK

Eukariotik berasal dari bahasa Yunani, terdiri atas dua kata *Eu* yang artinya sejati, dan *karyon* yang artinya bagian dalam biji, yang mengacu pada nukleus. Sehingga dapat diartikan bahwa sel eukariotik sebagian besar DNA berada dalam organel yang disebut nukleus, yang dibatasi oleh membran ganda. Sel eukariotik dibatasi oleh membran plasma yang bersifat selektif permeabel. Membran plasma menyelubungi zat semi cair yang disebut sitosol, tempat organel dan komponen sel. Wilayah antara nukleus dan membran plasma pada sel eukariotik adalah sitoplasma. Sel eukariotik merupakan sel yang memiliki sistem endomembran. Sel tipe ini secara struktural memiliki sejumlah organel pada sitoplasmanya. Organel tersebut memiliki fungsi yang sangat khas yang berkaitan satu dengan yang lainnya dan berperan penting untuk menyokong fungsi sel. Organisme yang memiliki tipe sel ini antara lain hewan, tumbuhan, jamur.

#### Komponen Sel Eukariotik

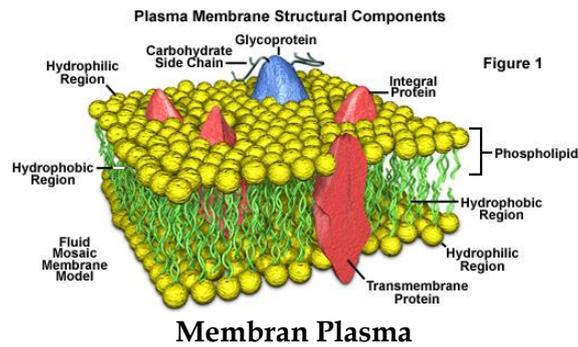


Gambar 3.12 Bagian sel eukariotik hewan dan tumbuhan  
(<http://images.tutorvista.com/cms/image101/eukaryotic.jpg>)17/03/19<sup>23</sup>

Sel eukariotik pada tumbuhan sedikit berbeda dengan pada hewan. Pada sel hewan, pada bagian luar sel tidak ditemukan adanya dinding sel, sebaliknya pada tumbuhan jamur ditemukan adanya dinding sel. Walaupun demikian dinding sel tumbuhan dan sel jamur secara kimiawi berbeda penyusunnya. Pada jamur didominasi oleh chitin sedangkan pada tumbuhan selulosa. Pada tumbuhan ditemukan adanya organel kloroplas sedangkan pada jamur dan hewan tidak ditemukan. Selain perbedaan tersebut pada dasarnya baik sel hewan, tumbuhan, dan jamur memiliki struktur yang serupa.

<sup>23</sup> Hayati. *sel eukariotik* ( Yogyakarta : penerbit Deepublish. 2016) hal 13

## a. Membran plasma



Gambar 3.13. Struktur *Membran Plasma*  
(<https://images/plasmamembranefigure1.jpg>)17/03/19

Membran sel adalah lapisan pembatas bagian dalam sel dengan lingkungan luarnya. Membran sel eukariotik terdiri dari lapisan lipid rangkap dua yang lebih dikenal sebagai *lipid bilayer*. Lipid penyusun membran sel sendiri terbagi menjadi 3 jenis, yaitu glikolipid (mengandung karbohidrat), sterol (mengandung alkohol) juga fosfolipid (mengandung fosfat). *Fosfolipid* merupakan bagian terbesar penyusun membran, memiliki dua bagian, yaitu kepala dan ekor. Bagian kepala disebut (polar head), merupakan bagian yang memiliki kecenderungan untuk bercampur dengan, larut dalam, atau dibasahi oleh air (hidrofilik). Sedangkan bagian ekor (nonpolar tail) merupakan bagian yang menolak, cenderung untuk tidak bercampur dengan, atau tidak mampu larut dalam air (hidrofobik). Selain lipid, membran plasma juga tersusun oleh protein berjenis glikoprotein. Protein ini kemudian membentuk dua lapisan yaitu lapisan protein perifer dan lapisan protein integral.<sup>24</sup>

Sebagai bagian terluar dari sel eukariotik<sup>25</sup>, membran plasma memiliki beberapa tugas utama diantaranya: menerima rangsangan berupa zat kimia serta hormon yang berasal dari dalam maupun dari luar sel, membatasi organel sel agar tidak keluar, sebagai tempat terjadinya proses oksidasi dan respirasi, serta menyeleksi molekul-molekul seperti glukosa, asam amino maupun ion yang akan masuk ke dalam tubuh sel, untuk alasan-alasan inilah membran plasma harus bersifat selektif permeabel. Pergerakan zat dari dalam ke luar sel atau sebaliknya dapat bersifat pasif atau aktif. Pasif apabila tidak membutuhkan energi seluler, seperti difusi dan osmosis. Aktif apabila membutuhkan energi seluler, seperti endositosis dan eksositosis.

### Fungsi membran plasma

#### 1. Melindungi isi sel

Membran plasma berfungsi mempertahankan isi sel

#### 2. Mengatur keluar masuknya molekul-molekul

Membran plasma bersifat semipermeabel (selektif permeabel), artinya ada zat-zat tertentu yang dapat melewati membran dan ada pula yang tidak. Molekul-molekul tersebut berguna untuk mempertahankan kehidupan sel. Zat-zat yang tidak berguna dikeluarkan dari sel.

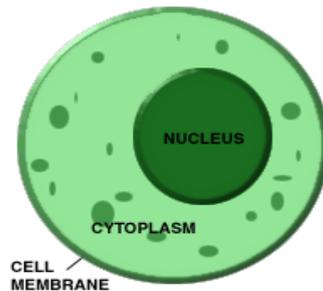
<sup>24</sup> George, Biologi ( Jakarta : Penerbit Erlangga.2006 ) hal 35

<sup>25</sup> Campbell. *organisasi sel* (Jakarta : penerbit Erlangga.2002) hal 30

### 3. Menerima rangsangan dari luar (sebagai reseptor)

Rangsangan itu berupa zat-zat kimia, misalnya, hormon, racun, rangsangan listrik, dan rangsangan mekanik, misalnya tusukan dan tekanan. Bagian sel yang berfungsi sebagai reseptor adalah *glikoprotein*.

#### b. Sitoplasma



Gambar 3.14. ilustrasi sitoplasma  
(<https://makhrussains.files.wordpress.com>)

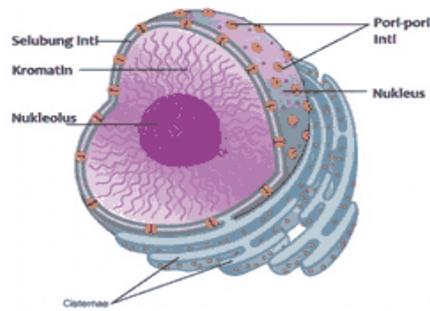
Sitoplasma atau plasma sel, meliputi isi sel, kecuali nukleus (inti sel). Sitoplasma tersusun atas cairan dan padatan. Padatan sitoplasma terdiri atas organel-organel. Organel adalah bagian sel yang memiliki fungsi khusus, misalnya ribosom, mitokondria, dan kompleks Golgi. Cairan sitoplasma disebut sitosol. Sitosol tersusun atas air, protein, asam amino, vitamin, nukleotida, asam lemak, gula, dan ion-ion. *Sitosol* disebut juga sebagai *matriks sitoplasma*.

Sitosol tidak homogen (serba sama), tetapi merupakan suatu larutan heterogen (serbaneka) yang kompleks. Dilihat dari ukuran zat terlarutnya, cairan dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu *larutan*, *koloid*, dan *suspensi*. Apabila zat terlarut berukuran  $< 0,01$  mm disebut *larutan*, jika berukuran antara  $0,01$  mm –  $0,1$  mm disebut *koloid*, dan jika berukuran  $> 0,1$  mm disebut *suspensi*. Sitosol bersifat koloid, terutama karena adanya protein dan RNA.

#### Fungsi sitoplasma

1. Sitoplasma berfungsi sebagai tempat penyimpanan bahan-bahan kimia yang penting bagi metabolisme sel, seperti enzim, ion, gula, lemak, dan protein.
2. Di dalam sitoplasma itulah berlangsung kegiatan pembongkaran dan penyusunan zat-zat melalui reaksi-reaksi kimia. Misalnya proses pembentukan energi, sintesis asam lemak, asam amino, protein, dan nukleotida.
3. Sitoplasma “mengalir” di dalam sel untuk menjamin berlangsungnya pertukaran zat agar metabolisme berlangsung dengan baik. Gerakan organel-organel tertentu sebagai akibat aliran sitoplasma tersebut dapat diamati dengan mikroskop.

### c. Nukleus



Gambar 3.15. Nukleus  
([https://education/portal/image\\_nukleus](https://education/portal/image_nukleus))

Inti sel (nukelus) dibatasi oleh membran inti atau selaput inti yang mempunyai kontrol keluar masuk nukleus. *Nukleus* diperlukan untuk mengontrol reaksi-reaksi kimia, pembelahan sel, dan pertumbuhan. Nukleus mengandung kromosom yang membawa gen dalam bentuk DNA. Selaput nukleus ini merupakan membran ganda dan memiliki pori. DNA didalam nukleus terorganisasi dalam struktur kromosom yang membawa informasi genetik.

Berikut Struktur Nukleus :

#### 1. Membran nukleus

Membran rangkap nukleus terdiri atas membran luar dan membran dalam. Membran luar berhubungan langsung dengan retikulum endoplasma dan akhirnya ke membran sel. Jadi, antara membran sel dengan membran nukleus terdapat hubungan secara langsung melalui retikulum endoplasma.

#### 2. Nukleoplasma

Matriks nukleus disebut nukleoplasma. Nukleoplasma tersusun atas air, protein, ion, enzim, dan asam inti. Nukleoplasma bersifat gel. Di dalamnya terdapat benang-benang *kromatin* (benang penyerap warna). Pada proses mitosis, benang kromatin itu tampak memendek dan disebut kromosom. Benang kromatin tersusun atas protein dan DNA.

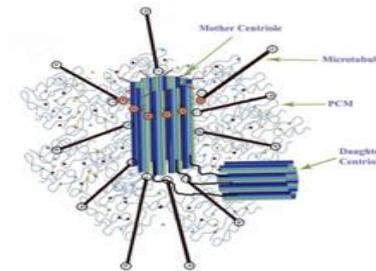
#### 3. Nukleolus

Nukleolus (anak inti) terbentuk saat terjadi proses transkripsi (sintesis RNA) di dalam nukleus. Jika proses transkripsi berhenti, nukleolus menghilang atau mengecil. Jadi nukleolus bukan merupakan organel yang tetap, melainkan suatu tanda bahwa sel sedang melakukan transkripsi untuk menghilangkan RNA.

Fungsi nukleus

1. Mengendalikan seluruh kegiatan sel, misalnya metabolisme
2. Mengeluarkan RNA dan unit ribosom dari inti ke sitoplasma
3. Mengatur pembelahan sel.
4. Membawa informasi genetik. Di dalam nukleus terdapat DNA yang mengandung informasi genetik atau sifat-sifat yang dapat diwariskan.

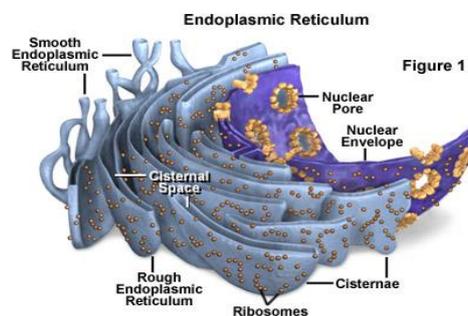
#### 4. Sentriol



Gambar 3.16. Struktur sentriol  
(<https://education/images/portal/sentriol.jpg>)

Sentriol merupakan organel yang dapat dilihat ketika sel mengadakan pembelahan. Pada fase tertentu dalam daur hidupnya sentriol memiliki silia atau flagela. Sentriol hanya dijumpai pada sel hewan, sedangkan pada sel tumbuhan tidak. Sentriol berjumlah sepasang, terletak saling tegak lurus antar sesamanya di dekat nukleus. Pada saat pembelahan mitosis, sentriol terbagi menjadi dua, masing-masing menuju ke kutub sel yang berbeda. Kemudian terbentuklah benang-benang spindel yang menghubungkan kedua kutub tersebut. Benang spindel berfungsi menarik kromosom menuju ke kutub masing-masing.

#### 5. Retikulum Endoplasma



Gambar 3.17. Retikulum Endoplasma  
(<https://micro.magnet.edu/endoplasmicreticulum/image.jpg>)17/03/19)

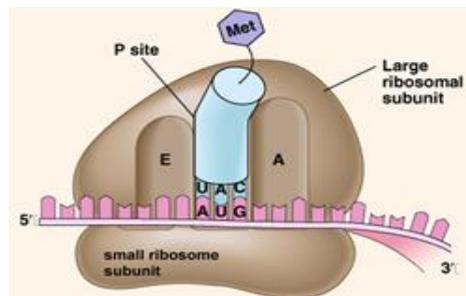
Retikulum berasal dari kata *reticular* yang berarti anyaman benang atau jala. Oleh karena letaknya memusat pada bagian dalam sitoplasma (endoplasma) maka disebut sebagai retikulum endoplasma (disingkat RE). RE hanya dijumpai di dalam sel eukariotik, baik sel hewan maupun sel tumbuhan. Sel-sel kelenjar mengandung lebih banyak RE dibandingkan dengan sel bukan kelenjar.

RE dibedakan berdasarkan ada tidaknya ribosom pada membrannya, menjadi RE kasar dan RE halus. *RE kasar*, yaitu jika membran RE yang berhadapan dengan sitoplasma ditemplei ribosom, sehingga tampak berbintil-bintil. *RE halus*, yaitu RE yang tidak ditemplei ribosom. Karena ribosom merupakan tempat sintesis protein, maka RE kasar merupakan penampung protein yang dihasilkan. Protein yang dihasilkan masuk ke lumen (terowongan) RE.

Fungsi retikulum endoplasma :

1. Sebagai penampung sintesis protein, untuk disalurkan ke kompleks Golgi dan akhirnya dikeluarkan dari sel
2. Menyintesis lemak dan kolesterol
3. Menawarkan racun (detoksifikasi), misalnya RE yang ada dalam sel-sel hati
4. Jalan transpor dalam memindahkan molekul-molekul dari bagian sel yang satu ke bagian sel yang lain.

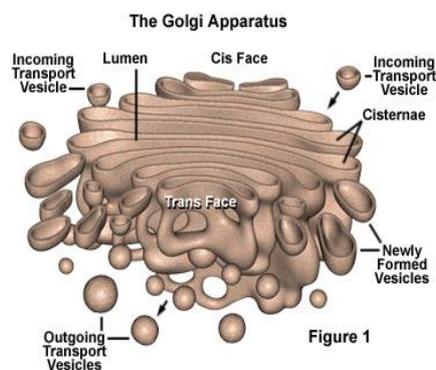
## 6. Ribosom



Gambar 3.18. Ribosome  
(<https://micro/magnet/images/ribosome.jpg>)17/03/19

Ribosom tersusun atas RNA-ribosom (RNA-r) dan protein. Ribosom tidak memiliki membran. Menurut bentuknya, ribosom terdiri dari unit besar dan unit kecil yang masing-masing berbentuk bulat. Jika keduanya bergabung, maka akan terbentuk ribosom yang berbentuk seperti angka delapan. **Ribosom** berfungsi untuk sintesis protein berdasarkan instruksi dari gen. Ribosom melakukan sintesis protein dari dua tempat yakni sitosol dan retikulum endoplasma kasar. Ribosom dalam sitosol disebut ribosom bebas dan ribosom dalam retikulum endoplasma disebut ribosom terikat. Ribosom terikat membuat protein yang disisipkan dalam membran untuk dikemas dalam organel tertentu seperti lisosom atau diekspor dari sel.

## 7. Aparatus Golgi



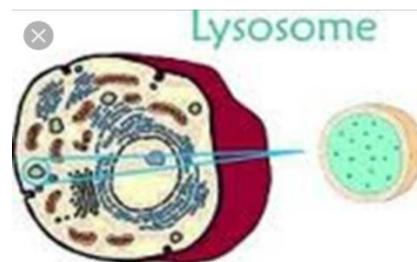
Gambar 3.19. Aparatus golgi  
([https://micro/magnet.fsh.edu/aparatus\\_golgi.jpg](https://micro/magnet.fsh.edu/aparatus_golgi.jpg))17/03/19

Aparatus Golgi sering disebut sebagai Badan golgi. Pada sel tumbuh, kompleks Golgi disebut *diktiosom*. Organel ini terletak di antara RE dan membran plasma. Jumlahnya beragam, dari satu sampai ratusan untuk tiap sel, cenderung bersambung-sambungan pada sel hewan namun tidak pada sel tumbuhan. Badan Golgi berperan dalam pembuatan penggudangan ,pemilahan,dan pengiriman produk produk RE,seperti protein. Pada Pada Aparatus golgi terdiri atas kantong kantong pipih membran (Sisterna).

#### Fungsi Golgi:

1. Menambahkan gliksilat pada protein sehingga terbentuk lipoprotein
2. Sebagai organel sekretori
3. Membentuk glikolipida
4. Membentuk dinding sel tumbuhan
5. Membentuk lisosom

#### 8. Lisosom

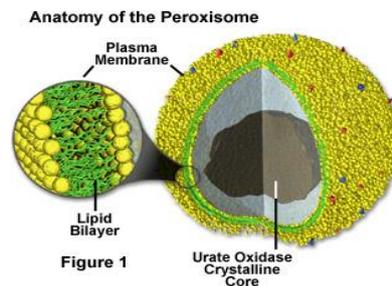


Gambar 3.20. Struktur lisosom  
(<https://areabaca.com>)18/03/19)

Lisosom (lyso = pencernaan, soma = tubuh) merupakan membran berbentuk kantong kecil yang berisi enzim hidrolitik yang disebut *lisozim*. Enzim ini berfungsi dalam pencernaan intrasel, yaitu mencerna zat-zat yang masuk ke dalam sel. Lisosom adalah organel berbentuk gelembung bulat berdiameter antara 0,1-1,2 mikro meter yang didalamnya tersimpan enzim-enzim hidrolitik seperti protease, lipase, nuklease, fosfatase, dan enzim pencerna yang lain. Enzim hidrolitik yang terkandung didalam lisosom ini disebut lisozim. Beberapa fungsi lisosom adalah sebagai berikut:

- **Eksositosis**, yaitu proses pembebasan enzim keluar sel.
- **Autofage**, artinya penghancuran bagian sel tidak dikehendaki (rusak dan tak berfungsi).
- **Autolisis**, artinya penghancuran diri sendiri dengan cara membebaskan isi lisosom ke dalam sel.

## 9. Badan Mikro



Gambar 3.21. Badan mikro  
(<https://micro.magnet.fsu.edu/cells/images>)17/03/19

Disebut badan mikro karena ukurannya kecil, hanya bergaris tengah 0,3-1,5 mikrometer. Badan mikro terdiri atas peroksisom dan glioksisom.

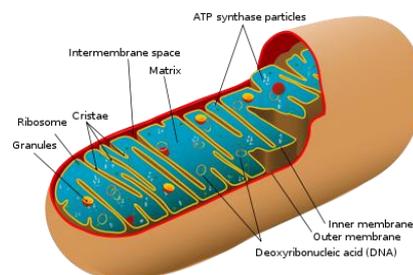
### 1. Peroksisom

*Peroksisom* terdapat pada sel hewan dan sel tumbuhan. Sel yang banyak mengandung peroksisom adalah sel yang banyak melakukan oksidasi, misalnya sel hati, sel ginjal, dan sel otot. Peroksida mengandung enzim katalase. Enzim katalase berfungsi untuk menguraikan hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) menjadi oksigen dan air. Hidrogen peroksida merupakan senyawa hasil sampingan dari proses pernapasan (oksidasi) sel yang bersifat meracuni sel. Enzim katalase juga berperan dalam metabolisme lemak dan fotorespirasi.

### 2. Glioksisom

Glioksisom hanya terdapat pada sel tumbuhan, terutama pada jaringan yang mengandung lemak, seperti biji-bijian berlemak. Glioksisom menghasilkan enzim katalase dan enzim oksidase yang keduanya berperan dalam proses metabolisme lemak yaitu mengubah lemak menjadi gula. Proses metabolisme lemak menghasilkan enzim yang diperlukan untuk perkecambahan biji.<sup>26</sup>

## 10. Mitokondria



Gambar 3.22. Struktur mitokondria  
(<https://aunurrofiqhidayat.files.wordpress.com>)17/03/19

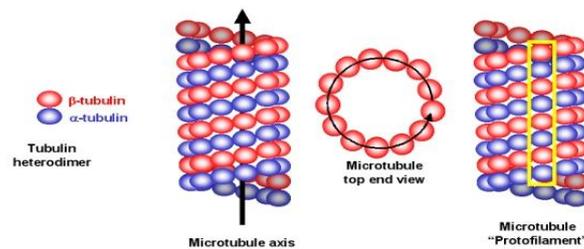
Mitokondria merupakan penghasil energi (ATP) karena berfungsi untuk respirasi. Bentuk mitokondria beraneka ragam. Ada yang bulat, oval, silindris,

<sup>26</sup> Fictor, *Biologi* ( Jakarta : penerbit Visindo.2006 ) hal 47

seperti gada, seperti raket, pokoknya macam-macam deh. Namun secara umum dapat dikatakan bahwa mitokondria berbentuk butiran atau benang. Mitokondria mempunyai sifat plastis, yakni bentuknya mudah berubah.

Mitokondria mempunyai dua membran, yaitu membran luar dan membran dalam. Struktur membran luar mirip dengan membran dalam. Pada membran dalam terjadi pelelukan ke arah dalam membentuk *kista*. Dengan adanya kista ini, permukaan membran dalam menjadi semakin luas sehingga proses respirasi sel menjadi efektif. Proses respirasi berlangsung pada membran dalam mitokondria (pada kista) dan matriks. Matriks adalah cairan yang berada di dalam mitokondria dan bersifat sebagai gel. Matriks tersusun atas air, protein, enzim respirasi, garam, DNA, dan ion-ion. Enzim-enzim respirasi itu sangat penting bagi proses pembentukan ATP. Reaksi respirasi yang berlangsung di dalam mitokondria adalah reaksi dekarboksilasi oksidatif, daur Krebs, dan transpor elektron.

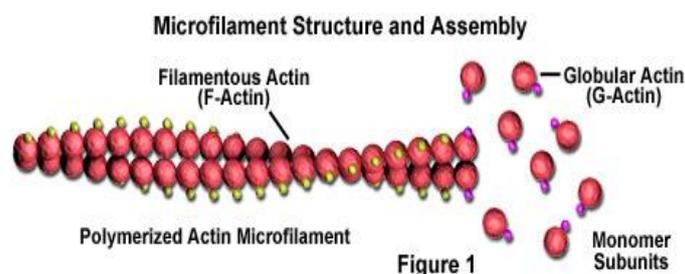
## 11. Mikrotubulus dan Mikrofilamen



Gambar 3.23. Mikrotubulus & mikrofilamen  
(<https://micro.magnet.fsu.edu/cells/images/17/03/18>)

*Mikrotubulus* dan mikrofilamen menyusun struktur rangka sel yang disebut sitoskeleton. Pada organisme multiseluler, sitoskeleton disusun oleh mikrotubulus, mikrofilamen, dan filamen intermediet. Mikrotubulus merupakan organel berbentuk tabung atau pipa, yang panjangnya mencapai 2,5 mikrometer dan diameter 25 nm. Tabung-tabung kecil itu tersusun atas protein yang dikenal sebagai *tubulin*. Fungsi mikrotubulus adalah berperan dalam pergerakan sel.

Mikrofilamen juga berperan dalam pergerakan sel. Organel ini berbentuk benang-benang halus, tipis, dan memanjang. Mikrofilamen tersusun atas dua macam protein, yaitu *aktin* dan *miosin*. Mikrofilamen banyak terdapat pada sel-sel otot. Diameter mikrofilamen hanya 5 nm. Pada sel otot, mikrofilamen mengakibatkan adanya kontraksi pada sel-sel otot. Apabila aktin dan miosin saling menjauh, sel otot akan relaksasi.



Gambar 3.24. Relaksasi dan kontraksi otot akibat pergerakan mikrofilamen  
(<https://micro.magnet.fsu.edu/cells/images/17/03/18>)

Pada sel-sel Protozoa, misalnya *Amoeba*, mikrofilamen berperan dalam pembentukan pseudopodium, gerakan sel, dan gerakan sitoplasma. Selain itu mikrofilamen berperan dalam pembelahan sel, yakni terbelahnya sel menjadi dua sel anak karena ditarik oleh mikrofilamen yang menghubungkan membran.

#### ➤ **Pembelahan sel Eukariotik**

Semua organisme eukariotik yang berkembang biak secara seksual tergantung dari reproduksi sel. Hal ini karena zigot yang terbentuk berasal dari sel telur yang dibuahi oleh sperma. Zigot yang bersel tunggal harus mengalami pembelahan atau reproduksi untuk mencapai ukuran tertentu.

Pada dasarnya, pembelahan sel dibedakan menjadi 2 macam, yaitu pembelahan sel secara langsung dan secara tidak langsung. Pembelahan sel secara langsung jika proses pembelahan tidak didahului dengan pembentukan gelondong pembelahan dan penampakan kromosom. Adapun pembelahan sel secara tidak langsung jika proses pembelahan didahului dengan pembentukan gelondong pembelahan dan penampakan kromosom.

Pembelahan sel secara langsung disebut *amitosis*, sedangkan pembelahan secara tidak langsung meliputi pembelahan *mitosis* dan pembelahan *meiosis*:

#### ➤ **Pembelahan sel secara mitosis dan meiosis**

- **Pembelahan mitosis**  
pembelahan mitosis merupakan pembelahan sel yang terjadi apabila sel anak mempunyai jumlah kromosom sama dengan jumlah kromosom induknya. fase-fase pembelahan mitosis adalah *profase, metafase, anafase, dan telofase*.
- **Pembelahan Meiosis**  
pembelahan meiosis merupakan pembelahan sel yang menghasilkan sel anak dengan jumlah kromosom setengah dari jumlah kromosom sel induknya. meiosis terjadi pada alat reproduksi, yaitu gametosit (sel kelamin jantan dan betina). pembelahan kromosom berlangsung dua kali berurutan tanpa diselingi interfase, yaitu meiosis I dan meiosis II.<sup>27</sup>

### **3.8 . Perbedaan fisik antara sel prokariotik dan eukariotik**

#### a. Sel Prokariotik

- Ukuran relatif kecil (0,5-1µm)
- Tidak memiliki membran Nukleus atau (inti)
- DNA nya kontak dengan sitoplasmanya secara tidak langsung
- Dalam sitoplasmanya mengandung ribosom
- Sel dibungkus oleh plasma membran, dinding luar sel yang kompleks, pili, kadang-kadang berflagela
- tidak mempunyai membran inti
- contoh : sel bakteri/ Archae bacteria dan eubacteria, alga biru hijau

#### b. sel eukariotik

- Ukurannya relatif besar (diameter 10-100 µm)

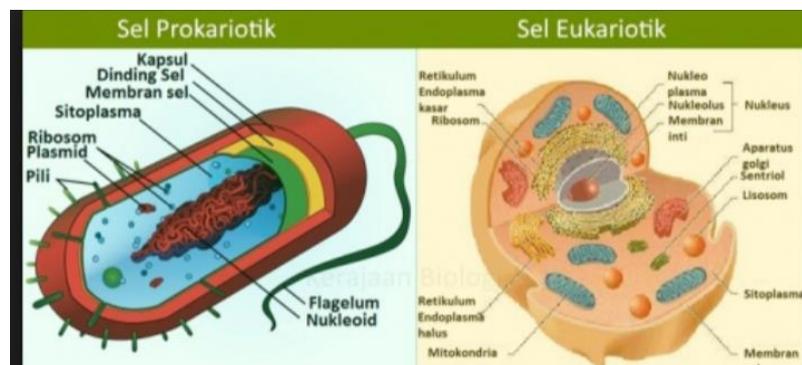
---

<sup>27</sup> Sumardjo Damin, Makhluk Hidup ( Jakarta : penerbit buku kedokteran EGC. 2006) hal 46

- Bagian dalam sangat kompleks dengan organel-organel yg dibatasi membran maupun yg tidak dibatasi membran
- Memiliki inti sejati yg dibatasi membran
- Sel yang mempunyai membran inti/berinti sejati
- Mengandung organel
- Berukuran 1,000-10,000 kali lebih dari sel prokariotik
- Contoh:hewan, tumbuhan dan jamur
- Sel eukariotik dibatasi oleh plasma membran saja, sering juga dengan flagela
- Tidak memiliki dinding sel
- Sel eukariot tanaman dibatasi plasma membran dan dinding sel yang kaku

Memiliki vakuola pusat kloroplas, tidak mempunyai sentriol, dan tidak mempunyai flagella.

c. Perbedaan sel prokariotik dan eukarioti menurut bentuk



Gambar 3.25. Perbedaan sel prokariotik dan eukariotik  
sumber: ([www.ilmusosial.info.com](http://www.ilmusosial.info.com))

- Mengandung organel
- Berukuran 1,000-10,000 kali lebih dari sel prokariotik
- Contoh:hewan, tumbuhan dan jamur
- Sel eukariotik dibatasi oleh plasma membran saja, sering juga dengan flagela
- Tidak memiliki dinding sel
- Sel eukariot tanaman dibatasi plasma membran dan dinding sel yang kaku<sup>28</sup>

### 3.9. SEL TUMBUHAN

Sel tumbuhan berarti bagian terkecil yang membentuk dan menyusun tumbuhan menjadi satu kesatuan yang utuh. Sel tumbuhan merupakan kumpulan sel eukariotik, yakni kelompok sel yang memiliki materi genetik atau DNA yang diselubungi atau dibungkus oleh membrane. Sel pada tumbuhan memiliki struktur yang unik dibandingkan dengan sel eukariotik yang lain. Perbedaan yang paling dasar adalah bentuk dari sel tumbuhan yang kaku. Bentuk kaku ini didapatkan dari

<sup>28</sup> Campbell, organisasi sel (Jakarta : penerbit Erlangga. 2002) hal 42

dinding sel yang terletak di bagian paling luar dari sel tumbuhan. Dinding pada sel tumbuhan ini tersusun dari beberapa senyawa, seperti pectin, lignin, selulosa serta hemiselulosa yang fungsinya menguatkan struktur tumbuhan.

Ciri khas dari sel tumbuhan adalah terdiri dari organel dan sitoplasma, yang dimana semua organel (kecuali nucleus atau inti sel) dan struktur subselular yang ada di dalam sitoplasma akan tertutup oleh membran sel atau dinding sel sebagai lapisan pelindung.

### **Struktur Sel Tumbuhan Dan Fungsinya**

Secara umum struktur sel tumbuhan dapat di bagi menjadi 3 bagian yakni membran sel, inti sel dan sitoplasma. Setiap bagian sel tumbuhan memiliki fungsi yang berbeda-beda.

#### **1 . Membran Sel/ Membran Plasma**

Bagian pertama dari sel tumbuhan adalah membran sel atau membran plasma. Membran sel ini merupakan selaput yang terletak paling luar dan tersusun dari senyawa kimia lipoprotein (gabungan senyawa lemak atau lipid dengan senyawa protein).

Membran sel ini juga bisa disebut dengan nama membran plasma atau selaput plasma. Membran plasma terdiri atas susunan-susunan molekul protein, lapisan senyawa lemak (*fosfolipid*), air, karbohidrat dan sedikit kolesterol. Setiap lapisan senyawa lemak terdiri atas fosfat dan lipid. Gugus lipid dari fosfolipid bersifat tidak menyukai air atau hidrofobik, sedangkan gugus fosfat bersifat menyukai air atau hidroliflik. Gugus lipid sering dinamakan ekor, sedangkan gugus fosfat dinamakan kepala.

Setiap fosfolipid akan saling berpasangan sehingga membentuk dua lapisan (bilayer) fosfolipid yang saling berlawanan. Molekul-molekul protein dari membrane sel terbagi menjadi dua, yaitu protein integral (intrinsik) dan protein perifer (ekstrinsik).

Protein integral ialah protein yang letaknya hanya menembus lapisan lipid, sedangkan protein perifer hanya menempel pada permukaan fosfolipid. Struktur membrane sel dikemukakan oleh dua orang ilmuwan terkenal yakni Jonathan Singer dan Garth Nicolson menjadi teori mosaik cair (fluid mosaic model). Adanya struktur demikian yang cukup kompleks maka membrane sel memiliki beberapa macam fungsi, yakni sebagai berikut;

- Membentuk suatu batas yang fleksibel (tidak mudah robek) antara isi sel dan luar sel.
- Membungkus dan melindungi isi sel.
- Menyeleksi zat-zat apa saja yang bisa masuk ke dalam sel dan apa yang harus keluar dari sel. Dengan kata lain, membran sel dapat dilalui oleh zat-zat tertentu. Sifat membran sel ini dinamakan selektif permeable.

#### **2 . Inti Sel Tumbuhan (Nukleus)**

Inti sel (nukleus) adalah organel pertama yang diteliti oleh ilmuwan. Nukleus memiliki struktur dengan bentuk bulat letaknya pada tengah-tengah sel. Nukleus merupakan bagian yang penting bagi kehidupan sel karena nukleus mengendalikan

semua aktivitas sel. Nukleus dibatasi dengan dua lapis membran yang dinamakan membran inti. Membran inti mempunyai struktur yang menyerupai membran sel. Membran inti mempunyai pori-pori yang hanya dapat dilewati oleh substansi/zat tertentu. Fungsi membran inti adalah melindungi inti sel dan menjadi tempat antara materi inti dan sitoplasma melakukan pertukaran zat. Inti sel memiliki bagian-bagian di dalamnya, seperti berikut ini:

1. Cairan Inti (Nukleoplasma)

Cairan inti adalah cairan dengan tekstur kental mirip jeli. Cairan inti memiliki kandungan senyawa kimia yang kompleks. Selain itu, cairan inti mengandung ion, protein, enzim, dan nukleotida.

2. Anak Inti (Nukleolus)

Anak inti adalah sebuah struktur yang berbentuk bulat yang terdiri atas butiran-butiran dan filamen. Secara kimiawi, penyusun anak inti terdiri atas protein, DNA dan RNA, Nukleolus, memiliki fungsi dalam proses pembentukan ribosom.

3. Kromatin

Kromatin adalah struktur berbentuk benang-benang halus terdiri atas DNA (*deoxyribonucleic acid*). DNA adalah bahan atau substansi genetik pada suatu organisme. Pada waktu proses pembelahan sel, kromatin akan menjadi pendek dan melingkar membentuk kromosom.

### 3 . Sitoplasma

Substansi sel yang tidak hidup. Di dalam sitoplasma berlangsung beberapa sistem metabolisme sel, layaknya sintesis protein dan respirasi sel.

Pada sitoplasma ada organel-organel di dalam cairan kental (merupakan koloid, namun tidak homogen) melayang-layang yang disebut matriks. Organel banyak melakukan fungsi kehidupan layaknya penyimpanan, sintesis bahan, reaksi terhadap rangsang, dan juga respirasi (perombakan). Sebagian besar proses pada sitoplasma diatur secara enzimatik.

Organel sel adalah benda-benda yang terdapat di dalam sitoplasma dan berbentuk hidup dan juga menjalankan fungsi-fungsi kehidupan. Organel Sel tersebut antara lain; badan golgi, ribosom, mitokondria, retikulum endoplasma, lisosom, sentrosom, vakuola, mikrotubulus, mikrofilamen, plastida, dan peroksisom.

### 4. Ribosom (ergastoplasma)

Struktur ini berbentuk bulat terdiri dari dua partikel besar dan kecil, tersedia yang melekat selama retikulum endoplasma dan tersedia pula yang soliter atau bebas. Ribosom merupakan organel sel terkecil di didalam sel. Ribosom berfungsi sebagai daerah berlangsungnya sintesis protein. Di dalam sitoplasma, ribosom tersedia yang melekat terhadap retikulum endoplasma dan tersedia yang bebas.

Ribosom yang melekat terhadap retikulum endoplasma berfungsi menyintesis protein-protein untuk disekresikan ke luar sel. Adapun ribosom yang bebas berfungsi menyintesis protein untuk keperluan sel itu sendiri.

## Retikulum endoplasma (RE)

Retikulum endoplasma (RE) adalah organel yang terdiri atas membran-membran yang memiliki model paralel. RE memiliki sisterna (rongga-rongga) yang berbentuk pipih dan tubulus. Sisterna menghubungkan membran inti bersama membran sel. Dikenal dua model retikulum endoplasma, yaitu:

- Retikulum endoplasma granuler (retikulum endoplasma kasar). RE kasar disebabkan di permukaan sitoplasmik membran ribosom menonjol .
- Retikulum endoplasma agranuler (retikulum endoplasma halus). RE halus diberi nama demikian dikarenakan permukaan sitoplasmanya tidak mempunyai ribosom. Fungsinya tak hanya sebagai daerah perlekatan ribosom, juga berfungsi memperkaya senyawa protein hasil sintesis ribosom yang melekat di permukaan membrannya dan juga transpor zat didalam sel.

## 5. Mitokondria

Mitokondria mengandung enzim yang mampu melepas kekuatan didalam bentuk makanan terhadap sistem respirasi sel. Oleh karenanya itu, mitokondria kerap disebut sebagai “power house” atau “pabrik energi” dari sel. Mitokondria memiliki membran dua lapis, yakni membran di dalam dan membran luar. Membran di dalam mitokondria berbentuk lipatan yang disebut krista. Sementara membran di luar membatasi mitokondria dan sitoplasma.

Fungsi mitokondria adalah sebagai pusat respirasi seluler yang menghasilkan banyak kekuatan ATP. Respirasi merupakan sistem perombakan atau katabolisme untuk membuahakan kekuatan atau tenaga bagi berlangsungnya sistem hidup, olehnya itu mitokondria diberi julukan the power house (pembangkit tenaga) bagi sel.

## 6. Badan golgi (apparatus golgi)

Pada 1898, seorang pakar biologi berkebangsaan Itali, Camillo Golgi, mendapatkan suatu organel yang tersusun atas tumpukan kantung pipih. Organel tersebut lantas diberi nama badan Golgi. Badan Golgi akan membentuk kantong (vesikula) yang mengandung zat-zat yang dihasilkan oleh RE kasar dan RE halus ke membran sel.

Badan golgi terkait bersama fungsi menyortir dan mengirim produk sel. Badan golgi kebanyakan berjumlah banyak dan berperan penting di dalam sel-sel yang secara aktif terlibat didalam sekresi. Organel ini banyak dijumpai terhadap organ tubuh yang melakukan faedah ekskresi, bila ginjal.

## 7. Sel Tumbuhan Lisosom

*Vesikula* sebagian diantaranya yang berasal dari badan golgi selalu ada pada sitoplasma. Selanjutnya vesikula dinamakan lisosom, yakni organel yang memiliki bentuk bulat atau oval yang dilapisi oleh membran. Lisosom mempunyai kandungan enzim yang dapat mencerna protein, fosfolipid polisakarida, dan lipid. Selain itu, lisosom berfungsi mencerna dan menguraikan organel sel yang tua atau telah mengalami kerusakan.

## 8. Sentrosom (sentriol)

Struktur sentrosom berbentuk bintang. Sentrosom bertindak sebagai benda kutub yang merupakan tempat melekatnya ujung benang gelendong terhadap ke dua kutub tersebut. Struktur ini cuma bisa dilihat bersama pakai mikroskop elektron. Fungsi sentrosom memegang peranan mutlak dalam pembelahan sel sel baik mitosis maupun meiosis.

## 9. Sel Tumbuhan – Plastida

Plastida berperan dalam fotosintesis. Plastida adalah bagian dari sel yang dapat ditemui pada alga dan tumbuhan (kingdom plantae). Plastida dapat dilihat bersama mikroskop sinar biasa. Macam-macam plastida, sebagai berikut:

- *Kloroplas*, plastida yang mempunyai kandungan klorofil, pigmen karotenoid, dan pigmen fotosintesis. Kromoplas, plastida yang menambahkan aneka ragam warna non fotosintesis, sekiranya pigmen merah, kuning, dan sebagainya.
- *Leukoplas*, plastida tak berwarna atau berwarna putih. Umumnya terkandung dalam organ tumbuhan yang tidak kena sinar matahari, terlebih terhadap organ penyimpanan cadangan makanan, seperti terhadap akar, biji dan daun muda.

Berdasarkan fungsinya:

- *Amiloplas*, yakni leukoplas yang bermanfaat membentuk dan menyimpan amilum.
- *Elaioplas*, yakni leukoplas yang bermanfaat untuk membentuk dan menyimpan lemak.

## 10. Vakuola (rongga sel)

Beberapa ahli tidak memasukkan vakuola sebagai organel sel dikarenakan tidak menjalankan sebuah fungsi tertentu secara aktif. Vakuola lebih kerap ditemukan dalam sel tumbuh-tumbuhan daripada dalam sel hewan, masing-masing dipisahkan dari sitoplasma oleh sebuah selaput, yang agak serupa bersama membran plasma. Vakuola berisi air yakni getah sel yang mempunyai kandungan makanan, sekresi sel, dan zat-zat buangan.<sup>29</sup>

## 11. Sel Tumbuhan Mikrotubulus

Mikrotubulus punya wujud seperti benang silindris yang kaku. Mikrotubulus merupakan pipa-pipa panjang dan halus yang dijumpai di beraneka type sel, baik tumbuh-tumbuhan maupun terhadap sel hewan.

## 12. Mikrofilamen

Mikrofilamen menyerupai mikrotubulus, tetapi punya tekstur yang lebih lembut. Protein aktin dan miosin (seperti yang ada di otot) adalah komponen utama

---

<sup>29</sup> Rikky Agus, *sel hewan dan tumbuhan* ( Jakarta : penerbit Setia Purna.2006) hal 14

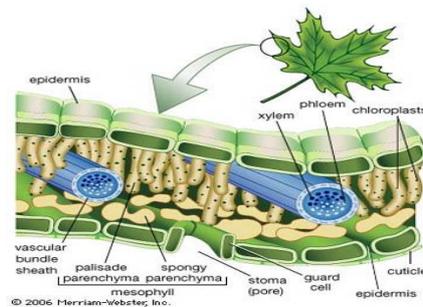
pembentuk mikrofilamen. Mikrofilamen punya fungsi dalam perihal pergerakan sel.

### 13. Peroxisom (badan mikro)

Peroxisom merupakan organel yang punya banyak kandungan enzim katalase. Enzim katalase ini membawa fungsi untuk menguraikan senyawa yang punya kandungan racun peroksida ( $H_2O_2$ ). Pada tubuh hewan, peroxisom ini ditemukan banyak terhadap ginjal dan hati. Peroxisom yang cuma dijumpai terhadap bagian tanaman disebut glioksisom. Glioksisom berperan dalam jalankan proses oksidasi asam lemak. Organel ini terkandung banyak terhadap jaringan lemak di biji yang sedang mengalami perkecambahan.

### Jenis-Jenis Sel

- Sel Parenkim



Gambar 3.26. sel parenkim  
(wordpress.com)

Sel parenkim ialah sel yang mempunyai beberapa fungsi, seperti penyimpanan, tempat menempelnya floem serta pendukung fotosintesis. Selain xilem dan floem, daun juga terdiri dari beberapa sel parenkim, seperti epidermis yang berfungsi sebagai tempat penetrasi cahaya matahari dan pengatur pertukaran gas. Sel ini memiliki dinding sel yang tipis serta permeable yang memungkinkan adanya pengangkutan molekul kecil di dalamnya. Selain itu, sel parenkim juga dapat tumbuh berbentuk duri yang bertujuan untuk mencegah dimangsa hewan herbivora.

Kloroplas yang terkandung dalam sel ini memiliki peran yang penting dalam proses fotosintesis tumbuhan, yang disebut sel klorenkim. Mayoritas sel parenkim terdapat pada umbi kentang dan kotiledon dari biji kacang-kacangan yang mempunyai fungsi sebagai tempat penyimpanan.

- Sel Kolenkim



Gambar 3.27. sel kolenkim  
(wordpress.com)

Sel ini akan hidup apabila telah mencapai usia dewasa dan hanya mempunyai dinding primer. Sel-sel ini sudah mencapai tingkat kematangan dan berasal dari meristem yang awalnya hanya menyerupai sel parenkim. Plastida dalam sel ini tidak dapat berkembang dan organel sekretorik (retikulum endoplasma dan badan golgi) akan berproliferasi untuk mengeluarkan dinding primer tambahan. Dinding ini memiliki bentuk yang tebal di bagian sudutnya, dimana tiga atau lebih dari sel nya saling bersentuhan dan bertekstur tipis di bagian yang hanya dua sel yang bersentuhan.

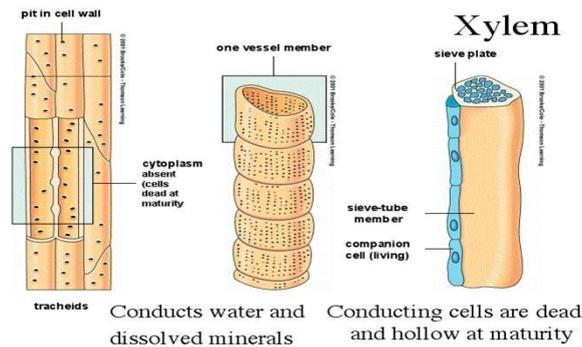
- Sel Sklerenkim



Gambar 3.28. Sel sklerenkim  
(wordpress.com)

Sel klerenkim ialah sel yang bersifat keras dan tangguh. Sel ini berfungsi sebagai penguat tumbuhan, terdiri dari sklereid dan serat. Terdapat dinding sekunder yang mengandung lignin sehingga bersifat kedap air. Namun, sel-sel ini tidak dapat bertahan lama karena tidak dapat melakukan pertukaran zat untuk melakukan metabolisme seperti sel-sel yang lain. Sel sklerenkim biasanya akan mati pada waktu tertentu, sitoplasma nya akan hilang serta meninggalkan ruang kosong.

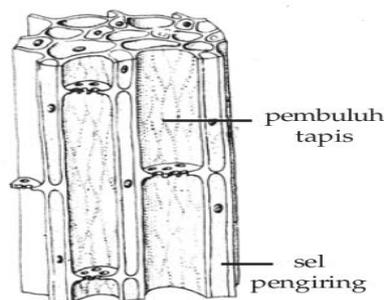
- Sel Xilem



Gambar 3.29. Sel xilem (worspress.com)

Sel xilem ialah sel yang mengalami lignifikasi pada dinding sel. Sel ini mempunyai fungsi untuk mengangkut air dan zat hara dari dalam tanah (akar) menuju daun untuk melakukan proses fotosintesis. Sel ini pertama kali ditemukan pada tanaman sekitar 425 juta tahun yang lalu.

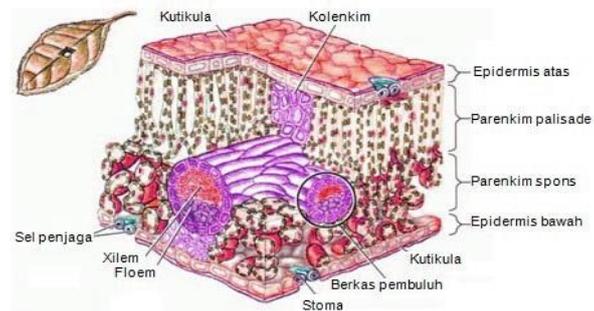
- Sel Floem



Gambar 3.30. Sel floem (wordpress.com)

Sel ini memiliki fungsi sebagai penyusun jaringan untuk transportasi zat-zat makanan pada tumbuhan tingkat tinggi, yakni sukrosa. Sel ini terdiri dari dua jenis sel, yakni tabung saringan dan sel pendamping. Ternyata, tabung penyaring ini tidak memiliki inti sel dan ribosom sehingga metabolisme nya diatur oleh sel pendamping, kemudian terhubung pada tabung saringan melalui plasmodesmata.

- **Sel Epidermis**



Gambar 3.31. Sel epidermis  
(wordpress.com)

Sel epidermis ialah sel parenkim khusus yang terdapat pada seluruh permukaan daun, batang dan juga akar.

### Karakteristik Sel Tumbuhan

Sel tumbuhan pada dasarnya punya bagian – bagian khusus yang jadi pembeda dengan sel hewan, atau pun sel eukariot yang lainnya. Di bawah ini akan kami informasikan kepada Anda tentang organel yang hanya ada pada sel tumbuhan:

- Vakuola yang memiliki ukuran cukup besar, dimana volumenya tersebut dipenuhi oleh air, serta dilapisi oleh membrane yang biasanya disebut dengan tonoplas. Fungsi utama dari tonoplas di sini adalah untuk dapat mempertahankan sel turgor, mengontrol dengan baik pergerakan molekul antara sitosol dengan getah tumbuhan, mencerna limbah protein dan organel, serta untuk menyimpan zat – zat yang berguna.
- Dinding sel yang terdiri atas selulosa, pektin, hemiselulosa, dan juga beberapa yang mengandung lignin. Dihasilkan oleh protoplas yang ada di bagian terluas dari membrane sel. Hal tersebut ternyata berkebalikan dari dinding sel jamur yang dibuat dari kitin serta bakteri yang dibuat dari peptidoglikan. Jalur komunikasi khusus antara sel yang biasanya dikenal sebagai plasmodesmata, yang berupa pori – pori di dinding sel yang kaitkan plasmalema di sel satu menuju ke retikulum endoplasma di sel yang lainnya.
- Plastida yang terdiri atas kromoplas, kloroplas, dan juga leukoplas. Kloroplas di sini mengandung klorofil yang sangat bermanfaat sekali untuk proses penyerapan sinar matahari, dan memungkinkan tanaman atau tumbuhan tersebut untuk bisa membuat makanannya sendiri dalam proses yang biasanya dikenal sebagai fotosintesis. Kromoplas untuk lakukan sintesis serta penyimpanan pigmen. Lalu untuk leukoplas sendiri merupakan bagian dari plastida yang tidak berwarna, dan memiliki fungsi untuk menyimpan cadangan makanan.

- Pembelahan sel yang biasanya dilakukan dengan cara pembentukan phragmoplas sebagai dasarnya.
- Sel kelamin jantan pada lumut dan pteridophyta, ginkgo, serta sikas yang punya flagela yang serupa dengan sel pada hewan. Akan tetapi pada tumbuhan sendiri ternyata jauh lebih kompleks, seperti gymnospermae dan tanaman berbunga tidak memiliki flagela dan sentriol yang umumnya ada di dalam sel hewan.<sup>30</sup>

## Perbedaan Sel Hewan dan Sel Tumbuhan

Adapun beberapa perbedaan sel hewan dan sel tumbuhan, secara umum yaitu:

### 1. Sel Hewan

- Memiliki ukuran sel relatif kecil dibandingkan sel tumbuhan
- Tidak memiliki kloroplas (plastid)
- Tidak memiliki dinding sel
- Memiliki lisosom
- Memiliki badan golgi
- Memiliki sitoplasma
- Memiliki bentuk tidak tepat
- Tidak memiliki vakuola (bila ada pun jarang ditemukan)

### 2. Sel Tumbuhan

- Memiliki ukuran sel relatif besar dibandingkan sel hewan
- Memiliki kloroplas (plastid)
- Memiliki dinding sel dan membran sel
- Tidak memiliki lisosom
- Tidak memiliki sentrosom
- Memiliki vakuola berukuran besar dan berjumlah banyak

### 3.10. Sel Hewan

Sel Hewan ialah Sel Eukariotik Yang Berada Pada Semua Hewan. Pada Biasanya, Sel Hewan ialah Sebuah Unsur Organel Paling Kecil Yang Mempunyai Selaput Tipis. Sel Hewan Mempunyai Kelebihan Dalam Membuat Ganda Secara Mandiri Dengan Cara Melangsungkan Pembelahan Sel.

Dalam Sel Hewan Diperoleh Suatu Larutan Koloid Yang Menyimpan Senyawa Kimia. Senyawa Tersebut Digunakan Untuk Menjalankan Fotosintesis.

### Bagian Dari Sel Hewan

Sel hewan mengandung inti terikat membran, juga mengandung membran lainnya yang terikat organel seluler. Organel seluler melaksanakan fungsi tertentu yang diperlukan untuk fungsi normal dari sel. Sel-sel hewan tidak memiliki dinding sel, vakuola besar dan plastida. Karena tidak adanya dinding sel, bentuk dan ukuran

<sup>30</sup> Sutiman. Biologi Sel ( Malang : penerbit UB Press. 2017) hal 25

sel-sel hewan sebagian besar tidak teratur. Konstituen dari sel-sel hewan adalah struktur seperti sentriol, silia dan flagela dan lisosom.

Bagian dari sel hewan adalah sebagai berikut:

- Membran sel – membentuk menutupi bagian luar dari sel, dan semi-permeabel.
- Sitoplasma – adalah matriks seperti gel di mana semua organel sel lainnya tersuspensi dalam sel.
- Inti – berisi DNA materi hereditas dan mengarahkan kegiatan sel.
- Sentriol – mengatur perakitan mikrotubulus selama pembelahan sel.
- Retikulum Endoplasma – adalah jaringan membran terdiri dari retikulum endoplasma kasar dan halus.
- Golgi kompleks – bertanggung jawab untuk menyimpan, pengemasan produk seluler.
- Lisosom – adalah kantung enzim, yang mencerna limbah selular.
- Mikrotubulus – adalah batang berongga, berfungsi terutama sebagai dukungan dan bentuk sel.
- Mitokondria – adalah situs untuk respirasi selular dan produsen energi.
- Ribosom – terbuat dari RNA dan protein, dan situs untuk sintesis protein.
- Nukleolus – adalah struktur dalam inti dan membantu dalam sintesis ribosom.
- Nucleopore – adalah lubang kecil pada membran inti, memungkinkan pergerakan asam nukleat dan protein masuk / keluar dari sel.

### **Struktur Hewan Sel**

Sel-sel hewan adalah sel eukariotik, inti dan organel lain dari sel terikat oleh membran.

### **Membran Sel**

- Ini adalah penghalang semipermeabel, sehingga hanya sedikit molekul untuk bergerak di atasnya.
- studi Elektron mikroskopis dari membran sel menunjukkan model lapisan ganda lipid dari membran plasma, ia juga dikenal sebagai model mosaik cair.
- Membran sel terdiri dari fosfolipid yang memiliki polar (hidrofilik) kepala dan non-polar (hidrofobik) ekor.

### **Sitoplasma**

- Matriks cairan yang mengisi sel adalah sitoplasma.
- Organel seluler tersuspensi dalam matriks dari sitoplasma.
- Matriks ini mempertahankan tekanan sel, memastikan sel tidak mengecilkan atau meledak.

### **Nukleus**

- Inti adalah rumah bagi sebagian besar sel-materi genetik DNA dan RNA.
- Nukleus ini dikelilingi oleh membran berpori dikenal sebagai membran nuklir.
- RNA bergerak masuk / keluar dari inti melalui pori-pori ini.
- Protein dibutuhkan oleh inti masuk melalui pori-pori inti.

- RNA membantu dalam sintesis protein melalui proses transkripsi.
- Inti mengontrol aktivitas sel dan dikenal sebagai pusat kendali.
- Nukleolus adalah tempat gelap dalam inti, dan itu adalah lokasi untuk pembentukan ribosom.

### **Ribosom**

- Ribosom adalah lokasi untuk sintesis protein di mana translasi dari RNA berlangsung.
- Sintesis protein sangat penting untuk sel, ribosom ditemukan dalam jumlah besar di semua sel.
- Ribosom ditemukan bebas tersuspensi dalam sitoplasma dan juga yang melekat pada retikulum endoplasma.

### **Retikulum Endoplasma (RE)**

- RE adalah sistem transportasi sel. Mengangkut molekul yang membutuhkan perubahan tertentu dan juga molekul ke tujuan mereka.
- RE terdiri dari dua jenis, kasar dan halus.
- RE terikat dengan ribosom tampak kasar dan disebut retikulum endoplasma kasar; sedangkan RE halus tidak memiliki ribosom.

### **Lisosom**

- Ini adalah sistem pencernaan sel.
- Mereka memiliki enzim pencernaan membantu dalam memecah molekul limbah dan juga membantu dalam detoksifikasi sel.
- Jika lisosom tidak terikat membran sel tidak bisa menggunakan enzim peruksak.

### **Sentrosom**

- Hal ini terletak di dekat inti sel dan dikenal sebagai 'pusat pengorganisasian mikrotubulus' sel.
- Mikrotubulus dibuat dalam Sentrosom.
- Selama mitosis membantu Sentrosom dalam membagi sel dan kromosom bergerak ke sisi berlawanan dari sel.

### **Vakuola**

- Mereka terikat oleh membran tunggal dan organel kecil.
- Dalam banyak organisme vakuola adalah organel penyimpanan.

Vesikel adalah vakuola kecil yang berfungsi untuk transportasi masuk / keluar dari sel.

### **Badan Golgi**

- Badan Golgi adalah pusat pengemasan sel.
- Badan Golgi memodifikasi molekul dari RE kasar dengan membagi mereka ke dalam unit yang lebih kecil dengan membran yang dikenal sebagai vesikel.
- Mereka meratakan tumpukan kantung yang terikat membran.

### **Mitokondria**

- Mitokondria merupakan sumber energi utama sel.
- Mereka disebut power house dari sel karena energi (ATP) yang dibuat di sini.
- Mitokondria terdiri dari membran dalam dan luar.
- Hal ini organel berbentuk bulat atau batang.
- Ini adalah organel yang independen karena memiliki materi hereditas sendiri.

### **Peroksisom**

- Peroxisom tunggal terikat membran organel yang mengandung enzim oksidatif yang dalam fungsi pencernaan.
- Mereka membantu dalam mencerna rantai panjang asam lemak dan asam amino dan membantu dalam sintesis kolesterol.

### **Sitoskeleton**

- Ini adalah jaringan dari mikrotubulus dan serat mikrofilamen.
- Mereka memberikan dukungan struktural dan mempertahankan bentuk sel.

### **Silia dan Flagela**

- Silia dan flagela adalah struktur struktural identik.
- Mereka berbeda berdasarkan fungsi yang mereka lakukan dan panjang mereka.
- Silia pendek dan dalam jumlah besar per sel sementara flagela lebih panjang dan lebih sedikit jumlahnya.
- Mereka adalah organel gerakan.
- flagera bergerak seperti bergelombang sedangkan gerakan silia dengan memukul atau seperti mengayuh.

### **Karakteristik Hewan**

Adapun untuk karakteristik hewan meliputi beberapa hal sebagai berikut:

#### **Sel Hewan**

- Memiliki organel yang khas yakni adanya sentriol yang berguna pada saat pembelahan sel. Adanya organel tersebut menjadi salah satu ciri yang membedakan antara hewan dan tumbuhan.
- Tidak memiliki dinding sel.
- Memiliki vakuola berukuran kecil bahkan tidak ada.
- Tidak memiliki plastida.
- Memiliki struktur dan fungsi yang sama yang akan membentuk suatu jaringan.
- Sebagian besar sel hewan terusun dari air dan komponen kimia utama, seperti protein, karbohidrat, lemak dan asam nukleat.<sup>31</sup>

---

<sup>31</sup> Deden Abdurrahman, *Biologi Sel* ( Bandung : penerbit Grafindo Media Pratama.2008) hal 27

**PERTANYAAN:**

1. Sebutkan pengertian sel prokariotik ?
2. Sebutkan contoh bakteri yang ada di sel prokariotik ?
3. Apa fungsi membran plasma dalam sel prokariotik ?
4. Apa perbedaan sel hewan dan tumbuhan pada sel Eukariotik?
5. Sebutkan 3 jenis lipid penyusun membran sel?
6. Sebutkan fungsi pada sitoplasma!
7. Berapakah ukuran sel prokariotik dan sel eukariotik?
8. Sebutkan perbedaan dinding sel dalam sel prokariotik dan sel eukariotik?
9. Jelaskan pengertian sel tumbuhan dan sel hewan ?
10. Apa yang di maksud dengan organel sel ?serta sebutkan apa saja yang terdapat pada organel sel tersebut.

## KESIMPULAN

Kata Prokariotik diambil dari bahasa Yunani pro dan karyon. Pro memiliki arti sebelum dan karyon yang memiliki artinya yakni inti sel. Jadi pengertian dari sel prokariotik ialah jenis sel yang membran intinya tidak terdapat membran nukleus atau selaput inti sel. Semua sel prokariotik mempunyai membran plasma, nukleoid berupa DNA dan RNA, serta sitoplasma yang mengandung ribosom. Sel prokariotik tidak memiliki membran inti sehingga bahan inti yang berada dalam sel mengadakan kontak langsung dengan protoplasma. Sel prokariotik juga tidak memiliki sistem endomembran (membran dalam).

Eukariotik berasal dari bahasa Yunani, terdiri atas dua kata Eu yang artinya sejati, dan karyon yang artinya bagian dalam biji, yang mengacu pada nukleus. Sehingga dapat diartikan bahwa sel eukariotik sebagian besar DNA berada dalam organel yang disebut nukleus, yang dibatasi oleh membran ganda. Mitokondria mengandung enzim yang mampu melepas kekuatan didalam bentuk makanan terhadap sistem respirasi sel. Oleh karenanya itu, mitokondria kerap disebut sebagai "power house" atau "pabrik energi" dari sel. Mitokondria memiliki membran dua lapis, yakni membran di dalam dan membran luar. Membran di dalam mitokondria berbentuk lipatan yang disebut krista. Sementara membran di luar membatasi mitokondria dan sitoplasma. Fungsi mitokondria adalah sebagai pusat respirasi seluler yang menghasilkan banyak kekuatan ATP. Respirasi merupakan sistem perombakan atau katabolisme untuk membuahkan kekuatan atau tenaga bagi berlangsungnya sistem hidup, olehnya itu mitokondria diberi julukan the power house (pembangkit tenaga) bagi sel. Bagian pertama dari sel tumbuhan adalah membran sel atau membran plasma. Membran sel ini merupakan selaput yang terletak paling luar dan tersusun dari senyawa kimia lipoprotein (gabungan senyawa lemak atau lipid dengan senyawa protein).

Retikulum berasal dari kata *reticular* yang berarti anyaman benang atau jala. Oleh karena letaknya memusat pada bagian dalam sitoplasma (endoplasma) maka disebut sebagai retikulum endoplasma (disingkat RE). RE hanya dijumpai di dalam sel eukariotik, baik sel hewan maupun sel tumbuhan. Sel-sel kelenjar mengandung lebih banyak RE dibandingkan dengan sel bukan kelenjar.

## GLOSARIUM

<b>E.coli</b>	: Salah satu jenis spesies utama bakteri gram negatif
<b>Rna</b>	: Molekul polimer yang terlibat dalam berbagai peran biologis dalam mengkode dan ekspresigen.
<b>Dna</b>	: Sejenis bio molekul yang menyimpan dan menyandi intruksi genetika setiap organisme.
<b>Lipid bilayer</b>	: Lapisan membran bermuatan tipis yang terdiri dari dua lapisan molekul lipid.
<b>Eukariotik</b>	: Organisme dengan sel yang memiliki nukleus dan organel membran lainnya.
<b>Prokariotik</b>	: Makhluk hidup yang tidak memiliki membran inti sel
<b>Sitosol</b>	: komponen sel didalam sitoplasma yang berupa cairan
<b>Matriks sitoplasma</b>	: Bagian pada sel hewan dan tumbuhan yang masing-masing organel sel memiliki perbedaan
<b>koloid</b>	: Suatu bentuk campuran dua atau lebih zat yang bersifat heterogen namun memiliki ukuran partikel terdispersi yang cukup besar sehingga mengalami efek tyndall
<b>Suspensi</b>	: Suatu campuran fluida yang mengandung partikel padat
<b>Kromatin</b>	: Kompleks dari asam deoksiribonukleat,protein,histon
<b>RE kasar</b>	: retikulum yang terdapat ribosom dipermukaannya
<b>RE halus</b>	: Ribosom yang tidak aktif dalam sintesis protein,tetapi aktif dalam sintesis lemak
<b>diktiosom</b>	: Organel yang dikaitkan dengan fungsi ekskresi sel
<b>Lisozim</b>	: Enzim yang memutuskan ikatan glikosida antara asam asetil glukosamin
<b>Kista</b>	: Tumor jinak yang paling sering ditemui berbentuk cairan kental
<b>Tubulin</b>	: Mikrotubulus terdiri dari molekul-molekul bulat protein globular
<b>Aktin</b>	: Protein globular multi fungsi dengan massa sekitar 42-kda
<b>Badan golgi</b>	: Pusat pengemasan sel
<b>Mikrotubulus</b>	: Batang berongga, berfungsi sebagai dukungan dan bentuk sel
<b>Nucleopore</b>	: Lubang kecil pada membran inti,memungkinkan pergerakan asam nukleat dan protein masuk/keluar dari sel
<b>Vesikel</b>	: Vakuola kecil yang berfungsi untuk transfortasi masuk/keluar dari sel
<b>Ribosom</b>	: Lokasi untuk sintesis protein dimana translasi dari RNA berlangsung
<b>Xilem</b>	: Mengangkut air dan zat hara dari dalam tanah (akar) menuju daun untuk melakukan proses fotosintesis
<b>Peroksisom</b>	: Organel yang punya banyak enzim katalase
<b>Leukoplas</b>	: Plastida tak berwarna atau berwarna putih
<b>Kloroplas</b>	: Plastida yang mempunyai kandungan klorofil,pigmen karotenoid,dan pigmen karotenoid dan pigmen fotosintesis
<b>Vesikula</b>	: Organel yang memiliki bentuk oval atau bulat yang dilapisi oleh membran.
<b>Kromatin</b>	: Struktur yang berbentuk benang-benang halus terdiri atas DNA
<b>Nukleus</b>	: Struktur yang berbentuk bulat yang terdiri atas butiran-butiran dan filament.
<b>Fosfolipid</b>	: Bagian terbesar penyusun membran
<b>Glikoprotein</b>	: Bagian sel yang berfungsi sebagai reseptor

- Lisosom** : Membran berbentuk kantong kecil yang berisi enzim hidrolitik yang disebut lisozim
- Elaioplas** : Leukoplas yang bermanfaat untuk membentuk dan menyimpan lemak
- Kromoplas** : Plastida yang menambahkan beranekaragam warna non fotosintesis
- Amiloplas** : Leukoplas yang bermanfaat membentuk dan menyimpan amilum

## DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, Neil A. 2002. *Organisasi sel*. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Deden,Abdurahman.2008. *Biologi sel*. Bandung : Penerbit Grafindo Media Pratama
- Hartati, Agnes Sri. 2013.*Biologi Medik*. Yogyakarta : Penerbit graha ilmu
- Hayati, Riza Sativani. 2016.*Sel prokariotik dan eukariotik*. Yogyakarta: Penerbit Deepublish
- Rikky,Agus.2006.*Sel hewan dan tumbuhan*. Jakarta : Penerbit Setia Purna
- Subahar,Tati Suryati. 2009.*Organ sel*. Bogor : Penerbit Quadra
- Sumardjo,Damin .2006.*Makhluk hidup*. Jakarta : Penerbit buku kedokteran EGC
- Sutiman B.sumitro,Sri Widyarti. 2017. *Biologi sel*.Malang : Penerbit UB Press
- Triwibowo,Yumono. 2008.*Biologi Molekular*. Jakarta : Penerbit Erlangga
- George,Fried.2006.*Biologi*.Jakarta : Penerbit Erlangga
- Bagod,Sudjadi.2006.*Biologi*.Jakarta : Penerbit Ghalia Indonesia
- Fictor,Ferdinan.2006.*Biologi*.Jakarta : Penerbit Visin

## BAB IV ORGANEL SEL

### 4.1. Pengertian Organel Sel

Organel sel adalah benda-benda padat yang terdapat di dalam sitoplasma sel, bersifat hidup dan berperan khusus dalam menjalankan kehidupan sel seperti sintesis bahan, respirasi sel, penyimpanan, serta reaksi terhadap rangsang.

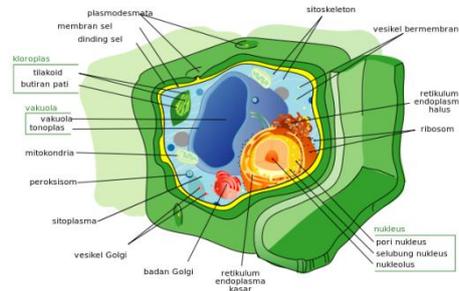
Organel merupakan struktur bagian dengan ukuran mikro yang tidak dapat dilihat dengan mikroskop biasa, tetapi harus menggunakan mikroskop elektron. Organel mempunyai struktur dan fungsi yang khusus.

#### A. Struktur dan Fungsi Organel

##### a. Membran Sel

Membrane sel meliputi atas lapisan lipoprotein. Lipid yang menyusun membrane adalah pospolipid yang bersifat **hidrofolik** dan sentral yang bersifat hidrofobik. Membrane sel bersifat semipermeabel dan juga selektif. Fungsi membrane sel :

- Sebagai pelindung sel.
- Sebagai tempat pertukaran zat.
- Untuk reseptor dari rangsang luar.
- Untuk tempat berlangsungnya reaksi-reaksi kimia.



Gambar 4.1. Membran Sel

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Plant\\_cell\\_structure\\_svg-id.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Plant_cell_structure_svg-id.svg)

##### b. Sitoplasma

Sitoplasma ada dalam dua bentuk yang dipengaruhi kandungan air yaitu : fase sol (padat) dan fase gel (cair).

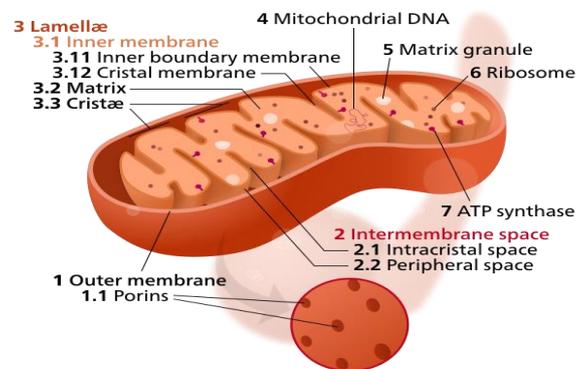
##### c. Organel Sel

Organel sel merupakan benda-benda padat yang terdapat di dalam sitoplasma sel, bersifat hidup dan berperan khusus dalam menjalankan dan mengatur kehidupan sel seperti sintesis bahan, respirasi sel, penyimpanan, serta reaksi terhadap rangsangan. Dalam sel terdapat macam-macam organel, dimana organel sel ini menjadi tempat segala aktivitas dari sel. Organel-organel sel tersebut antara lain adalah :

## 1. Mitokondria

Mitokondria merupakan organel tempat berlangsungnya fungsi respirasi sel makhluk hidup yang memiliki dua lapisan membran luar dan lapisan membran dalam.<sup>32</sup>

Lapisan membran dalam ada dalam bentuk lipatan-lipatan sering disebut *cristae*. Mitokondria adalah organel berbentuk lonjong yang berada di sitoplasma. Mitokondria memiliki dua lapisan membrane yang terpisah dengan membrane inti, membrane sel, dan RE. Membrane bagian dalam membentuk lipatan lipatan. Struktur ini disebut kista dan pada kista terdapat berbagai enzim yang berperan dalam respirasi aerobik. Banyaknya jumlah mitokondria dalam sel, bergantung pada seberapa aktif sel sel tersebut. Misalnya pada sel otot, memiliki mitokondria lebih banyak dibandingkan sel yang pasif. Semakin banyaknya mitokondria, semakin tinggi frekuensi proses respirasi.<sup>33</sup>



Gambar 4.2. Mitokondria  
<https://en.wikipedia.org/wiki/Mitochondrion>

## 2. Ribosom

Ribosom banyak dijumpai dalam sel, tersusun atas protein dan rRNA, tidak bermembran, berdiameter 15-20 nm, letaknya ada yang melekat pada membran retikulum endoplasma, ada yang melekat pada permukaan luar membrane inti sel, dan ada yang berada bebas dalam sitoplasma sel serta terdapat pula didalam mitokondria dan kloroplas. Didalam bobot kering sel Hati 25% tersusun atas ribosom. Struktur ribosom pada bakteri sangat sederhana, tetapi pada sel tingkat tinggi menjadi lebih kompleks. Ribosom sering menempel satu sama lain membentuk rantai yang disebut poliribosom atau polysom. Antara unit ribosom yang satu dengan yang lain diikat dengan mRNA.<sup>34</sup>

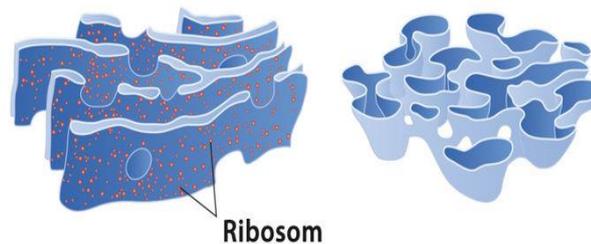
Fungsi utama ribosom adalah mensintesis protein. Ribosom kecil juga ada di mitokondria dan kloroplas berperan mensintesis protein dalam kedua organel ini, tetapi sebagian lagi merupakan sintesis dari ribosom pada sitoplasma yang kemudian diangkut ke mitokondria maupun kloroplas. Pada inti sel tidak dijumpai ribosom sehingga seluruh protein dalam inti disintesis oleh ribosom sitoplasma.<sup>35</sup>

<sup>32</sup> Campbell. 2004. *Biology*. Jakarta

<sup>33</sup> Starr Cecie. Dkk. 2007. *Kesatuan Dan Keragaman Makhluk Hidup*. Salemba Teknika

<sup>34</sup> Campbell. 2002. *Biology*. Jakarta

<sup>35</sup> Kimbal J.W. 1999. *Biology*. Jakarta

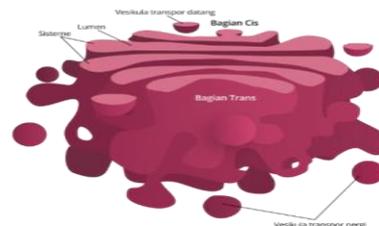


Gambar 4.3. Ribosom

[http://biologie.oncampus.de/loop/Zellteile\\_und\\_ihre\\_Funktion#Zellteile\\_und\\_ihre\\_Funktion](http://biologie.oncampus.de/loop/Zellteile_und_ihre_Funktion#Zellteile_und_ihre_Funktion)

### 3. Kompleks Golgi

Kompleks golgi atau disebut juga badan golgi, aparatus golgi atau diktiosom adalah organel yang dikaitkan dengan fungsi ekskresi sel, dan struktur ini dapat dilihat dengan mikroskop cahaya biasa. Organel ini terdapat hampir disemua sel eukariotik dan banyak dijumpai pada organ tubuh yang melaksanakan fungsi ekskresi, misalnya ginjal. Setiap sel hewan memiliki 10 - 20 badan golgi, sedangkan pada tumbuhan memiliki hingga ratusan badan golgi. Organel pada badan golgi memiliki membrane berlipat yang tampak seperti penekuk. Enzim dalam badan golgi menyelesaikan pembentukan rantai pilopeptida dan lemak yang dikirim oleh RE. Organel ini menyisipkan gugus fosfat atau gula dan memotong rantai polipeptida tertentu. Produk akhir berupa protein membran, protein untuk sekresi dan enzim, akan dipilih dan dikirimkan ke vesikel baru yang membawanya ke membran plasma atau kelisosom.<sup>36</sup>



Gambar 4.4. Kompleks golgi

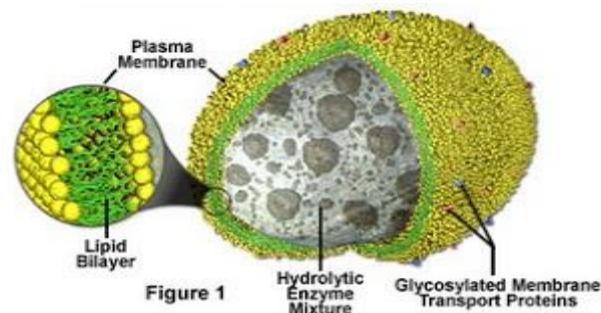
[https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Golgi\\_apparatus\\_\(borderless\\_version\)-id.svg](https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Golgi_apparatus_(borderless_version)-id.svg)

### 4. Lisosom

Lisosom adalah organel sel berupa kantong terikat membrane yang berisi enzim hidrolitik yang berguna untuk mengontrol pencernaan intra seluler pada berbagai keadaan. Lisosom bergabung dengan vakuola membawa partikel atau molekul dibuang seperti komponen sel yang telah terpakai. Enzim lisosom kosong memasuki vesikel lainnya dan mencerna komponennya dan menjadi serpihan. Lisosom berfungsi sebagai tempat sampah dan pusat daur ulang. Enzim di dalamnya memecah molekul besar menjadi subunit yang lebih kecil yang dapat

<sup>36</sup>Andyani. 2016. *BIOLOGI UMUM*. Medan

digunakan sel sebagai materi penyusun atau dibuang. Jenis molekul berbeda akan dipecah oleh enzim lisosom yang berbeda.<sup>37</sup>



Gambar 4.5. Lisosom

<http://r.search.yahoo.com/pengertian-struktur-dan-fungsi-sel.html/RK>

#### ➤ **Lisosom pada Sel Hewan**

Pada sel hewan lisosom banyak dijumpai pada jaringan hati dan ginjal. Lisosom juga dapat dideteksi pada berbagai jaringan pada hewan. Dapat dipastikan bahwa hampir seluruh jenis mamalia memiliki lisosom, kecuali sel darah merah (eritrosit) matang.

#### ➤ **Lisosom pada Tumbuhan**

Tumbuhan mengandung beberapa jenis hidrolase, tetapi enzim - enzim ini tidak selalu mengalami kompartementalisasi khusus seperti yang terdapat pada sel hewan.

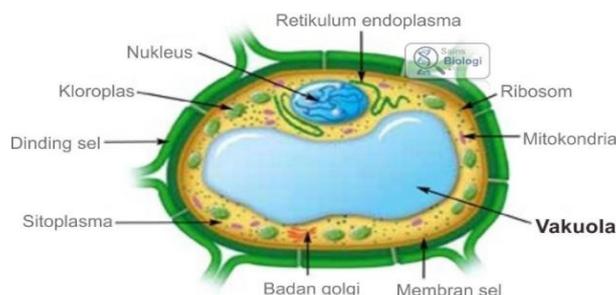
### 5. Vakuola

Vakuola merupakan ruang dalam sel yang berisi cairan yang berupa rongga yang diselaputi membrane (Tonoplas). Cairan ini adalah air dan didalamnya terlarut zat seperti enzim, lipid, alkaloid, garam mineral, asam, basa, selain itu vakuola juga berisi asam organik, asam amino, glukosa, dan gas. Vakuola terbagi menjadi dua jenis yaitu vakuola kontratil dan vakuola nonkontratil dan (vakuola makanan). Vakuola kontraktile berfungsi sebagai osmoregulator yaitu pengatur nilai osmotik sel atau ekskresi, vakuola nonkontraktile berfungsi untuk mencerna makanan dan mengedarkan hasil makanan.<sup>38</sup> Vakuola berfungsi sebagai ;

1. Tempat penyimpanan zat cadangan makanan seperti amilum dan glukosa.
2. Tempat menyimpan pigmen.
3. Tempat penyimpanan atsirik.
4. Mengatur turgiditas sel.
5. Tempat penimbunan sisa metabolisme dan metabolik sekunder seperti getah karet, alkaloid, tannin, kalsium oksabit.

<sup>37</sup>Kleesatell. 2007. *BIOLOGI*

<sup>38</sup> Campbell. 2003. *BIOLOGI*. JAKARTA



Gambar 4.6. Vakuola

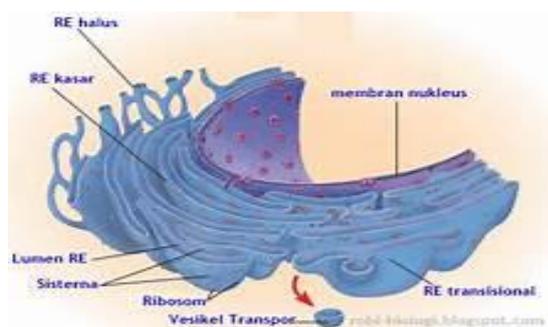
<https://micro.magnet.fsu.edu/cells/plants/vacuole.html><https://www.pinterest.de/pin/697213586032289628/>

## 6. Retikulum Endoplasma (RE)

Retikulum endoplasma adalah struktur berbentuk benang benang yang bermuara di inti sel. Dikenal dua jenis reticulum endoplasma yaitu :

1. Retikulum endoplasma granuler (reticulum endoplasma kasar). RE kasar tampak kasar karena ribosom menonjol dipermukaan sitoplasma membrane.
2. Retikulum endoplasma agranuler (reticulum endoplasma halus). RE halus diberi nama demikian karena tidak mempunyai ribosom.

Ribosom membentuk rantai polipeptida, yang kemudian keluar dibagian dalam RE. Dalam RE, protein melipat dan membentuk struktur tersier. Beberapa protein menjadi bagian membrane RE dan yang lain dibawah ketujuannya didalam sel. Sel yang membentuk, menyimpan, mengeksresikan protein memiliki banyak RE kasar, contohnya :sel kelenjar yang kaya akan RE dalam prankeas (organ) membentuk dan mengekresikan enzim yang membantu untuk mencerna makanan dalam usus kecil.<sup>39</sup>



Gambar 4.7. Retikulum Endoplasma

<https://balubu.com/struktur-sel-hewan-dan-fungsinya/>

### a. Bentuk Mikropis RE

Dari pengamatan dengan mikroskop electron pada sel hati terlihat adanya dua macam Retikulum Endoplasma.

<sup>39</sup> Kimbal J.W. 1999. *BIOLOGI*. JAKARTA

➤ **Retikulum Endoplasma Kasar (REK)**

Mempunyai fungsi dalam sintesa protein di dalam sel, terutama sintesa protein untuk sekresi dan protein untuk komponen RE itu sendiri. RE juga berfungsi untuk melakukan glikolasi yakni menambahkan gula (selaput glukosamin dan manosa) terhadap protein dan penambahan disulfide agar polipeptida lebih banyak rangkaian dan cabangnya. RE juga mengandung granula lemak, hal ini menunjukkan REK maupun REH saling bekerja sama dan saling berhubungan dalam proses sekresi dan transport lemak.

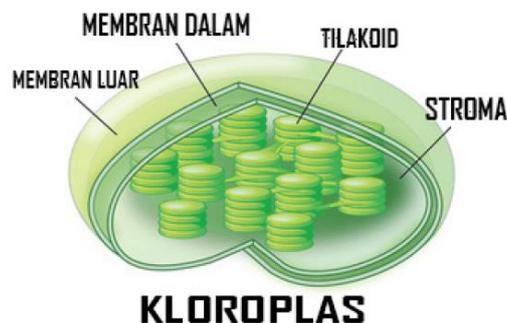
➤ **Retikulum Endoplasma Halus (REH)**

REH mempunyai bentuk berupa pembuluh (tubular) gelembung atau (vesikuler) yang tidak teratur. REH berperan dalam mensintesis hormone steroid. Dalam sel hati REH berfungsi untuk metabolisme zat yang larut dalam lemak dan obat, contohnya barbiturate. REH di dalam hati melakukan proses yang disebut detoksikasi, sehingga tidak meracuni dan merusak sel.

## 7. Kloroplas

Plastida adalah organel tertutup membran yang memiliki fungsi dalam fotosintesis atau penyimpanan pada sel tumbuhan dan ganggang. Kloroplas, Kromoplas, dan Amiloplas adalah bagian dari plastida yang umum.<sup>40</sup>

Sel fotosintesis tumbuhan dan banyak mengandung kloroplas, kebanyakan kloroplas memiliki bentuk oval atau lempengan. Dua membran luar membungkus zat semifluid interior yang disebut stroma. Stroma mengandung enzim dan DNA kloroplas. Kloroplas berfungsi mengkonversi matahari, air, dan cahaya.<sup>41</sup>



Gambar 4.8. Kloroplas  
<https://balubu.com/sel-tumbuhan-beserta-fungsinya/>

Bagian-bagian yang dimiliki kloroplas antara lain, sebagai berikut :

1. Membran luar

Membran luar pada kloroplas bersifat sangat permeable sehingga memiliki fungsi dalam mengatur masuk dan keluarnya sesuatu zat.

<sup>40</sup>Kleesattel J.W. 2007. *BIOLOGI*

<sup>41</sup> Campbell. 2003. *BIOLOGI*. JAKARTA

## 2. Ruang antar membran

Merupakan ruang tipis yang memisahkan membran luar dan membran dalam pada kloroplas.

## 3. Membran dalam

Membran dalam bersifat selektif permeable dan merupakan membran yang menutupi cairan yang disebut *stroma*.

## 4. Stroma

Merupakan cairan kloroplas yang berguna untuk menyimpan hasil fotosintesis dalam bentuk pati dan sebagai tempat terjadinya reaksi gelap (siklus calvin). Stroma diisi enzim, ribosom, dan DNA.

## 5. Tilakoid

Kloroplas mengandung system membran internal yang ketiga yang disebut membran *tilakoid*. Bagian internal tilakoid dapat disebut *lumen tilakoid*. Bentuk *tilakoid* seperti tumpukan piringan yang saling berhubungan. Fungsi struktur yaitu untuk menangkap energy cahaya dan mengubahnya menjadi energi kimia.

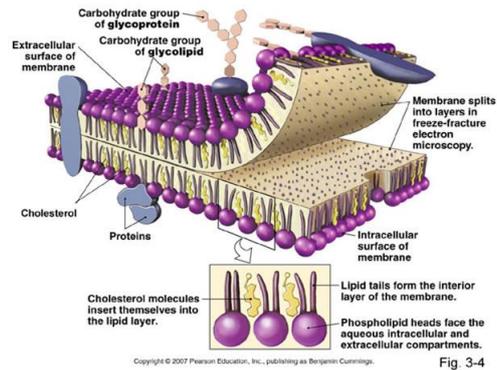
## 8. Sitoskeleton

Sitoskeleton atau kerangka sel adalah jaring berkas protein yang menyusun sitoplasma dalam sel. Setelah lama dianggap hanya terdapat disel eukariota, sitoskeleton ternyata juga dapat ditemukan pada sel prokariota. Dengan adanya sitoskeleton, sel dapat memiliki bentuk yang kokoh, berubah bentuk, mampu mengatur posisi organel, berenang serta, berenang serta merayap dipermukaan.

Sitoskeleton memberi tumpuan pada sel, dan juga berfungsi dalam motilitas dan pengaturan sel. Fungsi yang paling jelas dari sitoskeleton ialah untuk memberikan dukungan mekanis pada sel dan mempertahankan bentuknya. Ini sangat penting untuk sel hewan, yang tidak memiliki dinding sel. Kekuatan dan kelenturan sitoskeleton yang mengagumkan secara keseluruhan didasarkan pada arsitekturnya yang distabilkan oleh keseimbangan. Antara gaya yang berlawanan yang dikerahkan oleh unsur - unsurnya, selain itu sama seperti rangka hewan membantu mempertahankan posisi bagian tubuh lainnya, sitoskeleton merupakan tempat bergantung banyak organel dan bahkan molekul enzim sitosol. Akan tetapi, sitoskeleton lebih dinamis dari pada rangka hewan. Sitoskeleton dapat secara cepat dibongkar dan dirakit atau disusun ditempat baru yang mengubah bentuk sel tersebut.<sup>42</sup>

---

<sup>42</sup> Campbell. 2004. *BIOLOGI*. JAKARTA



Gambar 4.9. Sitoskeleton  
[http://www.newhealthoptions.org/?page\\_id=617](http://www.newhealthoptions.org/?page_id=617)

sitoskeleton terdiri dari tiga macam yaitu :

- **Mikrotubul**, yaitu tersusun atas dua molekul protein tubulin yang bergabung membentuk tabung. Fungsinya memberikan ketahanan terhadap tekanan pada sel, perpindahan sel (pada silia dan flagella), pergerakan kromosom saat pembelahan sel (anafase), membentuk sentriol pada sel hewan.
- **Mikrofilamen**, yaitu merupakan filamen protein kecil yang tersusun atas dua rantai protein aktin yang terpilih menjadi satu. Mikrofilamen berfungsi untuk memberikan tegangan pada sel, mengubah bentuk sel, kontraksi otot, aliran sitoplasma, perpindahan sel (misalnya pseudopodia) dan pembelahan sel.
- **Filamen intermediat**, yaitu rantai molekul protein yang berbentuk untaian yang saling melilit. Filamen ini mempunyai diameter 8-10 nm, disebut filamen intermediat atau filamen antara karena berukuran diantara ukuran mikrotubulus dan mikrifilamen. Contohnya adalah sel kulit tersusun dari protein keratin.

Fungsi sitoskeleton yaitu :

- a) Menahan dan mempertahankan bentuk sel.
- b) Jaringan sitoskeleton juga dapat menahan organel-organel sel agar selalu berada di tempatnya masing-masing.
- c) Jaringan jalur yang mendukung gerakan material dalam sel.
- d) Terbentuk silia dan flagella sebagai alat pergerakan sel.
- e) Komponen penting dalam pembelahan sel.

## 9. Peroxisom

Mikrobodi (badan mikro) terbagi menjadi dua macam, masing-masing dengan populasi enzim yang berbeda, yaitu *peroksisom* dan *glioksisom*. Peroxisom ditemukan baik pada sel hewan maupun pada sel tumbuhan, sedangkan gliksisom hanya ditemukan pada tumbuhan. Kedua jenis mikrobodi ini mengandung enzim-enzim katalase dan oksidase, tetapi sebagai tambahan terhadap enzim-enzim tersebut gliksisom juga mengandung enzim-enzim yang dibutuhkan dalam siklus gliksilat.

Organel ini juga memiliki peranan penting dalam kehidupan sel, diantaranya adalah :

- Peroxisom memiliki peranan penting dalam proses oksidasi di dalam sel, yakni mengubah dan memecah lemak secara menyeluruh.
- Peroxisom berfungsi untuk memecah hydrogen peroksida yang merupakan senyawa beracun, menjadi molekul atau zat yang dibutuhkan tubuh yaitu oksigen dan air.

## 10. Sentriol

Sentriol merupakan organel yang dapat dilihat ketika sel mengadakan pembelahan. Sentriol hanya dijumpai pada sel hewan, sedangkan pada sel tumbuhan tidak, sentriol terletak saling tegak lurus antara sesamanya didekat nukleus.

Fungsi sentriol antara lain adalah sebagai pusat pengorganisasian mikrotubula, merupakan peristiwa penting dalam proses selular utama, yaitu pembelahan sel dan pembentukan flagella. Sentriol ini ditemukan dalam pembentukan serat spindle untuk memisahkan kromosom selama pembelahan sel (mitosis). Selama tahap anaphase dari pembelahan sel kromosom ditemukan bergerak ke arah kutub yang semua karena sentriol.

### 1. Interdependensi Organel

#### 1. Jalur Biosistensi

Organella yang berperan penting dalam proses biosintesis diantaranya Retikulum Endoplasma dan kompleks Golgi.

- a. RE apabila diamati tampak berupa lembaran yang terlipat-lipat, mengelilingi suatu ruangan yang disebut sisterna yang berbentuk labirin.
- b. Apabila diamati lebih dalam RE terdiri dari tubulus-tubulus, vesikel dan kantong-kantong pipih yang menempati ruang endoplasma.



Beberapa enzim yang berperan penting dalam RE adalah :

- a. Glukosa-6-fosfatase yang berfungsi untuk metabolisme karbohidrat
- b. Sitokrom p450 yang berfungsi sebagai transport electron dan reaksi hidroksilasi
- c. Sitokrom b5 yang berfungsi sebagai transport elektron.

#### ➤ RE SEBAGAI PUSAT BIOSINTESIS SEL

Yaitu butir-butir ribosom pada membran REK akan mensintesis rantai polipeptida, yang pemanjangannya tidak berada di sitosol melainkan menebus membran RE. Sebagian dari polipeptida ini tetap berada di dalam membran menjadi protein transmembran, sedangkan bagian yang lain dilepas di antara sisterna RE. Protein transmembrane yang dapat dihasilkan diperuntukan bagi membrane sel organella lainnya, sedangkan protein-protein yang dituangkan ke dalam lumen RE diperuntukan bagi organella lainnya atau diskresikan. Sintesis kolesterol dari asam asetat berlangsung di membrane RE juga, yaitu mengubah kolesterol menjadi asam empedu dan hormone steroid sesungguhnya merupakan proses hidroksilasi yang melibatkan oksigen, NADPH, dan sitokrom P450.

## 2. Jalur Sekresi

Sekresi adalah proses mengkolaborasi, melepaskan dan mengeluarkan bahan-bahan kimia dari sel atau kelenjar. Banyak sel mensekresikan protein kelengkapan luar sel, hormone, neurotransmitter, enzim-enzim pencernaan, antibody, dan mucus. Selain itu, sekresi juga dapat diartikan sebagai proses pemasukan dan transformasi molekul-molekul kecil melalui biosintesis intrasel, menjadi produk yang lebih kompleks yang kemudian dibebaskan secara aktif dari sel.

Ada dua cara bereaksi yaitu jalur sekresi terjadwal dan jalur sekresi konstitutif. Pada jalur sekresi terjadwal, sel-sel kelenjar memekatkan dan menyimpan produknya dalam granula bermembran sampai ada sinyal neural atau hormone untuk melepaskannya. Sedangkan jalur sekresi konstitutif, produk langsung disangkut ke permukaan sel dalam vesikel-vesikel kecil yang tidak terdeteksi dengan mikroskop cahaya.

Organel yang terlibat dalam proses sekresi sel adalah :

### a. Ribosom

Didalam ribosom terdapat partikel yang kompak/padat, terdiri dari ribonukleoprotein, melekat atau tidak pada permukaan external dari membrane RE, yang memungkinkan sintesa protein.

### b. Retikulum endoplasma

Merupakan kumpulan kantung seperti membrane berbentuk pipa gelembung dan kantung pipih yang meluas dari sitoplasma sel eukariotik.

### c. Lisosom

Pada sel hewan, lisosom melakukan aktifitas yang sangat penting terkait dengan peristiwa lain diluar sel. Contoh yang paling populer adalah peranan lisosom dalam mekanisme pelepasan hormone kelenjar pituitary dan kelenjar tiroid.

Pada sel tumbuhan, umumnya sel tumbuhan tidak memiliki kemampuan untuk menelan (mengambil) partikel besar, terutama karena adanya dinding sel. Dengan demikian sekresi hidrolase yang ditunjukkan untuk melakukan pencernaan ekstrasel menjadi suatu proses yang sangat penting pada tumbuhan.

## KESIMPULAN

Didalam organel sel terdiri dari: Mitokondria yang berfungsi sebagai respirasi makhluk hidup yang memiliki dua lapisan yaitu lapisan membran dalam dan membran luar. Ribosom yang berfungsi untuk mensintesis protein. Kompleks Golgi yang berfungsi sebagai ekskresi sel. Lisosom yang berfungsi sebagai tempat sampah dan pusat daur ulang. Vakuola yang berfungsi sebagai osmoregulator yaitu pengatur nilai osmotik sel atau ekskresi, vakuola nonkontraktil berfungsi untuk mencerna makanan dan mengedarkan hasil makanan. Retikulum Endoplasma yang berfungsi sebagai ekskresi enzim yang membantu untuk mencerna makanan dalam usus kecil dan juga untuk menyimpan protein. Kloroplas yang berfungsi sebagai mengkonversi sinar matahari, air, dan karbon dioksida. Sitoskeleton yang berfungsi sebagai memberi dukungan mekanis pada sel dan mempertahankan bentuknya.

## GLOSARIUM

<b>Adenosina Trifosfat (ATP)</b>	: Suatu nukleotida yang dalam biokimia yang dikenal sebagai satuan molekular pertukaran energy intraseluler yang artinya ATP dapat digunakan untuk menyimpan dan mentranspor energi.
<b>Amiloplas</b>	: Organel menpigmentasi atau tidak berwarna yang dikenal sebagai plastid yang mengubah glukosa menjadi pati dan menyimpannya dalam stroma.
<b>Cristal Membran Dinding Sel</b>	: Lipatan membran dalam mitokondria. : Struktur diluar membran plasma yang membatasi ruang bagi sel untuk membesar.
<b>DNA</b>	: Jenis biomeolekul yang menyimpan dan menjadi intruksi-intruksi genetik setiap organism dan banyak jenis virus.
<b>Enzim</b>	: Molekul yang berupa protein yang berfungsi sebagai katalis atau senyawa yang mempercepat proses reaksi tanpa habis bereaksi dalam suatu reaksi kimia organic.
<b>Granula</b>	: Matriks yang mengandung butiran yang terbuat dari ion dan mereka akan terlibat dalam menjaga keseimbangan ion dari mitokondria.
<b>Kloroplas</b>	: Bagian dari plastid yang mengandung klorofil.
<b>Kompleks Golgi</b>	: Organel yang dikaitkan dengan fungsi ekskresi sel, dan struktur.
<b>Kolestrol</b>	: Metabolit yang mengandung lemak dan sterol yang ditemukan pada membran sel dan disirkulasikan dalam plasma darah.
<b>Kromoplas</b>	: Bagian dari plastid yang bertanggung jawab sebagai pigmen sintesis.
<b>Lamallae</b>	: Plat titis, yang biasa berjumlah banyak dan berdekatan yang terdapat pada hewan.
<b>Lipid Bilayer</b>	: Berperan penting untuk menjaga bentuk sel dan permeabilitas selektif.
<b>Lisosom</b>	: Organel sel berupa kantong terikat membrane yang berisi enzim hidroliki.
<b>Mitokondria</b>	: Organel tempat berlangsung fungsi respirasi sel makhluk hidup.
<b>Nukleus</b>	: Organel yang ditemukan pada sel eukariotik untuk menjaga integritas gen-gen dan mengontrol aktifitasnya.
<b>Plasma Membran</b>	: Fitur universal yang dimiliki oleh semua jenis sel berupa lapisan antarmuka.
<b>Polipeptida</b>	: Polimer yang tersusun dari beberapa peptida hasil pengikat gugus amino dan juga terbentuk melalui proses ekresi gen yang terjadi di dalam sel.

<b>Porin (Protein)</b>	: Protein barel beta yang melintasi membran seluler dan bertindak sebagai pori dimana molekul dapat berdifusi.
<b>Ribosom</b>	: Salah satu organel yang berukuran kecil dan padat dalam sel.
<b>Retikulum Endoplasma</b>	: Struktur berbentuk benang benang yang bermuara di inti sel.
<b>Sitoplasma</b>	: Bagian sel yang terbungkus oleh membran sel.
<b>Sitoskeleton</b>	: Jaringan berkas-berkas protein yang menyusun sitoplasma dalam sel.
<b>Stroma</b>	: Yang mengacu pada cairan yang mengisi ruang dalam kloroplas yang mengelilingi tilakoid dan grana.
<b>Tilakoid</b>	: Sejumlah kantong pipih dalam kloroplas.
<b>Vakuola</b>	: Ruang dalam sel yang berisi cairan yang berupa rongga.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andiyani,efira B.2016. **BIOLOGI UMUM**. Universitas mulim nusantara.Medan
- Campbell. N.A., J.B. Reece dan L.G. Mitchel. 2002. **Biologi I Edisi 5**. Alih Bahasa: Rahayu Lestari.et. al. Jakarta : penerbit Erlangga.
- Campbell. N.A., J.B. Reece dan L.G. Mitchel. 2003. **Biologi II Edisi 5**. Alih Bahasa: Rahayu Lestari.et. al. Jakarta : penerbit Erlangga.
- Campbell. N.A., J.B. Reece dan L.G. Mitchel.2004. **Biologi III Edisi 5**. Alih Bahasa: Rahayu Lestari.et. al. Jakarta : penerbit Erlangga.
- Kimbal, J.W .1999 .**BIOLOGI I Edisi 5**. Alih Bahasa: Siti Soetarmi Tjitrosomo dan Nawangsari Sugiri. Jakarta: penerbit Erlangga.
- Kimbal, J.W .1999 .**BIOLOGI II Edisi 5**. Alih Bahasa: Siti Soetarmi Tjitrosomo dan Nawangsari Sugiri. Jakarta: penerbit Erlangga.
- Kleesattel, J.W .2007 .**BIOLOGI** .Berlin : Cornrlson Verlag Scriptor.
- Rahmadina. 2018. **Biologi Sel**. Fakultas Sains dan Teknologi: Medan
- Starr cecie. Dkk.2007. **Kesatuan dan Keragaman Mahkluk Hidup**.Salemba Teknika.

## BAB V

### STRUKTUR DAN PERANAN MEMBRAN PLASMA

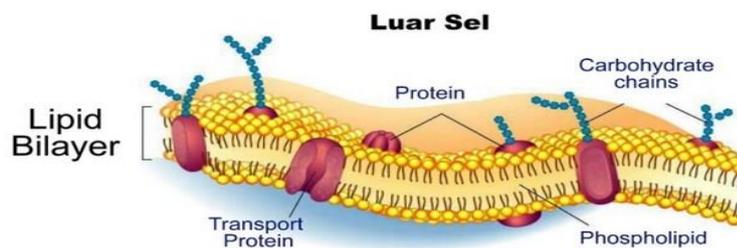
#### 5.1. Model Membran Plasma

*Membran plasma* (disebut juga membran sel) adalah bagian sel yang membatasi bagian dalam sel dengan lingkungan di sekitarnya, membran ini dimiliki oleh semua jenis sel. *Membran sel* merupakan bagian terluar sel pada sel hewan dan *protozoa*, namun pada sel tumbuhan dan bakteri terletak dibawah dinding sel.

Struktur membran plasma hampir sama untuk setiap jenis sel. Secara struktural, membran plasma tersusun atas *fosfolipid bilayer* yaitu dua lapisan lemak yang berikatan dengan fosfat.

Membran sel berfungsi sebagai bagian sel yang melingkupi seluruh isi sel. memiliki fungsi yang sangat penting dalam perlindungan sel secara mekanik. Perannya dalam perlindungan mekanis nampak jelas pada sel hewan, karena selnya hanya dibungkus oleh membran plasma saja. Berikut merupakan gambar struktur membran plasma<sup>43</sup>.

### STRUKTUR MEMBRAN SEL



Gambar 5.1. Struktur membran sel  
[www.guru.pendidikan.com](http://www.guru.pendidikan.com)

Membran untuk pertama kalinya dapat dilihat dengan mikroskop elektron pada tahun 1950-an. Nampak jelas dengan menggunakan mikroskop tersebut terdapat 3 lapisan secara fungsional merupakan satu kesatuan yang oleh *Robertson* disebut "*Unit Membran*". Pada sel hewan, membran plasma merupakan struktur terluar yang membatasi sel. Berikut ini ada terdapat pendapat ahli tentang struktur atau model membran plasma, diantaranya sebagai berikut :

<sup>43</sup>Campbell, *Biologi Jilid I*, (Jakarta: Erlangga, 2012), hlm. 137.

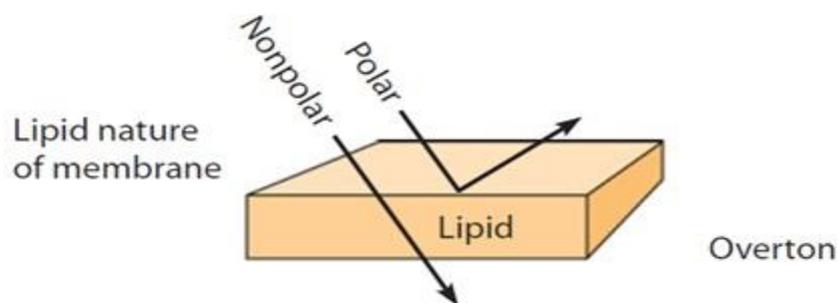
a. Model Charles Overton (1895 )



Gambar 5.2. Charles  
[www.Timetoast.com](http://www.Timetoast.com)

Bahwa membran terbuat dari *lipid*, berdasarkan pengamatan *Charles* bahwa zat yang larut dalam lipid memasuki sel jauh lebih cepat daripada zat yang tidak larut dalam *lipid*. Dua puluh tahun kemudian membran yang diisolasi dari sel darah merah dianalisis secara kimiawi dan ternyata tersusun atas lipid dan protein.

*Fosfolipid* merupakan lipid yang jumlahnya paling melimpah dalam sebagian besar membran. Kemampuan *fosfolipid* untuk membentuk membran disebabkan oleh struktur molekulernya. *Fosfolipid* merupakan suatu *molekul amfipatik*, yang berarti bahwa molekul ini memiliki daerah *hidrofilik* maupun *daerah hidrofobik*.<sup>44</sup> Jenis membran lipid lainnya juga bersifat *amfipatik*. Berikut gambar model menurut Overton :



Gambar 5.4.. Membran plasma model Charles  
[www.wordpress.com](http://www.wordpress.com)

<sup>44</sup>Campbell, *Biologi* jilid 3. (Jakarta : Erlangga, 2012), hlm. 145.

## b. Model Hugh Davson dan James Danielli ( 1954 )

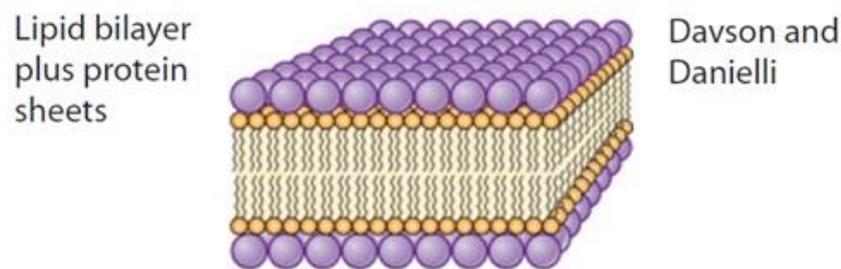


Gambar 5.5.. Hugh Davson.  
[www.findagrave.com](http://www.findagrave.com)



Gambar 5.6.. James Danielli.  
[www.jstor.org](http://www.jstor.org)

**Danielli dan Davson** mempelajari lapisan ganda lemak *trigiliserida* dalam air. Danielli dan Davson mendasarkan struktur membrane plasma berdasarkan penelitian-penelitian fisiko-kimia, yaitu dengan membandingkan tegangan permukaan yang terjadi antara tetes minyak pada ekstrak membrane plasma dan air. Melalui suatu *model sandwich: bilayer fosfolipid* di antara dua lapisan *protein globular* (berbentuk seperti bola ).



Gambar5.7. Bilayer fosfolipid  
[www.wordpress.com](http://www.wordpress.com)

Ketika para peneliti pertama kali menggunakan mikroskop elektron untuk mengkaji sel pada tahun 1950-an, gambar yang dihasilkan tampak mendukung model Davson-Danielli. Pada *mikrograf* elektron dari sel yang diwarnai dengan atom logam berat, membran plasma berupa tiga lapisan, yang menunjukkan dua pita gelap (*"berwarna"*) yang dipisahkan oleh suatu lapis tak berwarna.

Hingga tahun 1960-an, model sandwich milik **Davson-Danielli** telah banyak diterima tidak hanya sebagai struktur membran plasma, tetapi juga semua membran internal sel. Akan tetapi, pada akhir dasawarsa tersebut, banyak ahli biologi sel mendapatkan dua masalah dengan model ini. Pertama, generalisasi bahwa semua membran sel adalah identik telah ditantang. Tidak semua membran tampak sama melalui mikroskop elektron. Misalnya, sementara membran plasma tebalnya 7-8 nm dan memiliki struktur tiga-lapis, membran-dalam mitokondria hanya 6nm tebalnya dan dalam mikroskop elektron terlihat seperti sebaris manik-manik. Membran mitokondria juga memiliki persentase protein yang jauh lebih banyak daripada membran plasma, dan terdapat perbedaan-perbedaan jenis spesifik fosfolipid dan

lipid lainnya. Membran dengan fungsi yang berbeda, komposisi dan struktur kimiawinya juga berbeda.

Protein membran memiliki daerah hidrofobik dan hidrofilik, protein amfipatik, seperti pasangan fosfolipidnya dalam membran. Jika protein melapisi permukaan membran, bagian-bagian hidrofobiknya akan berada dalam lingkungan aqueous.

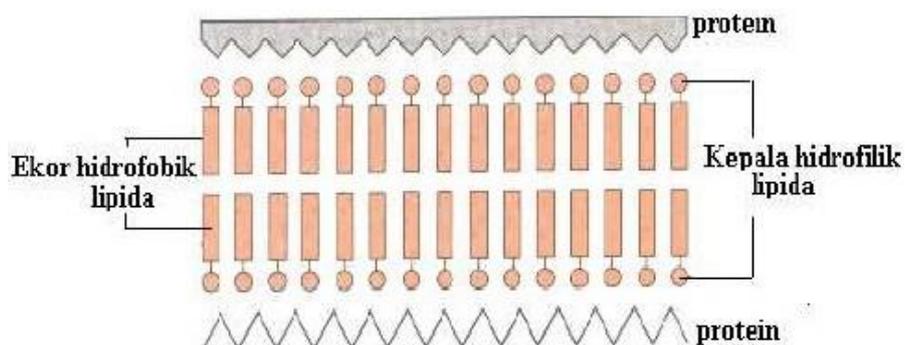
c. Model Robertson (1957)



Gambar 5.8. Robertson  
[www.Wikipedia.com](http://www.Wikipedia.com)

Pengamatan menggunakan mikroskop electron terhadap membrane sel, menunjukkan gambaran dua garis sejajar seperti sel kereta api. *Robertson* melihat bahwa tidak terdapat daerah pori pada membran dan menduga bahwa celah yang terlihat pada *mikrograf elektron* adalah merupakan ikatan antara *osmium tetroxide* dengan protein dan daerah polar dari lemak. *Maka robertson berpendapat kesatuan membran plasma adalah Unit membran.*

Berikut merupakan gambar membran plasma menurut Robertson :



Gambar 5.9. Model Membran menurut Robertson  
[http://whanday.sejarah\\_perkembangan\\_membran\\_sel.html](http://whanday.sejarah_perkembangan_membran_sel.html)

#### d. Model S.J. Singer dan G. Nicolson ( 1972 )

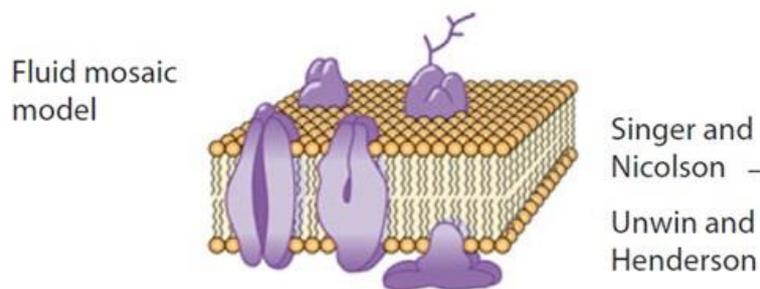


Gambar 5.10. S.J. Singer.  
[www.gettyimages.com](http://www.gettyimages.com)



Gambar 5.11. G.Nicolson  
[www.gettyimages.com](http://www.gettyimages.com)

Teori tentang membran plasma telah banyak dikemukakan oleh para pakar, dan teori yang masih berlaku hingga saat ini adalah teori membran plasma yang diajukan oleh *Singer dan Nicolson tahun 1972* dengan nama teori *Fluid Mozaic Model*. Berikut gambar model teori *Fluid Mozaic Model*.



Gambar 5.12. Fluid mosaic model  
[www.wordpress.com](http://www.wordpress.com)

Menurut teori ini membran plasma terdiri dari lapisan lemak bimolekular, yang disana sini terputus oleh adanya molekul protein. Beberapa molekul protein berada di permukaan membran, terikat pada permukaan lemak yang terkutub, diberi nama *protein perifer atau protein ekstrinsik*. Sebagian lagi dari molekul protein itu menyusup kebagian dalam membran plasma di antara lapisan lemak yang *bimolekuler* tersebut, dengan salah satu permukaannya atau kedua permukaannya menyembul di permukaan membran.

*Lipid* penyusun membran plasma terutama terdiri dari *fosfolipid*, meskipun lemak netral juga ada. Pada permukaan luar membran plasma, baik molekul lipid maupun protein dapat berikatan dengan senyawa karbohidrat. Molekul *lipid* yang mengikat karbohidrat disebut *glikolipid*, dan molekul protein yang mengikat karbohidrat disebut *glikoprotein*. Sampai saat ini molekul karbohidrat diketahui hanya terdapat dipernukaan luar membran plasma saja, sedangkan dipermukaan dalam atau permukaan *sitosolik* belum pernah ada. Inilah salah satu penyebab adanya sifat membran plasma yang *asimetris*.

Dengan adanya lipid, protein, dan karbohidrat, membran plasma memiliki sifat *hidrofobik* maupun *hidrofilik*. Sifat-sifat *hidrofilik* terdapat di bagian luar maupun

bagian dalam, sedangkan sifa-sifat *hidrofobik* berada dibagian tengah. Sifat yang *hidrofobik* disebabkan oleh komponen *lipida*, walaupun terdapat bagian-bagian tertentu dari molekul *lipid* yang memberikan sifat *hidrofilik*, yaitu bagian molekul lipid yang berikatan dengan gugus fosfat, atau senyawa organik yang bersifat *hidrofilik*. Adapun komponen protein dan karbohidrat memberikan sifat *hidrofilik* kepada membran plasma. Komposisi *lipid*, protein dan karbohidrat bervariasi sesuai dengan membran plasma, dan dapat berubah sesuai tingkat perkembangan sel, umur, dan lingkungannya.

Komposisi masing-masing fraksi membran plasma, terutama fraksi lipid sangat menentukan *fluiditas* membran. Pengertian *fluiditas* menyangkut ciri-ciri kekenyalan, kekentalan, atau kemudahan melakukan perubahan sifat *fisikokimia* untuk tetap dapat mempertahankan keutuhan fungsi membran plasma. Perubahan *fisikokimia* tersebut terjadi dari keadaan seperti agar-agar (*gel-like consistency*) ke keadaan yang lebih cair (*fluid-like consistency*).

Untuk berubah dari keadaan yang lebih kental ke keadaan yang lebih cair atau dari komposisi *lipid* jenuh ke lipid tidak jenuh (lipida yang memiliki rantai karbon dengan ikatan rangkap) memerlukan tenaga panas yang lebih rendah dari pada perubahan sebaliknya. Lipid tak jenuh menyebabkan membran plasma menjadi lebih cair

(*fluid*). Selain itu *fluiditas* membran plasma juga disebabkan oleh adanya kolesterol. Makin banyak kandungan kolesterol dalam membran plasma, maka membran plasma makin menjadi *fluid*. Membran plasma adalah struktur yang *asimetri* dalam arti penyusun membran plasma bagian luar berbeda dengan permukaan *sitosolik*. Perbedaan itu antara lain karena adanya karbohidrat dibagian luar membran plasma yang berikatan dengan molekul *lipid* maupun protein. Adanya karbohidrat pada beberapa membran sel memberikan adanya struktur khusus yang disebut selubung sel (*cell coat*) atau *glikokalik*.<sup>45</sup>

## 5.2. Komponen Penyusun Membran Plasma

Komponen penyusun membran sel terdiri dari komponen lipid, protein dan karbohidrat. *Rasio* komposisi tiap-tiap komponen tidaklah sama pada setiap membran sel karena tergantung dari tipe selnya juga spesiesnya. Umumnya, kandungan lipid pada membran sel berkisar 40%, protein 40%, karbohidrat 1-10% dan air 20%.

*Lipid* pada membran sel memiliki dua lapisan dimana satu lapisan terorientasi ke arah luar dan lapisan yang lain terorientasi ke arah *sitoplasma*. Protein pada membran sel merupakan protein *globuler*. Protein-protein tersebut terdistribusi secara tidak merata pada membran sel. Sebagian protein membran terletak pada bagian perifer dan sebagian yang lainnya tertanam pada setengah lapisan *lipid* atau tertanam menembus kedua lapisan *lipid*. Bagian karbohidrat membran sel biasanya dalam bentuk *oligosakarida*. Karbohidrat pada membran

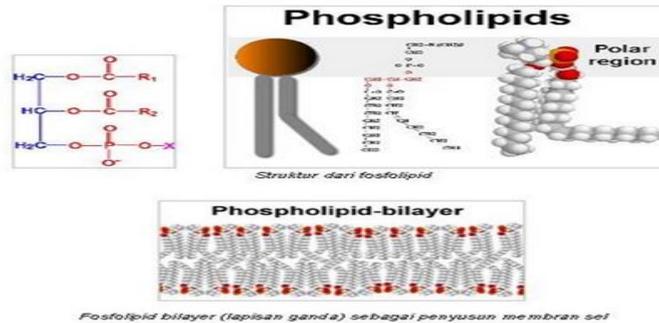
---

<sup>45</sup>Kimbal, *Biologi Edisi kelima Jilid1*. (Jakarta: Erlangga, 1987), hlm. 85.

biasanya terikat pada *lipid* dan sebagian yang lainnya terikat pada protein. Berikut penjelasan mengenai komponen penyusun membran plasma:

### 1. Lipid

Setiap molekul lipid bersifat *amfifatik*. Lipid *amfifatik* mengandung komponen ekor yang bersifat *hidrofobik* (tidak suka air) dan komponen kepala yang bersifat *hidrofilik* (suka air). Lipid membran terdiri dari 3 kelas utama yaitu : *fosfolipid*, *glikosfingolipid*, dan *sterol*.



Gambar 5.13. Lipid  
<http://belajarbiologi.com>

#### a. Fosfolipid

Terdapat dua macam *fosfolipid* yaitu *fosfogliserida* dan *sfingomielin*. *Fosfogliserida* merupakan unsur yang paling banyak, mempunyai rangka gliserin, mengikat dua asam lemak dengan ikatan ester pada C1 dan C2. Bisa juga mengikat alkohol *terfosforilasi* (*serin, etanolamin, kolin, inositol*).

Sedangkan *sfingomielin* mempunyai rangka *sfingosin* (*derivat amino alkohol*) mengikat satu asam lemak dengan ikatan amida yang merupakan unsur dalam selubung *mielin*. *Sfingomielin* banyak dijumpai pada jaringan otak dan saraf.

*Fosfolipid* pada umumnya mengandung *gliserol*. Gugus hidroksil 1 dan 2 *diesterifikasi* dengan asam lemak dengan rentang karbon 12-24. *Esterifikasi* dengan rentang karbon 16 dan 18 paling umum dijumpai pada hewan berdarah panas. Suatu kelompok fosfat terikat secara kuat pada posisi karbon 3. Fosfolipida meliputi:

1. asam fosfatidat dan fosfatidilgliserol
2. fosfatidilkolin
3. fosfatidiletanolamin
4. fosfatidil-inositol
5. fosfatidilserin

#### b. Glikosfingolipid

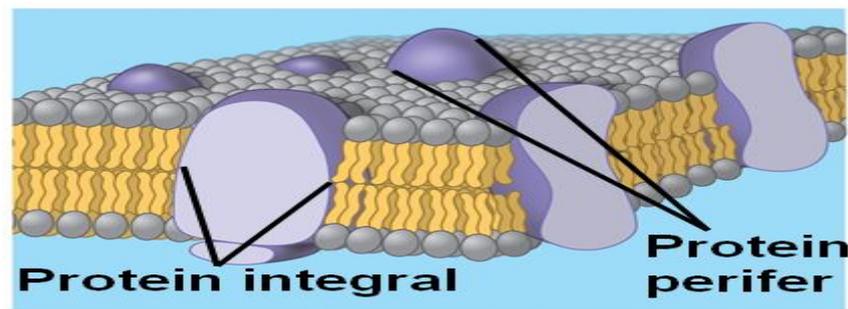
Merupakan lipid yang mengandung gula seperti: *Serebrosida* (mengandung ikatan heksosa tunggal, glukosa atau galaktosa) dan *gangliosida* (mengandung ikatan gula yang lebih kompleks) dimana keduanya secara khusus penting dalam system saraf pusat.

### c. Sterol

Sterol yang lazim dijumpai adalah kolesterol. Merupakan komponen utama dalam membran plasma, sedikit pada badan golgi, mitokondria dan nucleus. Letak kolesterol tersisip diantara *fosfolipid* dan berperan dalam menentukan tingkat *fluiditas membran*.

## 2. Protein

Berdasarkan posisinya pada membran, terdapat dua macam protein yaitu: *protein integral: globular, amfipatik* dengan dua ujung hidrofил yang dipisahkan *region hidrofob* dalam lapisan *bilayer lipid* dan *protein perifer*: terikat lemah pada bagian *hidrofilprotein integral*.



Gambar 5.14. . Protein  
[http. Biologi hayati.com](http://Biologi.hayati.com)

Protein plasma memiliki fungsi yang sangat luas, antara lain sebagai protein pembawa senyawa yang melewati membran plasma, menerima isyarat (signal) hormonal, dan meneruskan isyarat tersebut ke bagian sel sendiri atau ke sel lainnya.

Protein membran plasma juga berfungsi sebagai pangkal pengikat komponen-komponen *sitoskeleton* dengan senyawa-senyawa ekstraseluler. Molekul-molekul protein permukaan luar memberikan ciri-ciri individual tiap sel dan macam protein dapat berubah sesuai dengan differensiasi sel.

*Protein perifer* tidak berinteraksi dengan bagian tengah membran *hidrofobik*, tetapi terikat secara langsung melalui asosiasi dengan protein integral membran atau secara langsung berinteraksi dengan bagian polar lipida membran.

Misalnya protein *sitokeleton*, protein kinase (pada permukaan sitoplasmik membran), dan *protein matriks ekstraseluler* (permukaan *eksoplasmik*). Protein transmembran mengandung segmen panjang asam-asam *amino hidrofobik* yang tertanam pada *bilayer lipida*.

Ada dua tipe interaksi yang menstabilkan protein integral membran, yaitu interaksi ionic dengan daerah kepala yang bersifat polar dan *interaksi hidrofobik* dengan bagian tengah yang bersifat *hidrofobik*, misalnya *glikoforin*.

Beberapa protein integral berikatan dengan membran melalui ikatan kovalen pada rantai hidrokarbon. Dikenal ada tiga tipe protein integral berdasarkan perlekatannya pada rantai hidrokarbon, yaitu: *Glycosyl-phosphatidylinositol-Proteins*, *Myristate-Proteins*, dan *Farnesyl-Proteins*. Kedudukan dan orientasi protein pada membran bervariasi sesuai macam membran, sel dan jaringan. Ia dapat berupa protein integral atau *protein perifer*.

*Glikoprotein* pada membran eritrosit merupakan suatu protein yang menembus membran sel. Protein integral membran terdiri atas empat kelas, yaitu

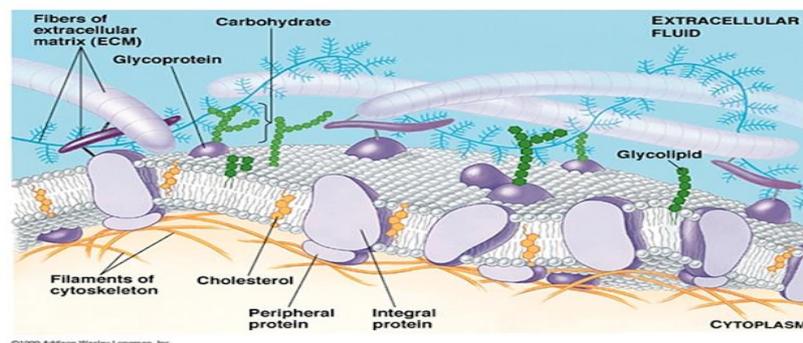
protein tipe A, protein tipe B, protein tipe C, dan protein tipe D. Protein tipe A dan C secara struktural sama, tetapi tertanam pada setengah lapisan membran yang berbeda. Contoh protein tipe A adalah *Cytochrom b5* pada *retikulum endoplasma*. Protein B adalah kompleks protein yang berperan dalam sistem transpor. Protein D adalah protein trans membran. Protein tipe B merupakan kumpulan molekul yang memiliki struktur yang terdiri atas Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, ATP-ase dan suatu anion *protein transpor*. Contoh protein tipe D adalah glikoforin pada membran *eritrosit*.

Protein membran plasma dapat berfungsi sebagai enzim. Enzim-enzim pada membran plasma dapat dikelompokkan menjadi dua kategori berdasarkan tempat aktivitas katalitiknya, yaitu:

- a. *Ektoenzim*, yaitu enzim dimana aktivitas katalitiknya berlangsung pada permukaan luar membran plasma.
- b. *Endoenzim*, yaitu enzim dimana aktivitas katalitiknya berlangsung pada permukaan dalam membran plasma.

### 3. Karbohidrat

Karbohidrat pada membran plasma terikat pada lipid atau protein dalam bentuk *glikolipid dan glikoprotein*. *Glikolipid* merupakan kumpulan berbagai jenis unit-unit *monosakarida* yang berbeda seperti gula-gula sederhana *D-glukosa, D-galaktosa, D-manosa, L-fruktosa, L-arabinosa, D-xylosa*, dan sebagainya. Karbohidrat ini memegang peranan penting dalam berbagai aktivitas sel, antara lain dalam sistem kekebalan. Karbohidrat pada membran plasma merupakan hasil sekresi sel dan tetap berasosiasi dengan membran membentuk *glikokaliks*.<sup>46</sup>



Gambar 5.15. Komponen membran plasma  
[www.Biologisel.com](http://www.Biologisel.com)

<sup>46</sup>Soemarwoto, *Biologi Umum II*. (Jakarta: Gramedia, 2004), hlm. 78.

### 5.3. Hubungan Kerjasama Antar Sel

Hubungan antar sel dipengaruhi oleh berbagai struktur. Struktur melekatnya sel merupakan modifikasi membrane plasma yang menyebabkan sel itu saling melekat pada porsi tetap dan dapat pula sebagai alat komunikasi. Hubungan seperti ini merupakan struktur yang umum yang terdapat pada hewan metazoan termasuk vertebrata dan invetebrata.

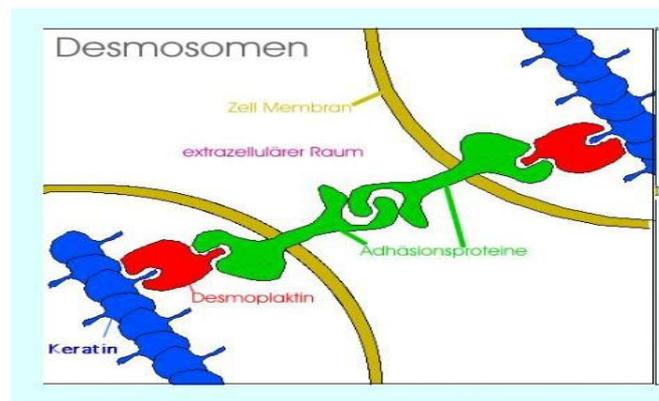
Berdasarkan struktur spesialisasi membrane sel khususnya dalam hubungan dengan membrane sel lainnya maka dapat hubungan tersebut adalah:

1. *Desmosom*
2. *Tight Junction (hubungan menyatu)*
3. *Gap Junction (nexux)*

Secara skematis pola hubungan tersebut terlihat pada gambar di bawah ini.

#### 1. *Desmosom*

*Desmodom* merupakan tipe hubungan antar sel yang berfungsi untuk melekatkan sel yang satu dengan yang lain. Dalam pengamatan dengan mikroskop cahaya desmosom nampak sebagai benda-benda yang berwarna gelap.



Gambar 5.16. *Desmosom*  
[www.wordpress.com](http://www.wordpress.com)

Pada desmosom kedua membran yang berimpitan nampak sejajar dan lebih *Spot desmosom*tebal, dipisahkan oleh rongga-rongga antar sel, bedanya rongga tersebut bervariasi antara 200 - 300A dan berisi materi *granuler* dan materi padat yang berbentuk pita yang disebut *sentriol lamella*, yang kaya akan karbohidrat. Dibawah membrane *desmosom* terdapat *cytoplasmic plaque* yang merupakan pematatan dari sitoplasma. Dan pada tepi sitoplasma ada lapisan tebal yang dibentuk oleh materi berupa filament-filament dandari lapisan ini terpencah *mikrofilamen-mikrofilamen (onofilamen)* yang bentuknya mirip sapu yang mengarah ke dalam sel<sup>47</sup>. *Desmosom* dapat dibedakan menjadi:

#### a. *Spot desmosom*

Merupakan suatu struktur serupa kancing (dua kancing yang berimpit) yang menghubungkan antara sel-sel yang berdekatan sehingga kedua membrane menjadi terikat erat satu dengan lainnya melalui *desmosom* itu, dan membrane plasma tetap

<sup>47</sup>Sidabutar, *Fisiologi Hewan*. (Medan: FMIPA Unimed, 2013), hlm. 37.

terpisah sebagai suatu lembaran yang parallel dengan jarak kurang lebih 30 nm. Fungsi dari *spot desmosom* adalah memberi dukungan mekanis yang kuat dalam hubungan antar sel. Jika filament memperkuat perlekatan ke dalam, sedangkan *sentiol lamella* memperoleh *adhesi sel*. Di bawah ini merupakan *gam spot desmosom*.

### b. Belt Desmosom

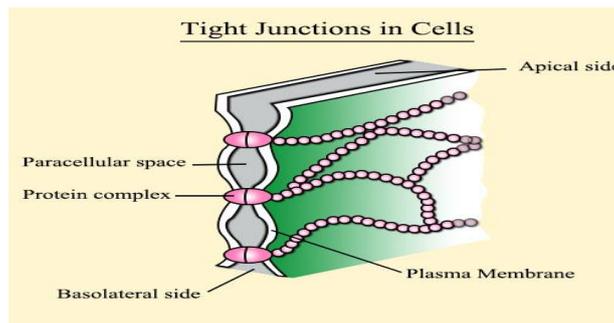
*Belt desmosom* merupakan pita yang berada diantara sel-sel sebagai pengikat sel-sel yang berdekatan. Pada sayatan melintang *belt-desmosom* dapat dibedakan dari spot desmosom, karena pada *belt desmosom* kekurangan daerah yang tidak tembus electron (*electron opaque plaque*) dan filamennya lebih kecil yang disebut dengan filament *kontraktil* yang mengandung aktin dan mempunyai ruang antar sel berukuran kurang lebih 200A.

### c. Hemidesmosom

*Hemidesmosom* adalah yang komponennya hanya sebagian dari komponen spot desmosom, atau dinamakan setengah desmosom (*hal-desmosom*) yang berfungsi untuk melekatkan sel dengan jaringan ikat. Ditemukan pada bagian dasar sel epitel yang melekat pada membrane dasarnya. Perlekatan ini dibangun oleh satu lempeng protein yang berada di sitoplasma sel dan banyak *tonofilamen* yang menembus membrane sel.

## 2. Tight Junction (hubungan menyatu)

Hubungan menyatu ini dinamakan juga sebagai *zonula accludens* yang pada umumnya terletak di bawah dekat permukaan atas (bagian afel) dari sel. Hubungan kedua membrane sangat rapat sehingga pertemuannya terlihat sebagai garis lurus, tidak ada ruang antar sel. *Tight Junction* terbentuk dari bergabungnya deretan protein integral dari kedua membrane.



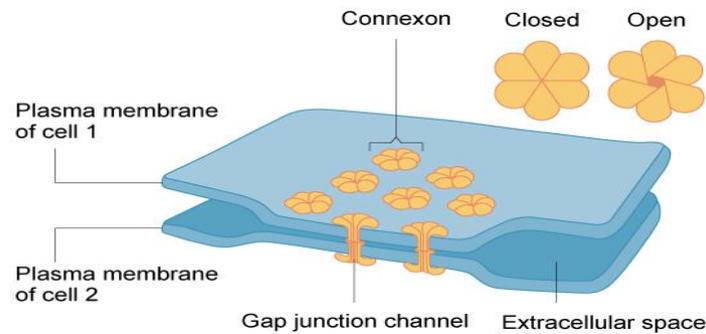
Gambar 5.17. Tight junction  
[www.biologiwise.com](http://www.biologiwise.com)

Deretan molekul protein tersebut dinamakan "*sealingstrad*". *Tight Junction* berfungsi sebagai "*segel*" dalam, dalam hubungan antar sel dan dapat berperan sebagai penghalang gerak protein integral pada membrane plasma.<sup>48</sup>

<sup>48</sup>Albert, *Biologi Molekuler Sel*. (Jakarta: PT. Gramedia, 1994), hlm. 92.

### 3. *Gap Junction (Nexus)*

Merupakan tipe hubungan antar sel yang sangat rumit. Jarak antara dua membrane plasma kurang lebih 30Å dan ruang antar sel ini ditembus oleh saluran-saluran halus saluran tersebut tersusun oleh 6 sub-unit protein pada tiap membrane saluran *Gap Junction* berukuran sekitar 20Å.



Gambar 5.18. *Gap junction*  
[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

## 5.3. Transport Materi Membran Plasma

Sel mengangkut berbagai bahan ke, dari, dan di dalam diri mereka sendiri, untuk kebutuhannya, ada beberapa metode yang berbeda yang digunakan untuk mencapai hal ini. Secara umum, transportasi seluler dibagi menjadi dua jenis: *pasif* dan *aktif*. Transportasi pasif itu berarti bahwa tidak ada energi sel untuk melakukannya, transpor aktif, sebaliknya, membutuhkan penggunaan energi sel.

### 1. Transport Pasif

*Transport pasif* merupakan transport yang tidak memerlukan energi untuk melewati membran plasma. Transport pasif mencakup osmosis dan difusi.

#### a. Osmosis

*Osmosis* adalah kasus khusus dari transpor pasif, di mana molekul air berdifusi melewati membran yang bersifat selektif permeabel. Dalam sistem osmosis, dikenal larutan hipertonik (larutan yang mempunyai konsentrasi terlarut tinggi), larutan hipotonik (larutan dengan konsentrasi terlarut rendah), dan larutan *isotonik* (dua larutan yang mempunyai konsentrasi terlarut sama). Jika terdapat dua larutan yang tidak sama konsentrasinya, maka molekul air melewati membran sampai kedua larutan seimbang.

Dalam proses osmosis, pada larutan hipertonik, sebagian besar molekul air terikat (tertarik) ke molekul gula (terlarut), sehingga hanya sedikit molekul air yang bebas dan bisa melewati membran. Sedangkan pada larutan *hipotonik*, memiliki lebih banyak molekul air yang bebas (tidak terikat oleh molekul terlarut), sehingga lebih banyak molekul air yang melewati membran. Oleh sebab itu, dalam osmosis aliran netto molekul air adalah dari larutan hipotonik ke hipertonik.

Proses osmosis juga terjadi pada sel hidup di alam. Perubahan bentuk sel terjadi jika terdapat pada larutan yang berbeda. Sel yang terletak pada larutan *isotonik*, maka volumenya akan *konstan*. Dalam hal ini, sel akan mendapat dan kehilangan air yang sama. Banyak hewan-hewan laut, seperti bintang laut (Echinodermata) dan kepiting (*Arthropoda*) cairan selnya bersifat *isotonik* dengan lingkungannya. Jika sel terdapat pada larutan yang hipotonik, maka sel tersebut akan mendapatkan banyak air, sehingga bisa menyebabkan lisis (pada sel hewan), atau turgiditas tinggi (pada sel tumbuhan). Sebaliknya, jika sel berada pada larutan *hipertonik*, maka sel banyak kehilangan molekulair, sehingga sel menjadi kecil dan dapat menyebabkan kematian. Pada hewan, untuk bisa bertahan dalam lingkungan yang hipo- atau hipertonic, maka diperlukan pengaturan keseimbangan air, yaitu dalam proses *osmoregulasi*. Contoh peristiwa osmosis adalah air laut yang meskipun memiliki beragam jenis zat terlarut, molekul airnya tetap akan bergerak ke larutan gula yang konsentrasinya sangat tinggi

### **b. Difusi**

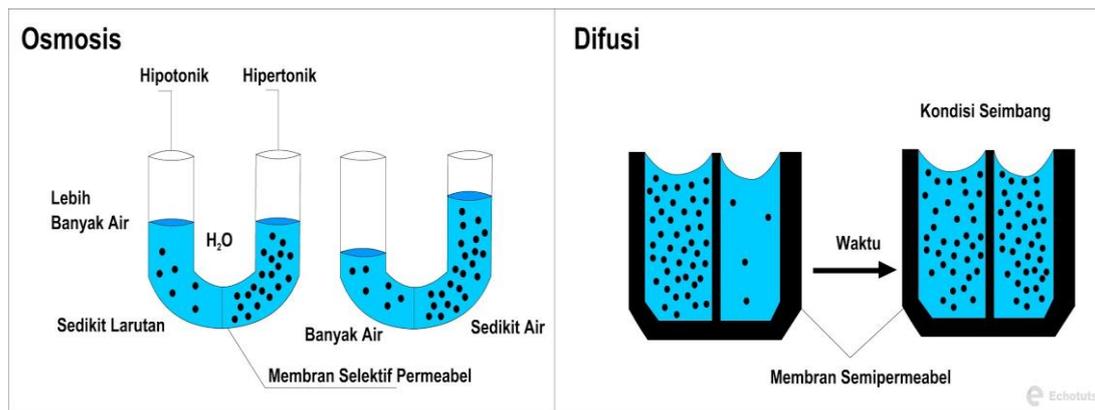
*Difusi* adalah peristiwa mengalirnya atau berpindahnya suatu zat dalam pelarut dari bagian berkonsentrasi tinggi ke bagian yang berkonsentrasi rendah. Perbedaan konsentrasi yang ada pada dua larutan disebut gradien konsentrasi. Difusi akan terus terjadi hingga seluruh partikel tersebar luas secara merata atau mencapai keadaan kesetimbangan di mana perpindahan molekul tetap terjadi walaupun tidak ada perbedaan konsentrasi.

Contoh yang sederhana adalah pemberian gula pada cairan teh tawar. Lambat laun cairan menjadi manis. Contoh lain adalah uap air dari cerek yang berdifusi dalam udara. Difusi yang paling sering terjadi adalah difusi molekuler. Difusi ini terjadi jika terbentuk perpindahan dari sebuah lapisan (*layer*) molekul yang diam dari solid atau fluida.

Ada beberapa faktor yang memengaruhi kecepatan difusi, yaitu:

- a) Ukuran partikel. Semakin kecil ukuran partikel, semakin cepat partikel itu akan bergerak, sehingga kecepatan difusi semakin tinggi.
- b) Ketebalan membran. Semakin tebal membran, semakin lambat kecepatan difusi.
- c) Luas suatu area. Semakin besar luas area, semakin cepat kecepatan difusinya.
- d) Jarak. Semakin besar jarak antara dua konsentrasi, semakin lambat kecepatan difusinya.
- e) Suhu. Semakin tinggi suhu, partikel mendapatkan energi untuk bergerak dengan lebih cepat. Maka, semakin cepat pula kecepatan difusinya.

Difusi yang dilakukan oleh sel hidup contohnya adalah peristiwa masuknya O<sub>2</sub> dan keluarnya CO<sub>2</sub>. Berikut perbedaan mekanisme transpor pasif osmosis dan Difusi:



Gambar 5.19. Transpor Pasif  
[www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)

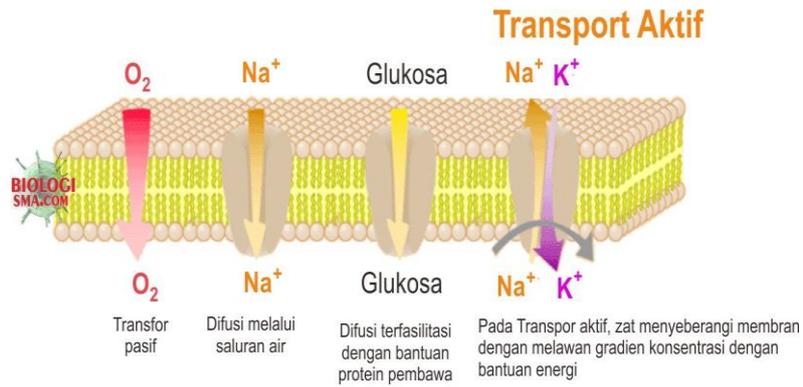
## 2. Transpor Aktif

*Transpor aktif* adalah pergerakan atau pemindahan yang menggunakan Energi untuk mengeluarkan dan memasukkan ion dan molekul melalui membran sel yang bersifat permeabel dengan tujuan memelihara keseimbangan molekul kecil di dalam sel. Transpor aktif dipengaruhi oleh muatan listrik di dalam dan di luar sel, di mana muatan listrik ini ditentukan oleh ion natrium ( $\text{Na}^+$ ), ion kalium ( $\text{K}^+$ ), dan ion klorin ( $\text{Cl}^-$ ). Keluar masuknya ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$  diatur oleh pompa natrium-kalium.

Transpor aktif dapat berhenti jika sel didinginkan, mengalami keracunan, atau kehabisan energi. Transpor aktif memerlukan molekul pengangkut berupa protein integral pada membran, di mana di dalam molekul ini, terdapat situs pengikatan. Proses transport aktif dimulai dengan pengambilan tiga ion  $\text{Na}^+$  dari dalam sel dan menempati situs pengikatan pada protein integral. Energi diperlukan untuk mengubah bentuk protein integral pada membran yang sebelumnya membuka ke arah dalam sel menjadi membuka ke bagian luar sel.

Selanjutnya, ion  $\text{Na}^+$  terlepas dari situs pengikatan dan keluar dari protein integral menuju ke luar sel. Kemudian dari luar sel, dua ion  $\text{K}^+$  menempati situs pengikatan di protein integral. Bentuk protein integral berubah, dari sebelumnya membuka ke arah luar menjadi membuka ke arah dalam sel dan ion kalium dilepaskan ke dalam sel.

Berikut merupakan mekanisme transpor Aktif:<sup>49</sup>



Gambar 5.20. Transpor Aktif  
[www.Wikipedia.com](http://www.Wikipedia.com)

<sup>49</sup>Sridanti, *Transportasi Aktif Pada Membran Sel*. (Pekanbaru: UNRI Press, 2013), hlm. 35.

## KESIMPULAN

*Membran plasma* (disebut juga membran sel) adalah bagian sel yang membatasi bagian dalam sel dengan lingkungan di sekitarnya, membran ini dimiliki oleh semua jenis sel. *Membran sel* merupakan bagian terluar sel pada sel hewan dan protozoa, namun pada sel tumbuhan dan bakteri terletak dibawah dinding sel. Terdapat pendapat para Ahli terkait model dan struktur membran plasma yaitu: *Model Charles Overton (1895 )*, *Model Robertson (1950)*, *Model S.J. Singer dan G. Nicolson ( 1972)*, *Model Hugh Davson dan James Danielli (1935)*.

Komponen penyusun membran sel terdiri dari komponen lipid, protein dan karbohidrat. Rasio komposisi tiap-tiap komponen tidaklah sama pada setiap membran sel karena tergantung dari tipe selnya juga spesiesnya. Umumnya, kandungan lipid pada membran sel berkisar 40%, protein 40%, karbohidrat 1-10% dan air 20%.

Terdapat hubungan kerjasama antar sel yaitu *desmosom*, *Tight Junction*, *Gap junction*. Dimana *Desmosom* adalah tipe hubungan antar sel yang berfungsi untuk melekatkan sel yang satu dengan sel yang lain dan terbagi 3 yaitu *Spot Desmosom*, *Belt Desmosom*, *Hemidesmosom*, *Tight Junction* adalah hubungan menyatu yang pada umumnya di bawah dekat permukaan atas dari sel, sedangkan *Gap junction* adalah tipe hubungan antar sel yang sangat rumit.

Untuk memenuhi kebutuhannya sel memiliki pengangkut yaitu pengangkut Pasif dan pengangkut Aktif. Dimana Pengangkut pasif adalah transpor ion yang tidak memerlukan energi untuk melewati membran plasma dan terbagi 2 yaitu Osmosis dan Difusi. Sedangkan pengangkut Aktif adalah pergerakan atau pemindahan yang menggunakan energi.

## PERTANYAAN

1. Bagaimana cara membran sel mempertahankan protein ?
2. Apakah membran masih tetap *Fluid* walaupun banyak tertanam Protein ?
3. Mengapa membran sel *eritrosit* membutuhkan protein ?
4. Mengapa di dalam sel, membran plasma memiliki peranan yang sangat penting ?
5. Jelaskan peran Karbohidrat sebagai penyusun membran plasma ?
6. Apa yang membedakan model Danielli dan Davson dengan model unit Robertson ?
7. Jelaskan sifat membran plasma ?
8. Jelaskan 2 kelas protein yang berperan dalam *transport aktif* ?
9. Jelaskan faktor yang mempengaruhi kecepatan *transport pasif difusi*?
10. Apa yang dimaksud dengan *Gap junction*?

## GLOSARIUM

1. **Desmosom** : perlekatan protein antara sel-sel yang berdekatan
2. **Difusi** : Peristiwa berpindahnya suatu zat dari konsentrasi tinggi konsentrasi rendah
3. **Ekzoenzim** :enzim yang di dikeluarkan oleh bakteri yang menghasilkannya
4. **Glikolipid** :komponen penyusun membran sel yang terdiri dari dua bagian
5. **Hidrofilik** :zat yang dapat dilarutkan dalam air
6. **Hidrofobik** : zat yang tidak dapat larut dalam air
7. **Fosfolipid** : sejenis molekul lipid yang merupakan komponen utama Membran sel
8. **Amfipatik** : zat yang dapat berperan sebagai asam ataupun basa
9. **Glikophorin** : protein dari sel darah merah
10. **Hemidesmosom** : adalah struktur yang sangat kecil di keratinosit epidermis  
Kulit yang menempel pada matriks ekstraseluler
11. **Isotonik** : konsentrasi zat yang terlarut di dalam maupun diluar Membran semipermeabel sama
12. **Lipid** : kelompok molekul yang memiliki fungsi sebagai komponen pembangun membran sel
13. **Membran sel** : fitur universal yang dimiliki oleh semua jenis sel yang berupa lapisan terluar sel
14. **Osmosis** : perpindahan molekul dari yang lebih encer kebagian yang Pekat
15. **Osmoregulasi** : proses mengatur konsentrasi cairan dan menyeimbangkan Pemasukan serta pengeluaran cairan tubuh oleh sel atau organisme hidup
16. **Protein Perifer** : sebagai enzim atau pengatur fungsi intraseluler yang lain
17. **Protein globular** :protein yang tidak larut dalam air tidak seperti protein berserat
18. **Protein Ekstrinsik** :yang terletak diantara dua lapis Fosfolipid dan bersifat Hidrofilik
19. **Gap Junction** : Sambungan celah
20. **Tight Junction** : sambungan ketat yang hanya pada vertebrata
21. **Sitoskeleton** : Jaringan berkas-berkas protein yang menyusun sitoplasma dalam sel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Albert. 1994. *Biologi Molekuler Sel Edisi Kedua*. Jakarta: PT. Gramedia
- Campbell. 2012. *Biologi Jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- Campbell. 2012. *Biologi Jilid 3*. Jakarta: Erlangga
- Kimbal. 1987. *Biologi Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta Erlangga
- Reece. 2000. *Biologi Jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- Soemarwoto. 2004. *Biologi Umum 2*. Jakarta: Gramedia
- Sidabutar. 2013. *Fisiologi Hewan*. Medan: FMIPA Unimed
- Sridanti. 2013. *Transportasi Aktif Pada Membran Sel*. Pekanbaru: Unri Press

## BAB VI TRANSFORMASI ENERGI

### 6.1. Sumber Energi Dalam Kehidupan

Energi sangat di butuhkan oleh seluruh organisme untuk melakukan suatu usaha atau aktivitas. Sebagai contoh, tumbuhan membutuhkan energi dari cahaya matahari, hewan dan manusia membutuhkan energi yang di hasilkan dari proses pengolahan makana di dalam tubuh. Energi yang terdapat di lingkungan sekitar mu memiliki bentuk yang bermacam - macam, seperti cahaya, sehingga listrik, energi listrik kimia, energi panas, dan sebagainya.( Solikhin. 2009 ).<sup>50</sup>

Setiap bentuk energi dapat di ubah menjadi bentuk energi cahaya, para ilmuwan yang mempelajari perubahan energi tersebut menemukan fenomena bahwa energi tidak dapat di ciptakan.Fenomena ini juga berlaku di dalam suatu ekosistem. Setiap organisme mendapatkan energinya dengan cara mengubah energi yang berasal dari lingkungannya, seperti tumbuhan yang bergantung pada cahaya matahari atau hewan yang membutuhkan makanan sebagai sumber energinya. Ekosistem di susun oleh dua komponen, yaitu lingkungan fisik atau makhluk hidup dan tidak hidup dan berbagai jenis makhluk hidup, berbagai jenis makhluk hidup tersebut dapat di kelompok kan menjadi satuan - satuan makhluk hidup dan ekosistem merupakan salah satu nya. Dalam kehidupan, setiap organisme selalu memerlukan sesuatu dari lingkungannya dan lingkungan akan menerima suatu organisme. Jadi, organisme dan lingkungan saling mengadakan hubungan timbal balik (interaksi) yang di sebut ekosistem.

**Ekosistem** diartikan sebagai hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ruang lingkup kajian ekologi yang utama, yaitu perubahan populasi suatu spesies pada waktu yang berbeda - beda, perpindahan yang lain, serta faktor yang mempengaruhinya, dan terjadinya hubungan timbal balik antara makhluk hidup dan lingkungan. Lingkungan merupakan suatu kesatuan ruang dengan semua beda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, serta perilaku yang mempengaruhi kelangsungan kehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain nya.

### Pengertian Energi Dalam Ilmu Fisika.

*Energi dalam fisika* adalah kemampuan untuk melakukan usaha (Kerja ) atau melakukan suatu perubahan. James joule seorang ilmuwan inggris, ia di kenal sebagai perumus hukum kekekalan Energi, yang berbunyi "*Energi tidak dapat di ciptakan ataupun di musnahkan*". Ia adalah seorang ilmuwan inggris yang berminat pada ilmu fisika. Dengan percobaan, ia berhasil mematahkan teori kalorik, teori yang menyatakan panas sebagai zat alir. Salah satu dari satuan energi dinamai dengan sebutan *Joule*. Hukum kekekalan energi adalah salah satu dari hukum - hukum kekekalan yang meliputi energi kinetik dan energi potensial. Hukum ini merupakan hukum pertama dalam termodinamika. Hukum kekekalan energy (

---

<sup>50</sup>Solikhin 2009 . Biologi SMA / MA Kelas XII Semester 2 Banjar Masin : Pemdiknas hal. 25

Energi Termodinamika) berbunyi “*Energi dapat berubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain tapi tidak biasa di ciptakan ataupun dimusnahkan*”.

Ditinjau dari perspektif fisika setiap sistem fisik mengandung (secara alternatif, menyimpan) sejumlah energi beberapa tepatnya ditentukan dengan mengambil jumlah dari sejumlah persamaan khusus, masing - masing didesain untuk mengukur energi yang disimpan secara khusus. Secara umum, adanya energi diketahui oleh pengamat setiap ada pergantian sifat objek atau sistem. Tidak ada cara seragam untuk memperlihatkan energi.

### **Proses Penemuan Energi Oleh James Prescott Joule**

*James Prescott Joule* lahir di Salford, Inggris, 24 Desember 1818 dan meninggal di Greater Manchester, Inggris, 11 Oktober 1889 pada umur 70 tahun, James adalah putra dari lima bersaudara. Ia berasal dari keluarga kaya raya. Ayahnya, Benjamin Joule, adalah seorang pengusaha yang mempunyai pabrik pembuatan bir. Walaupun berasal dari keluarga kaya, Namun James tidak bias bersekolah seperti anak - anak umumnya. James kecil menderita penyakit kelainan tulang belakang, yang membuatnya harus banyak beristirahat dirumah. Karena tidak bias bersekolah, sang ayah mencarikan guru privat untuk mengajari James di rumah. Karena kondisi kesehatannya buruk, James tumbuh menjadi seorang yang pendiam dan pemalu. James boleh di katakana dapat melakukan hal apapun, Ia bebas membaca berbagai macam buku yang di sukainya. James sangat tertarik dengan listrik. Ia kerap kali melakukan percobaan seram dengan mengalirkan aliran arus listrik ke tubuh pelayan - pelayannya. Melihat James yang begitu suka dengan sains, Maka pada usia 16 tahun, ayah nya mengirim James ke Universitas Manchester.

Di sana ia mengikuti beberapa pelatihan sains yang di ajarkan oleh John Dalton. Selembalinya dari pelatihan sains, ayah James membangun laboratorium itu pribadi ruang bawah tanah bagi putranya. Di laboratorium itu, James melakukan berbagai eksperimen untuk menemukkan hubungan antara energi panas dan energi listrik.

Pada tahun 1840, James menerbitkan sebuah karya ilmiah tentang panas yang di hasilkan oleh arus listrik. Lalu pada tahun 1843, ia menerbitkan lanjutan karya ilmiahnya tentang bagaimana mengubah kerja menjadi panas. Ia melakukan eksperimen menggunakan roda berpedal. Akhirnya dari situ James merumuskan konsep fisika mengenai kesetaraan energi mekanik dan energi panas. Empat tahun kemudian, ia berhasil merumuskan hukum kekekalan energi, yang merupakan hukum pertama dari hukum termodinamika. Hukum itu dinyatakan “*bahwa energi tidak dapat di ciptakan atau dimusnahkan, tapi dapat berubah dari satu bentuk energi ke bentuk energi lainnya*”. Pada tahun 1847 James bertemu dengan Lord Kelvin atau William Thomson, diacara diskusi sains, Lord Kelvin tertarik dengan penemuan-penemuan James dan karya - karya ilmiah yang pernah dipublikasikan, Ia pun mengajak James untuk bekerja sama. Dari kerja samanya, maka lahirlah suatu konsep fisika yang disebut Efek- Joule -Thomson lalu berkembang menjadi ilmu yang mempelajari tentang sifat materi pada suhu sangat rendah, Ilmu itu disebut *kriogenik*.

Dalam ilmu Fisika atau teknik, Kriogenik adalah ilmu yang mempelajari materi dengan temperatur sangat rendah ( dibawah -150 derajat selsius - 123 kelvin.

Ilmu ini mempelajari cara memproduksi serta perilaku material pada temperature Fahrenheit atau Celsius yang umum digunakan di masyarakat, melainkan digunakan skala Kelvin ( Pada awalnya digunakan skala Rankine ).



Gambar 6.1. James Prescott -JouleId .  
www. Timetoast.com

**Contoh penggunaan energi** adalah ketika kita berjalan, bermain, bekerja, memasak dan lain, sebagainya. Setiap kegiatan memerlukan energi dalam jumlah dan, bentuk yang berbeda -beda. Energi tidak dapat dilihat namun pengaruhnya dapat di rasakan. Energi dapat berubah bentuk dari satu bentuk ke bentuk lain nya.

**Contoh perubahan energi** adalah setrika listrik. Penggunaan dari setrika menyebabkan perubahan bentuk energi listrik menjadi energi panas.

### Macam - macam Energi

Dalam ilmu fisika energi di bedakan menjadi dua jenis yakni energi kinetik dan energi potensial.

#### a. Energi Potensial

*Energi potensial* adalah suatu energi yang dimiliki benda karena keadaan atau kedudukannya. Bentuk dari energi potensial diantaranya energi potensial gravitasi, energi, timbul karena adanya gaya gravitasi, Potensial gravitasi adalah ketika kita melepaskan benda dari ketinggian tertentu, benda itu selalu jatuh ke bawah. Hal ini terjadi karena benda itu memiliki potensial untuk jatuh. Dengan kata lain, benda itu memiliki energi potensial gravitasi.

#### b. Energi Kinetik

*Energi kinetik* adalah energi yang di miliki benda saat bergerak. Energi itu akan di lepaskan ( Hilang ) jika benda berhenti ( diam ). Besar dari energi kinetik suatu benda di tentukan oleh massabenda dan kecepatan gerak benda. Jadi dapat di simpulkan bahwa semakin besar massa benda dan semakin cepat gerak benda, energi kinetik nya semakin besar. Benda yang bergerak lurus beraturan, bergerak lurus berubah beraturan, dan bergerak melingkar memiliki energi kinetik. Sehingga benda yang bergerak dengan kecepatan tetap di sebut memiliki energi kinetik konstanta.

## Bentuk - bentuk Energi

### a. Energi Kimia

*Energi kimia* adalah energi yang tersimpan dalam senyawa - senyawa kimia. **Contoh energi kimia:** Penggunaan lampu senter yang menggunakan batu baterai sebagai sumber energi kimia, bahan bakar minyak, dan lain - lain

#### ❖ Reaksi kimia pada baterai.

- Batrai pada saat pemakaian ulang akan terjadi reaksi kimia yaitu:  $PbO_2 + 2 H_2SO_4 + Pb \rightarrow PbSO_4 + 2 H_2O + PbSO_4$ . Pada akhir pemakaian, plat positif dan plat negatif akan menjadi  $PbSO_4$  dan elektrolitnya akan menjadi  $H_2O$ .
- Batrai pada saat pengisian ulang akan terjadi reaksi kimia yaitu:  $PbSO_4 + 2 H_2SO_4 + Pb \rightarrow PbO_2 + 2 H_2SO_4 + Pb$ . Akhir dari proses pengisian ini, plat positif kembali menjadi  $PbO_2$  dan plat negatifnya  $Pb$ , sedangkan elektrolit kembali terbentuk menjadi  $H_2SO_4$ .



Gambar 6.2. Batrai  
[www.jakartanotebook.com](http://www.jakartanotebook.com)

### b. Energi Listrik

*Energi Listrik* merupakan salah satu bentuk energi yang paling banyak di gunakan. Energi listrik timbul dan perpindahan matan - muatan listrik. **Contoh energi listrik :** Penggunaan peralatan listrik : Setrika, TV, penanak nasi dan lain - lain. ( Diah Aryulina. 2009 )<sup>51</sup>



Gambar 6.3. Aliran listrik  
[www. Gettymages.com](http://www.Gettymages.com)

<sup>51</sup>Diah Aryulina 2009 *Macam - Macam Energi*, Jakarta : Yudistira, hal.23

c. **Energi Cahaya**

*Energi cahaya* yang terbesar bersumber dari matahari. Tak hanya manusia dan hewan yang membutuhkan cahaya, bahkan tumbuhan pun menggunakan cahaya untuk memproses makanan yang di kenal dengan sistem fotosintesis. Contohnya lampu, matahari.



Gambar6.4. Lampu  
[www.fisika.com](http://www.fisika.com).

d. **Energi Otot**

*Energi otot* adalah energi yang di hasilkan oleh otot tubuh. **Contoh energi otot** :yaitu manusia dan hewan yang menggunakan otot nya untuk melakukan kegiatan.



Gambar 6.5. Otot manusia  
[www.getimages.com](http://www.getimages.com)

e. **Energi Bunyi**

*Energi bunyi* merupakan sebuah energi yang di hasilkan oleh getaran benda **Contoh energi bunyi** : Bel listrik, bunyi orang berbicara, dan bunyi alat - alat musik.



Gambar 6.6.. Alat musik  
[www.seni.budaya.com](http://www.seni.budaya.com)..

## f. Energi Nuklir

*Energi nuklir* terjadi Karena adanya reaksi fisi atau reaksi fusi dalam atom dan unsur radioaktif seperti uranium.

**Contoh energi nuklir** :Penggunaan nuklir sebagai sumber energi dalam pembangkit listrik tenaga nuklir.



Gambar 6.7. Energi Nuklir [www.fisika.com](http://www.fisika.com)..

### ➤ *Pandangan Al - Qur'an mengenai energi*

QS. Yunus ayat 5.

*Artinya :“Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya , dan di tetapkan nya manzilah - manzilah ( tempat - tempat ) bagi perjalan bulan itu. Supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan waktu .allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak , dia menjelaskan tanda - tanda kebesaran nya kepada orang - orang yang mengetahui ” .*

Allah memberi tahu tentang apa yang di ciptakan yang menjadi tanda - tanda kekuasaan nya dan kesempurnaan keduanya, dan dia menjadikan sinar matahari sebagai penerang di waktu siang dan cahaya bulan sebagai penerang di waktu malam. Juga telah di tetapkan paa bulan - bulan manzilah - manzilah, sehingga pada awal bulan ia tampak kecil berbentuk sabit kemudian membesar, lalu kembali mengecil sampai mencapai manzilah terakhirnya dan kembali kepada keadaan semula pada permulaan bulan.

Ayat ini menerangkan bahwa Allah SWT , yang menciptakan langit dan bumi dan yang bersemayam di atas 'arasy - nya. Dialah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya. Matahari dengan sinar nya adalah sebagai dasar hidup dan kehidupan, sumber panas dan tenaga yang dapat menggerakkan makhluk - makhluk Allah yang di ciptakannya. Dengan cahaya bulan dapat lah manusia berjalan dalam kegelapan malam da bersenang - senang melepaskan lelah di malam hari dan yang di pantulkan oleh bulan yang di pancarkan matahari di sebut diya ( sinar ), sedang yang di pantul kan oleh bulan di sebut nur ( cahaya ).

**Matahari** adalah sebuah planet yang mengandung pembakaran api yang sangat dahsyat, yang mengeluarkan sabagian sinarnya Qur'an untuk hidup mu memantuul ke permukaan bulan, karenanya ia bersinar dan terang pada malam hari. Tumbuh-tumbuhan mengambil kekuatan energi yang berasal dari matahari, lalu tanaman - tanaman lain nya untuk tujuan sebagai penghangat dan untuk memasak yaitu dengan cara membakarnya, oleh karena itu matahari adalah sumber kekuatan ( energi ) di muka bumi ini.( Sidabutar.2013).<sup>52</sup>

<sup>52</sup>Sidabutar.2013.Fisiologi Hewan. Medan: FMIPA Unimedhal.12

Allah menjadikan matahari untuk kita dan memudahkan nya untuk terus bergerak pada pagi hari ia mengirimkan sinar nya untuk kita yang membawa panas cahaya mengandung sebab - sebab yang di butuh kan dalam kehidupan kemudian, pada sore hari ia terbit di bagian dunia lain. Begitulah seterusnya, ia kembali siang dan malam, terbit dan tenggelam, Dalam permukaan matahari terdapat sumber energi yang dapat di bakar sehingga energinya dapat di kirim ke bumi. Energi matahari di kirim ke bumi dalam bentuk radiasi gelombang elektromagnetik yang sampai di bumi dalam bentuk panas.( Siti Nur Rohimah . 2009 ).<sup>53</sup>



Gambar 6. 8. energi sinar matahari  
[www smkn2 ilmu fisika.com..](http://www.smkn2ilmu.fisika.com..)

Makanan sebagai sumber energi. Makanan diperlukan oleh tubuh sebagai sumber energi. Dengan asupan makanan yang baik dan cukup, kamu dapat melakukan berbagai aktivitas sehari-hari. Zat makanan yang berperan sebagai sumber energi adalah karbohidrat, lemak, dan protein.

#### ❖ Karbohidrat

*Karbohidrat* yaitu senyawa organik terdiri dari unsur karbon, hidrogen, dan oksigen. Terdiri atas unsur C, H, O dengan perbandingan 1 atom C, 2 atom H, 1 atom O. karbohidrat banyak terdapat pada tumbuhan dan binatang yang berperan struktural & metabolik. sedangkan pada tumbuhan untuk sintesis  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  yang akan menghasilkan amilum/selulosa, melalui proses fotosintesis, sedangkan Binatang tidak dapat menghasilkan karbohidrat sehingga tergantung tumbuhan. karbohidrat merupakan sumber energi dan cadangan energi, yang melalui proses metabolisme. Banyak sekali makanan yang kita makan sehari-hari adalah sumber karbohidrat seperti: nasi/beras, singkong, umbi-umbian, gandum, sagu, jagung, kentang, dan beberapa buah-buahan lainnya.

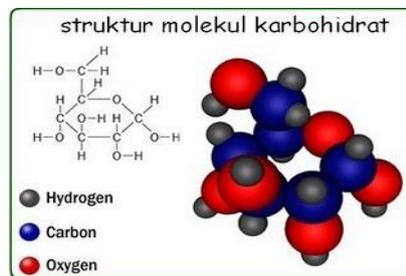
---

<sup>53</sup>Siti Nur Rohmah .2009 Ilmu pengetahuan energi. (Jakarta .Erlangga ) .hal. 42



Gambar 6.9. Karbohidrat  
www.MA.Biologi.energi.com..

- Rumus umum karbohidrat yaitu  $C_n(H_2O)_m$ , sedangkan yang paling banyak kita kenal yaitu glukosa :  $C_6H_{12}O_6$ , sukrosa :  $C_{12}H_{22}O_{11}$ , selulosa :  $(C_6H_{10}O_5)_n$



Gambar 6.10. Reaksi Kimia Karbohidrat  
www.MA.Biologi.energi.com

- Contoh reaksi Karbohidrat dengan Proses fotosintesis:



Pada proses fotosintesis, klorofil pada tumbuh-tumbuhan akan menyerap dan menggunakan energi matahari untuk membentuk karbohidrat dengan bahan utama  $CO_2$  dari udara dan air ( $H_2O$ ) yang berasal dari tanah. Energi kimia yang terbentuk akan disimpan di dalam daun, batang, umbi, buah dan biji-bijian

#### ❖ Protein

**Protein** merupakan senyawa kimia yang mengandung unsur **C, H, O, N**, kadang juga mengandung besar p dan s). Fungsi protein antara lain adalah sebagai sumber energi pembangun sel, jaringan tubuh, dan pengganti sel tubuh yang rusak. bahan makan yang mengandung banyak protein, antara lain:

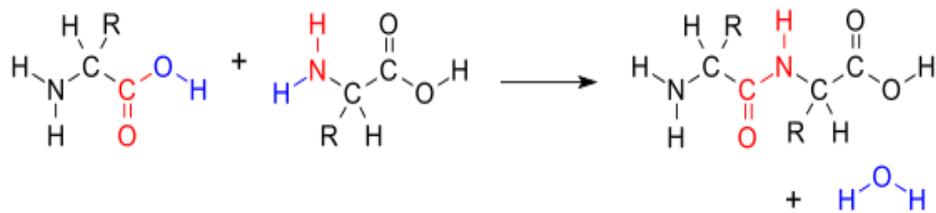
- Protein hewani  
Contoh: Daging, ikan, telur, susu, dan keju.
- Protein nabati  
Contoh: Kacang - kacangan, tahu, tempe, dan gandum.



Gambar 6.11. Protein  
www SMA ilmupengetahua .com..

Rumus kimia Protein adalah kumpulan asam amino seperti polipeptida namun memiliki rantai yang jauh lebih panjang. Protein mengandung setidaknya satu polipeptida panjang kemudian banyak rantai-rantai cabang. Sedangkan polipeptida rantai pendek (dengan rantai= 20-30) biasanya tidak digolongkan sebagai protein dan seringkali disebut sebagai polipeptida saja. Selain tersusun atas asam amino, banyak protein juga mengandung komponen lain seperti ion logam (**misalnya Fe<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, dan Mg<sup>2+</sup>**) atau mengandung molekul organik kompleks, biasanya turunan dari vitamin.

Protein terbentuk dari ikatan peptida yang proses reaksinya ialah sebagai berikut:



Reaksi tersebut merupakan contoh dipeptida, yaitu molekul yang dibentuk melalui ikatan peptida dari dua asam amino. Suatu polipeptida (protein) adalah polimer yang dibentuk oleh sejumlah besar asam amino melalui ikatan peptida membentuk rantai polimer. Terdapat 20 macam asam amino yang ditemukan pada protein. Setiap asam amino berbeda dalam hal gugus R, atau rantai samping. Rantai samping menentukan sifat-sifat asam amino.

#### ❖ Lemak

**Lemak** merupakan senyawa kimiayang mengandung unsur C, H , dan O. Peran lemak adalah menyediakan energi sebesar 9 kalori/gram, melarutkan vitamin A, D, E, K, dan menyediakan asam lemak esensial pada tubuh manusia. Fungsi lemak antara lain adalah sumber energi (1 gram lemak sama dengan 9 kilo kalori ). Pelarut vitamin A, D, E, dan K, pelindung organ - organ tubuh yang penting sebagai bantalan lemak dan pelindung tubuh dari suhu yang rendah. Bahan makanan yang mengandung banyak lemak, antara lain:

- Lemak hewani  
Contoh : Keju, susu, daging, dan kuning telur.

- Lemak Nabati Contoh : Kelapa, kemiri, kacang - kacangan , dan buah avocado.( Kartolo. s , w. 1990 )<sup>54</sup>.



Gambar 6.12.Lemakhewani  
www SMA ilmupengetahuan.com.

Berdasarkan pengertian diatas, rumus kimia lemak pada dasarnya termasuk dalam golongan Asam Karboksilat, dimana mengandung gugus COOH, Asam butanoat (CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>COOH) ini merupakan contoh asam lemak rantai pendek yang terdapat pada mentega. Contoh lainnya ialah asam lemak rantai panjang: CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>CH=CHCH<sub>2</sub>CH=CH(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>COOH (AsamLinoleat) disingkat dengan penggunaan kode seperti C<sub>18</sub>:<sub>2</sub> dengan angka 18 menunjukkan jumlah rantai Karbon (C) dan 2 menunjukkan jumlah rantai ganda (=) pada rumus kimia lemak tersebut.

## 6.2. Respirasi dan Fermentasi Sebagai Jalur Katabolik

**Fermentasi dan respirasi** merupakan jalur katabolik penghasil energi sebagai proses bioenergi. Senyawa organik menyimpan energi dalam susunan atomnya. Dengan bantuan enzim, molekul organik kompleks yang kaya energi potensial di rombak menjadi produk limbah yang berenergi lebih rendah. Walaupun seluruh mikroorganisme heterotroph secara pasti mendapatkan energi mereka dari reaksi reduksi - oksidasi, jumlah energi yang didapat dan mekanisme bagaimana mereka melakukan ekstraksi bervariasi. Dua mekanisme yang dapat di tarapkan yaitu fermentasi dan respirasi.

Respirasi sel juga di kenal sebagai metabolisme oksidatif yaitu salah satu cara kunci sel berguna mendapatkan energi. Hal ini merupakan hasil reaksi metabolik dan proses-proses yang terjadi di dalam organisme "Biokimia Sel" untuk mengubah energi dari nutrisi menjadi adenosin trifosfat (ATP), dan kemudian melepas produk - produk limbah. Organisme yang memakai oksigen sebagai akseptor electron terakhir dalam dijelaskan sebagai respirasi aerobik, sedangkan mereka yang tidak di sebut anaerobik. Energi dikeluarkan pada proses respirasi untuk mensintesis ATP untuk menyimpan energi. Energi yang tersimpan dalam ATP dapat digunakan untuk mendorong proses - proses yang memerlukan energi, termasuk biosintesis, gerak atau pengangkutan molekul melintasi membran sel. Didalam mitondria respirasi sel dikenal sebagai metabolisme oksidatif yaitu salah satu sel yang berguna

<sup>54</sup>Kartolo .1990 Biologi . ( Jakarta : Airlangga ) hal.54

untuk mendapatkan energi. Nutrisi atau energi yang biasanya digunakan oleh sel - sel hewan dan tumbuhan dalam proses respirasi yaitu glukosa, asam amino, dan asam lemak.

Respirasi sel ada dua yaitu respirasi aerob dan anaerob. Respirasi aerob adalah bentuk respirasi seluler yang membutuhkan oksigen dalam menghasilkan energi.

### 1. *Respirasi Aerob*

Respirasi aerob membutuhkan oksigen untuk menghasilkan energi (ATP). Karbohidrat, lemak, dan protein dapat diproses dan dikonsumsi sebagai pereaksi, dalam pemecahan dari glikolisis piruvat. Piruvat mengisyaratkan mitokondria masuk sepenuhnya dalam siklus krebs. Hasil dari proses ini menghasilkan energi ATP, Fosforilasi tingkat substrat, NADH, dan FADH.

#### a. *Glikolisis*

*Glikolisis* adalah jalur metabolic yang ditemukan pada sitoplasma sel yang berada di dalam tubuh makhluk hidup dan anaerobik yakni oksigen yang tidak dibutuhkan.

#### b. *Dekarboksilasi Oksidatif Piruvat*

Asam piruvat dioksidasi menjadi asetil-KoA dan CO<sub>2</sub> oleh piruvat dehydrogenase kompleks. Sekelompok enzim banyak mengalami penyalinan, dari enzim - enzim tersebut terdapat mitokondria dari sel - sel eukariotik dan didalam sitosol dari sel prokariotik.

#### c. *Siklus Asam Sitrat*

**Siklus asam sitrat** disebut juga *Trikarboksilat*. Oksigen, asetil-KoA dihasilkan dari molekul piruvat yang diperoleh dari glikolisis. Setelah asetil KoA terbentuk dari proses yaitu proses **Aerobik** dan **anaerobik**. Ketika oksigen masuk, mitokondria mengalami respirasi aerobik yang menuju pada siklus krebs. Namun, jika oksigen tidak ada fermentasi dari molekul piruvat akan terjadi. Dengan adanya oksigen, ketika asetil-KoA menghasilkan molekul kemudian memasuki siklus asam sitrat (siklus Krebs) di dalam matriks mitokondria, menjadi CO<sub>2</sub>, sementara pada saat ini mengurangi NAD menjadi NADH.

### 1. *Fosforilasi Oksidatif*

Pada eukariota, terjadinya fosforilasi oksidatif adalah di krista mitokondria ini terjadi dari rantai transport elektron yang membentuk gradien proton (Kemoisotoni potensial) melintasi membran dengan mengoksidasi Yng NADH yang di hasilkan dari siklus krebs.

### 2. *Respirasi Anaerob*

Respirasi anaerobik digunakan oleh oleh mikroorganisme dimana tidak oksigen (aerobik respirasi) maupun piruvat - piruvat atau derivatif ( fermentasi) adalah akseptor elektron terakhir. Sebenarnya, seorang akseptor anorganik misalnya (sulfur).

### 3. Rantai Respirasi

Rangkaian ini merupakan hasil utama dari siklus krebs yang ditangkap oleh carrier NAD menjadi NADH. H dari NADH ditransfer ke Flavoprotein menuju Quonion selanjutnya sitokrom b, sitokrom c, sitokrom a33 dan terus direaksikan dengan O<sub>2</sub> yang dihasilkan H<sub>2</sub>O + Energi. Rangkaian transfer H dari satu carrier ke carrier lainnya di sebut *Rantai Respirasi*.

**Fermentasi** adalah perombakan parsial gula yang terjadi tanpa bantuan oksigen. Dalam fermentasi, elektron - elektron dialirkan dari penyumbang elektron kepada penerima elektron, sementara suatu perantara terbentuk dalam pemecahan molekul substrat, yang merupakan perantara organik dalam beberapa proses fermentasi lainnya, Fermentasi menghasilkan akumulasi campuran produk - produk akhir, beberapa lebih teroksidasi, dan beberapa lebih tereduksi dari substratnya. Tingkat oksidasi rata - rata dari produk - produk akhir dalam fermentasi selalu identik dengan substrat asalnya.

Fermentasi dapat berjalan baik secara anaerob obligat maupun anaerob fakultatif. Jika tidak ada oksigen, piruvat tidak bisa dimetabolisme oleh respirasi sel tetapi mengalami proses fermentasi. Piruvat tidak diangkut dalam mitokondria, tetapi tetap dalam sitoplasma, yang di mana waktunya akan diubah ke produk produk limbah yang dapat dikeluarkan dari sel. Pembawa oksidasi hydrogen bertujuan sehingga mereka dapat melakukan glikolis lagii dan mengeluarkan kelebihan piruvat.

Jalur katabolik yang paling umum dan yang paling efisien ialah respirasi aerob, di mana oksigen dikonsumsi sebagai reaktan bersama - sama dengan bahan bakar organik. Respirasi adalah sebuah proses dimana oksigen molekuler biasanya berperan sebagai penerima elektron utama. Jika oksigen adalah penerima utama, prosesnya disebut respirasi aerobik yang berbeda dengan respirasi anaerobik, dimana menggunakan sebuah unsur anorganik seperti nitrat, sulfat, atau karbonat.

Fermentasi merupakan mekanisme yang lebih tidak efisien daripada respirasi untuk mengekstraksi energi dari molekul substrat. Saat organisme menfermentasi glukosa, hanya sejumlah kecil energinya secara potensial tersedia pada molekul yang dilepaskan. Kebanyakan energi itu masih terkunci pada produk reaksi, misalnya laktat. Saat organisme mengoksidasi glukosa secara sempurna menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, semua energi yang tersedia dari molekul glukosa dilepaskan

:



#### Disimilasi Glukosa

Glukosa menempati posisi penting pada kebanyakan metabolisme biologis, dan disimilasinya menyediakan jalur metabolik yang umum bagi sebagian besar bentuk kehidupan. Kemampuan untuk memanfaatkan gula atau unsur yang berhubungan dengan konfigurasi yang berbeda dari glukosa merupakan hasil kemampuan organisme untuk mengubah substrat menjadi perantara-perantara sebagai jalur untuk fermentasi glukosa.

Pemanfaatan monosakarida tertentu oleh suatu organisme juga bergantung pada keberadaan sistem pembawa tertentu untuk transpor gula melewati membran sel. Terjadilah perbedaan sistem-sistem dari jenis ini. Beberapa diantaranya memanfaatkan ATP yang dibentuk oleh transpor elektron. Pada *E.coli*, sistem fosfotransferase cenderung menurunkan energinya secara langsung dari fosfo enol piruvat (PEP) daripada dari ATP, dan fosforilasi gula terjadi selama transpor.

### Jalur Glikolisis

Tiga jalur pusat metabolisme karbohidrat pada bakteri ialah *glikolisis, jalur pentose fosfat, dan jalur Entner - Doudorof*. Untuk kebanyakan sel-sel, jalur terbesar dalam katabolisme glukosa adalah glikolisis. Pada jalur ini molekul glukosa dirubah menjadi asam piruvat (glikolisis) dan asam piruvat menjadi asam laktat (fermentasi asam laktat) tanpa pemasukan molekul oksigen. Konsep dasar dari glikolisis tersusun dalam 11 reaksi enzimatik oleh skema Embden-Meyerhof-Parnas (EMP), ditunjukkan pada gambar 5 - 3.

Walaupun jalur dasarnya sama untuk tiap semua jenis sel, perlengkapan enzim-enzim tertentu pada jalur tersebut tidak seragam untuk berbagai jenis sel setiap spesies. 109 Glikolisis secara mendasar mencakup dua tahap utama. Pada tahap pertama, glukosa difosforilasi baik oleh ATP maupun PEP, tergantung pada organisasinya, dan dipecah untuk membentuk gliseraldehid 3-PO<sub>4</sub>. Pada tahap kedua, perantara tiga karbon ini diubah menjadi asam laktat dalam serangkaian reaksi oksidoreduksi yang disalurkan ke fosforilasi ADP. Sebuah mekanisme kemudian terjadi dengan glukosa sebagai sumber energi yang sesungguhnya. Dua rangkaian reaksi yang terkait dalam konservasi energi di chemoorganotrophs adalah fermentasi dan respirasi. Fermentasi merupakan bentuk anabolisme anaerob terdiri dari gabungan bahan organik donor elektron dan akseptor elektron, dan ATP dihasilkan oleh fosforilasi tingkat substrat. Respirasi adalah katabolisme yang merupakan oksidasi gabungan O<sub>2</sub> (pengganti O<sub>2</sub>) sebagai pusat akseptor elektron, biasanya selalu disertai dengan produksi ATP fosforilasi oksidatif.<sup>55</sup>

Salah satu proses katabolik, yaitu fermentasi merupakan penguraian gula sebagian yang terjadi tanpa penggunaan oksigen. Akan tetapi jalur katabolik yang paling dominan dan efisien adalah respirasi aerobik (*aerobik respiration*) yang menggunakan oksigen sebagai reaktan bersama dengan bahan organik. Dalam respirasi dan fermentasi, sintesis ATP adalah pasangan untuk membebaskan energi dalam reaksi oksidasi - reduksi. Fermentasi dan respirasi adalah pilihan alternatif metabolisme yang dapat digunakan untuk semua mikroorganisme. Dalam organisme bias mengalami keduanya baik fermentasi dan respirasi, seperti yeast, fermentasi penting ketika kondisi anaerob dan terminal akseptor elektron tidak ada. Ketika tersedia O<sub>2</sub>, dapat melakukan respirasi. ATP yang dihasilkan lebih banyak dalam respirasi daripada fermentasi.

---

<sup>55</sup>Campbell .2008 . Biologi Energi .( Jakarta : Erlangga ) hal.34

### 6.3. Daur Ulang Pada ATP Melalui Sel

**Energi matahari** merupakan sumber mula energi dalam sel hidup. Aliran energi yang di mulai dari sinar matahari di tangkap sel yang berfotosintesis, lalu di ubah menjadi energi kimia ( ATP dan NADPH ) yang selanjut nya di pakai oleh sel heterotroph untuk melangsungkan segala macam kegiatan di dalam sel seperti proses kontraksi, proses pengangkutan, dan proses biosintesis dan akhir nya di degradasi menjadi bentuk energi yang terpakai lagi, seperti panas yang di lingkungan.<sup>56</sup>

ATP terdiri dari adenosine difosfat (ADP) atau adenosine monosfat (AMP) dan penggunaannya dalam metabolisme mengubah nya kembali ke precursor ini ke ATP. Oleh karena itu ATP di daur ulang terus - menerus dalam organisme, dengan membalik tubuh manusia berat nya sendiri dalam ATP setiap hari. ATP digunakan sebagai substrat dalam transduksi sinyal jalur oleh kinase yang memfosforilasi protein dan lipid, maupun oleh adenilat siklase, yang menggunakan ATP untuk menghasilkan pembawa pesan kedua molekul siklik AMP.

Rasio antara ATP dan AMP di gunakan sebagai cara untuk sel merasakan betapa besar energi yang tersedia dan mengontrol jalur - jalur metabolisme yang menghasilkan dan mengkonsumsi ATP. Terlepas dari peran dalam metabolisme energi dan sinyal, ATP juga di masukkan ke dalam asam nukleat oleh polimerase dalam proses replikasi DNA dan transkripsi.

Struktur molekul ini terdiri dari purin basa ( adenin ) terikat pada 1 karbon atom. Ini adalah penambahan dan penghapusan gugus fosfat yang mengkonversi antar ATP, ADP, dan AMP, ketika ATP di gunakan dalam sintesis DNA, maka gula ribose pertama di konversi menjadi deoksiribosa oleh ribonukleotida reduktase.

#### 1. Daur Energi di Dalam Sel

Molekul kimia organik yang kompleks, seperti glukosa, mempunyai energi potensial yang besar Karen keteraturan struktur nya. Ketidakteraturan nya ataupun entropi nya relative rendah. Bila glukosa dioksidasi oleh oksigen di hasilkan 6 molekul.  $\text{CO}_2$  dan  $6 \text{H}_2\text{O}$  , serta energi nya yang di lepaskan dalam bentuk panas dan atom karbonnya mengalami ketidakteraturan. Dalam hal ini atom karbon tersebut terpisah - pisah dalam bentuk  $\text{CO}_2$  sehingga menghasilkan bertambahnya posisi yang berbeda dari molekul yang satu terhadap yang lain nya. Hal ini menyebabkan naik nya entropi dan turunya energi bebas. ( Campbell. 2008 ).<sup>57</sup>

#### 2. Daur ATP

Peranan ATP sebagai sumber energi untuk metabolisme di dalam sel berlangsung dengan suatu mekanisme mendaur, ATP berperan sebagai alat angkut energi kimia dalam reaksi metabolisme ke berbagai proses reaksi pada sel yang membutuhkan energi seperti proses biosintesis, proses pengangkutan proses kontraksi otot, proses pengaliran listrik dalam system syaraf, dan proses

<sup>56</sup>Hanif Al Fatta .2001 .Biologi .Energi .( Jakarta : Yudistira ) hal. 23

<sup>57</sup>Campbell. 2008. Biologi Energi. Jakarta: Yudistira

pemancaran sinar ( bioluminesensi ) yang terjadi pada organisme tertentu seperti kunang - kunang.

ATP terbentuk dari ADP dan pindah dengan suatu reaksi fosforilasi yang di rangkai dengan proses oksidasi molekul penghasil energi. Selanjut nya ATP yang terbentuk ini di alirkan ke proses reaksi yang membutuhkan energi dan hidrolisis menjadi ADP dan fosfat anorganik ( Pi ). Demikian seterusnya sehingga terjadilah suatu mekanisme daur ATP - ADP secara continue dan berkeselimbangan. ATP adalah nukleosida yang terdiri dari gula ribose sentral , basis adenin purin dan rantai tiga kelompok fosfat. Ini adalah sumber energi yang berlangsung di dalam sel dan terbentuk selama tiga tahap.

Tahap pertama di mulai dengan memanen energi kimia dari oksidasi molekul glukosa. Proses ini terjadi di sitoplasma dan di kenal sebagai glikolisis . Karena energi di dalam molekul organik di simpan di dalam atom - atom individu , ia hanya bisa di lepas dengan memecah ikatan yang mengikat atom - atom itu. Ini membutuhkan pengeluaran energi dua molekul ATP untuk membantu pemecahan glukosa menjadi substrat menengah yang di sebut gliseraldehid -3 fosfat. Pemecahan lebih lanjut memungkinkan koenzim NAD + untuk mengambil elektron berenergi tinggi dan ion hidrogen , membentuk dua molekul NADH.

Ia juga energi yang memungkinkan gugus fosfat berikatan dengan ADP, membentuk dua molekul ATP dalam suatu proses yang fosforilasi tingkat substrat. Keruskan lebih lanjut ke piruvat menghasilkan dua molekul tambahan ATP, memberikan glikolisis laba energi keseluruhan dari dua ATP. Tahap selanjut nya dari respirasi sel juga menghasilkan ATP dengan tingkat fosforilasi substrat. Tahapan ini, yang di kenal sebagai siklus asam sitrat, melengkapi oksidasi glukosa dan berlangsung di mitokondria sel. Piruvat berdifusi melalui membran sel dan mengalami beberapa reaksi kimia untuk membentuk Asetil Co - A, menghasilkan karbon dioksida sebagai produk limbah. NADH dan FADH<sub>2</sub> juga membawa electron selama tahap ini juga. Dan molekul ATP lain nya di produksi yang dapat segera di gunakan oleh sel untuk energi. ( Sridanti. 2013 )<sup>58</sup>

Mayoritas ATP di produksi oleh tubuh kita di bentuk oleh tahap ketiga dan terakhir dari respirasi seluler dalam proses yang di sebut fosforilasi oksidatif. Ini di kenal sebagai tahap transfer electron di mana NADH dan FADH<sub>2</sub> menyerahkan elektron yang mereka peroleh dari glikolisis dan siklus asam sitrat melepaskan energi. ATP kemudian di hasilkan oleh enzim yang di sebut ATP sintase yang menggunakan gradient ion hydrogen untuk menangkap energi yang di lepaskan dari electron berenergi tinggi. Dengan cara ini, fosforilasi oksidatif menghasilkan 34 molekul ATP untuk setiap molekul glukosa. Dengan demikian , semua energi kimia yang di panen dari molekul glukosa asli sekarang menjadi ATP dalam bentuk energi potensial, siap digunakan untuk pekerjaan seluler.

Ini adalah pengaturan molekul ATP yang kemudian memungkinkan melepaskan energi potensial ini. Pengurain ATP dan ADP dan regenerasi konsekuensi adalah apa yang memberi setiap sel mata uang untuk bertahan hidup dan melaksanakan pekerjaan seluler untuk fungsi tertentu. Karena ketiga gugus fosfat bermuatan negative, molekul tidak stabil dan dengan mudah melepaskan gugus fosfat terminal nya melalui hidrolisis untuk membentuk ADP (Adenosin

<sup>58</sup>Sridanti. 2013. Transformasi Energi Dalam Sel. Padang: Universitas UNP hal. 23

Difosfat) an molekul fosfat anorganik. Reaksi ini eksorjenik melepaskan kira - kira segitiga -13 kkal / mol.

Reaksi di gambar kan sebagai eksorjenik ketika melepaskan energi ke sekitarnya dan terjadi secara spontan, memberikan produk yang memiliki energi potensial kurang dari reaktanya. Reaksi endorjenik membutuhkan input energi dari sekitarnya dan produk memiliki energi potensial lebih dari reaktan ini adalah kemampuan ATP untuk beberapa reaksi endorjenik dan aksorjenik ATP menjadi ADP, ini memungkinkan reaktan lain untuk mengambil nya dan mendapatkan energi untuk memungkinkan terjadi nya reaksi endorjenik. Proses ini di kenal sebagai penggabungan energi dalam sel.( Kimbal. 2008 )<sup>59</sup>

#### 6.4. Transformasi Energi Dalam Biologi

Transformasi energi adalah proses perubahan energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Proses ini terjadi sepanjang waktu ,baik di dunia dan di dalam masyarakat. Ketika orang mengkonsumsi makanan, tubuh memanfaatkan energi kimia dalam ikatan makanan dan mengubah nya menjadi energi mekanik, bentuk baru dari energi kimia atau energi panas.

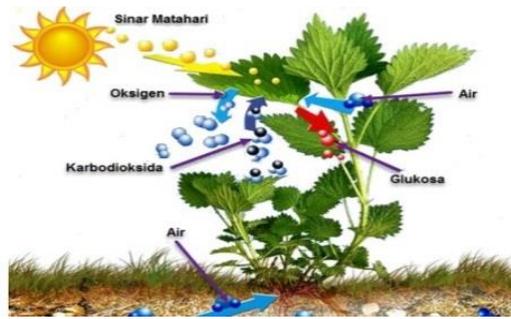
Transformasi energi dalam biologi dapat di bedakan menjadi tiga proses yaitu :

1. Pada makhluk hidup yang tidak mampu mengubah senyawa anorganik makhluk hidup heterotrof ( makhluk hidup yang memanfaatkan sumber makanan organik energi bersumber dari makanan yang di konsumsi. Energi ini sksn mengalami transformasi mulai dari energi potensial berupa energi kimia makanan menjadi energi panas dan energi kinetik / gerak dalam aktifitas makhluk hidup tersebut . Transformasi energi tersebut terjadi di dalam organel yang terdapat di dalam el terjadi sebagai berikut.
2. **Klorofil** adalah zat daun yang terdapat di dalam organel sel tumbuhan yang di sebut kloroplas. Klorofil berfungsi dalam fotosintesis. Energi radiasi sianr matahari yang di tangkap berfungsi melancarkan prose fotosintesis. Proses tersebut di gunakan untuk mereaksikan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O Menjadi glukosa, Selain menjadi energi kimia dalam glukosa, hasil reaksi nya menghasilkan oksigen yang dapat di gunakan oleh tumbuhan untuk bereaktivitas, seperti tumbuh, berkembang, bernapas.

Jadi, energi radiasi matahari yang berbentuk energi cahaya di ubah menjadi energi potensial dan energi kimiawi yang di simpan daklam molekul karbohidrat dan bahan makanan lain nya. Energi ini di dimanfaatkan oleh tumbuhan untuk bereaktivitas (tumbuh dan berkembang) dan juga di memanfaatkan makhluk hidup lain yang mengkonsumsi tumbuhan tersebut. Akibat nya energi energi yang terdapat pada tumbuhan berpindah ke dalam tubuh makhluk hidup lain nya dan menjadi energi potensial. Di dalam tubuh makhluk hidup ini, energi akan di transformasikan kembali.

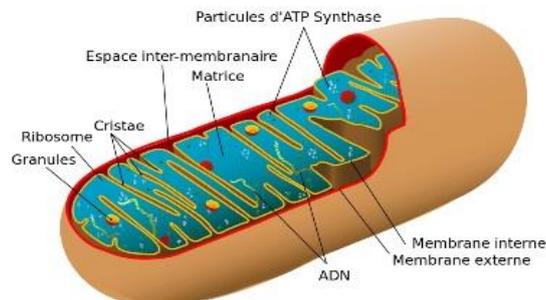
---

<sup>59</sup>Kimbal.2008 Biologi Energi. Jakarta:Yudhistira



Gambar 6.13 .Transformasi energi cahaya matahariwww.  
Diah ayuliana.com

3. **Mitokondria** adalah organel yang terdapat dalam sel, yang memiliki peran dalam respirasi sel di dalam mitokondria, energi kimia di gunakan untuk mengubah karbohidrat, protein, dan lemak. Mitokondria banyak terdapat pada sel otot makhluk hidup dan sel syaraf. Mitokondria dipertama oleh Koliker tahun 1880 dalam otot serangga. Sejak tahun 1882 Fleming memberi nama Fila dan tahun 1890 Altman juga memberikan nama Biobblas. Nama mitokondria berasal dari benda (1897-1898) tahaun 1948 Hogeboom melihat bahwa mitondria sebagai tempat atau lokasi respirasi sel. Nass pada tahun 1963 meneliti bahwa didalam mitokondria terdapat AND. Mitokondria merupakan organel sel yang mampu mengoksidasi bahan makanan menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Kata "Mito" berarti benang, sedangkan kata "chondria" berrati granula.



Gambar 6.14 Mitokondriawww.  
sholikhin.com

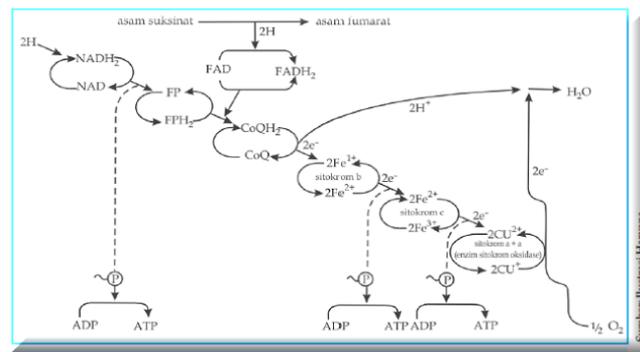
### Pengertian Metabolisme dan proses Transformasi Energi

Proses penyediaan energi, baik pada tumbuhan manusia, melalui rentetan reaksi kimia. Jika seluruh reaksi kimia terjadi dalam sel makhluk hidup, maka reaksinya di sebut reaksi di sebut reaksi biokimia. Seluruh proses atau reaksi biokimia yang terjadi di dalam sel di sebut metabolisme.

Metabolisme merupakan rangkaian reaksi kimia yang diawali oleh substrat awal dan diakhiri dengan produk akhir, yang terjadi dalam sel. Dalam reaksi biokimia terjadi perubahan energi dari satu bentuk ke bentuk yang lain, misalnya energi kimia dalam bentuk senyawa Adenosin Trifosfat (ATP) di ubah menjadi

energi gerak untuk melakukan suatu aktivitas seperti bekerja, berlari, berjalan, dan lain - lain.( Siti Nur Rohmah. 2004 ).<sup>60</sup>

Proses metabolisme yang terjadi di dalam sel makhluk hidup seperti pada tumbuhan dan manusia, melibatkan sebagian besar enzim ( katalisator ) baik berlangsung secara sintesis ( anabolisme ) dan respirasi ( katabolisme ). Pada saat berlangsung nya peristiwa reaksi biokimia di dalam sel, enzim bekerja secara spesifik . Enzim mempercepat reaksi kimia yang menghasilkan senyawa ATP dan senyawa - senyawa lain yang berenergi tinggi seperti pada proses respirasi , fotosintesis, kemosintesis, sintesis protein, dan lemak.



Gambar6.15 . Bagan transformasi  
www.ilmu fisika.com

Bagan transformasi energi dalam biologi dapat di bedakan menjadi tiga proses berikut :

- 1) proses fotosintesis, energi matahari energi matahari yaitu dalam bentuk radiasi atau pancaran cahaya matahari berubah menjadi energi kimia dalam ikatan senyawa organik. Lambang f merupakan frekuensi cahaya dan lambing h merupakan konstanta Planch , yang berkaitan dengan energi dan frekuensi nya .
- 2) Pada waktu dalam respirasi sel, energi kimia dalam senyawa kimia berubah menjadi persenyawaan yang berupa ATP.
- 3) Dalam sel, energi kimia ikatan fosfat yang kaya akan energi ( ATP ) dapat di fungsikan untuk kerja mekanis, listrik, dan kimia.
- 4) Pada akhirnya energi mengalir ke sekeliling sel dan hilang sebagai energi panas dalam bentuk entrop.

<sup>60</sup> Siti Nur Rohmah .2009 ilmu pengetahuan energi .Jakarta ; Airlangga

## KESIMPULAN

Energi sangat dibutuhkan oleh seluruh organisme untuk melakukan suatu usaha atau aktivitas. Sebagai contoh, tumbuhan membutuhkan energi dari cahaya matahari, hewan dan manusia membutuhkan energi yang dihasilkan dari proses pengolahan makanan di dalam tubuh. Energi dalam Fisika adalah kemampuan untuk melakukan usaha (kerja) atau melakukan suatu perubahan. Satuan energi adalah kalori (kal). James Prescott Joule menunjukkan hubungan antara kalori dan joule, yaitu: 1 kalori 4,18 joule atau 1 joule 0,24 kalori. Kata "Energi" berasal dari bahasa Yunani yaitu "ergon" yang berarti kerja.

Fermentasi dan respirasi merupakan jalur katabolik penghasil energi sebagai proses bioenergi. Senyawa organik menyimpan energi dalam susunan atomnya. Dengan bantuan enzim, molekul organik kompleks yang kaya energi potensial di rombak menjadi produk limbah yang berenergi lebih rendah. Walaupun seluruh mikroorganisme heterotroph secara pasti mendapatkan energi mereka dari reaksi reduksi - oksidasi, jumlah energi yang didapat dan mekanisme bagaimana mereka melakukan ekstraksi bervariasi. Dua mekanisme yang dapat diterapkan yaitu fermentasi dan respirasi.

Transformasi energi adalah proses perubahan energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Proses ini terjadi sepanjang waktu, baik di dunia dan di dalam masyarakat. Ketika orang mengonsumsi makanan, tubuh memanfaatkan energi kimia dalam ikatan makanan dan mengubahnya menjadi energi mekanik, bentuk baru dari energi kimia atau energi panas.

Mitokondria adalah organel yang terdapat dalam sel, yang memiliki peran dalam respirasi sel. Di dalam mitokondria, energi kimia digunakan untuk mengubah karbohidrat, protein, dan lemak. Metabolisme merupakan rangkaian reaksi kimia yang diawali oleh substrat awal dan diakhiri dengan produk akhir, yang terjadi dalam sel. Dalam reaksi biokimia terjadi perubahan energi dari satu bentuk ke bentuk yang lain, misalnya energi kimia dalam bentuk senyawa Adenosin Trifosfat (ATP) diubah menjadi energi gerak untuk melakukan suatu aktivitas seperti bekerja, berlari, berjalan, dan lain-lain.

## PERTANYAAN

- 1) Tuliskan komponen komponen ekosistem ?
- 2) Jelaskan bagaimana proses transfortasi energi dalam biologi ?
- 3) Bagaimana peranan ATP dalam sistem daur ulang metabolisme ?
- 4) Jelskan bagaimaa proses fermentasi ?
- 5) Tuliskan bentuk b-bentuk energy potensial dan penyebab timbul nya energipotensial ?
- 6) Jelaskan pengertian energy kinetik ?
- 7) Tuliskan ayat Al-Quran yang menjelaskan tentang energi ?
- 8) Jelaskan bentuk -bentuk energi dan contoh nya ?
- 9) Di mana proses transformasi sel terjadi ?
- 10) Jelaskan proses respirasi ?

## GLOSARIUM

### A

<b>Adaptasi</b>	: Proses menyesuaikan diri
<b>Aerobik</b>	: Membutuhkan oksigen.
<b>Anaerobik</b>	: Tidak membutuhkan oksigen
<b>Anabolisme</b>	: Proses biosintesis.
<b>ATP</b>	: Nukleotida yang ada dalam biokimia.

### D

<b>Daur ATP</b>	: Sumber energi untuk metabolisme didalam berlangsung
<b>DNA</b>	: Deoxyribose nucleic acid.

### E

<b>Eukariotik</b>	: Sudah memiliki membrane inti sel.
<b>Eukariota</b>	: Organisme dengan sel yang memiliki nukleus.
<b>Energi</b>	: Proses perubahan energi dari satu bentuk ke bentuk lain
<b>Energi Potensial</b>	: Suatu energi yang memiliki benda karena keadaan .
<b>Energi Kinetik</b>	: Energi yang memiliki benda saat bergerak.
<b>Energi Kimia</b>	: Energi yang tersimpan dalam senyawa-senyawa kimia.
<b>Energi Listrik</b>	: Timbul dan perpindahan muatan-muatan listrik.
<b>Energi Cahaya</b>	: Energi yang bersumber dari energi matahari.
<b>Energi Otot</b>	: Energi yang di hasilkan oleh otot tubuh.
<b>Energi Bunyi</b>	: Energi yang dihasilkan oleh getaran benda.
<b>Energi Nuklir</b>	: Energi yang terjadi karena adanya reaksi fisik atau reaksi.

### F

<b>Fermentasi</b>	: Terjadi dalam kondisi di mana tidak ada oksigen.
<b>Fotosintesis</b>	: Proses biokimia pembentukan karbohidrat
<b>Fleksibel</b>	: Lentur atau mudah diatur.

### G

<b>Glikolisis</b>	: Serangkaian reaksi biok.
<b>Glukosa</b>	: salah satu hasil fotosintesis.
<b>Glikoprotein</b>	: Protein yang mengalami modifikasi dengan oligosakarida

### K

<b>Karbohidrat</b>	: Senyawa kimia yang tersusun oleh unsur-unsur karbon.
<b>Katabolisme sel</b>	: Keteraturan yang terjadi di dalam setiap unsur subatomik.
<b>Katabolisme</b>	: penguraian gula sebagai penggunaan oksigen.
<b>Klorofil</b>	: Zat hijau daun yang terdapat dalam organel.
<b>Kloroplas</b>	: Suatu anggota terpesialisasi dari famili organel- organel.

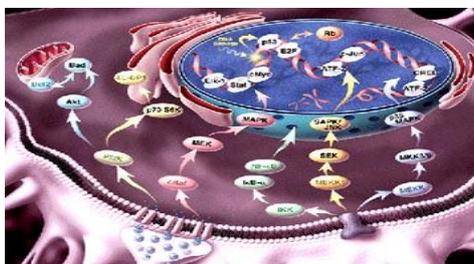
<b>Kondroplas</b>	: Sel - sel pembentuk tulang rawan.
<b>Kolestrol</b>	:Substansi lemak seperti lilin.
<b>L</b>	
<b>Lemak</b>	: Menyediakan energi sebesar 9 kalori /gram.
<b>Lisosom</b>	: Organel sel berupa kantong terikat .
<b>Lipida</b>	: Kelompok molekul alami meliputi lemak, protein.
<b>M</b>	
<b>Mitokondria</b>	: Organel yang terdapat di dalam sel.
<b>Matahari</b>	: Planet yang mengandung pembakaran api.
<b>Metabolisme</b>	:Reaksi kimia yang terjadi di organisme.
<b>Membran</b>	: Selaput, kulit tipis.
<b>Membran sel</b>	: Selaput yang melapisi sel
<b>Protein</b>	: Senyawa kimia yang mengandung unsur C.
<b>Prokariotik</b>	: Makhluk hidup yang tidak memiliki inti sel
<b>R</b>	
<b>Respirasi</b>	: Proses respirasi energi berasal dari metabolisme glukosa.
<b>S</b>	
<b>Sel</b>	: Unit terkecil organisme.
<b>Selulosa</b>	: Senyawa organik yang terdiri dari rantai linear.
<b>Sitoplasma</b>	: Keseluruhan isi sel yang di batasi membran plasma.
<b>Sel Lemak</b>	: Sel khusus menyimpan lemak.
<b>Sel Prokariotik</b>	: Sel yang tidak memiliki membran inti.
<b>Sel Eukariotik</b>	:Sel yang tidak memiliki membran inti.
<b>Sel Sertoli</b>	: Sel yang berfungsi menyediakan sumber makanan
<b>Sitoskeleton</b>	: Jaringan protein filament terdiri dari mikro filamen.
<b>T</b>	
<b>Transformasi</b>	: Perubahan energi dari bentuk satu ke bentuk lain.
<b>Turba Falovi</b>	: Buluh Rahim
<b>Tilakoid</b>	: Kompartemen yang terikat membrane
<b>O</b>	
<b>Organel</b>	: Suatu struktur yang berfungsi pada sitoplasma.
<b>Osmosis</b>	: Perpindahan molekul pelarut melalui semipermeabel.
<b>Ovulasi</b>	:Proses pengeluaran ovum dari folikel pada ovarium
<b>Organisme</b>	:Makhluk hidup.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad A.K. 2009. **Kamus Biologi**. Jakarta: Gita Media Press
- Campbell.2008.**Biologi Energi**. Jakarta:Yudistira
- Diah Aryulina 2009 **Macam - Macam Energi**,Jakarta : Yudistira.
- Kimbal.1987. **Biologi Edisi Ke Lima Jilid I**. Jakarta Erlangga
- Lusi.1987.**Biologi Energi**.Yogyakarta:Erlangga
- Poedjiadi, Anna. dan Supriyanti, Titin. 2006 **Biokimia**. Jakarta: UI-Press
- Rohmah, Zuliyanti. 2011. **Biologi Energi**. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Sidabutar.2013.**Fisiologi Hewan**. Medan: FMIPA Unimed
- Siti Nur Rohmah.2012.**Biologi Energi**. Jakarta: Erlangga
- Soemarwoto.2004. **Biologi Umum 3**. Jakarta: Erlangga
- Solikhin.2009.**Biologi SMA/ MA Kelas XII Semester 2**:Pemendiknas
- Susanti.2008. **Biologi Energi Jakarta**: Yudhistira.
- Sridanti. 2013. **Transformasi Energi Dalam Sel**.Padang: Universitas UNP
- Susan.2016.**Transformasi energi Biologi**.Surabaya:Erlangga.
- Sumadi, 2007.**Biologi Energi**.Yogyakarta : Graha Ilmu

## BAB VII KOMUNIKASI SEL

### 7.1. Pengertian Komunikasi Sel



Gambar 7.1 Komunikasi Sel

<https://www.biologi-sel.com/2012/11/komunikasi-antar-sel.html>

Komunikasi sel ke sel adalah mutlak bagi organisme multi seluler, misalnya manusia dan pohon ek. Triliunan sel dalam organisme multi seluler harus berkomunikasi satu sama lain untuk mengoordinasikan aktivitasnya dalam suatu cara yang memungkinkan organisme berkembang dari telur. Yang dibuahi, kemudian bisa bertahan hidup dan bereproduksi sendiri, komunikasi diantara sel-sel juga penting bagi banyak organisme uniseluler. Jejaring komunikasi diantara sel-sel jauh lebih rumit dari pada *World Wide Web*. Komunikasi sel dapat didefinisikan juga yaitu adalah interaksi antara satu sel dengan sel lainnya ataupun antara sel dengan lingkungannya.<sup>61</sup>

#### Perkembangan Awal Pensinyalan Sel

Beberapa ahli biologi telah menemukan beberapa mekanisme universal untuk regulasi seluler, bukti tambahan terhadap adanya kekerabatan evolusioner diantara semua makhluk hidup. Satu set kecil mekanisme pensinyalan sel yang sama muncul lagi dan lagi dalam berbagai bidang riset biologi mulai dari perkembangan embrio, kerja hormone, sampai kanker. Dalam satu contoh, suatu jalur umum pensinyalan sel ke sel menyebabkan pelebaran pembuluh darah. Begitu sinyal itu lenyap, respons dihentikan oleh enzim yang ditunjukkan dengan warna ungun, pada gambar tersebut ditunjukkan pula molekul berwarna warni yang menghalangi kerja enzim tersebut dan menjaga pembuluh darah tetap melebar. Senyawa penghambat enzim seperti ini sering diresepkan untuk mengobati gangguan medis. Kerja dari senyawa yang berwarna - warni ini yang disebut Viagra. Sinyal yang diterima sel, baik yang berasal dari sel lain maupun dari perubahan lingkungan fisik, terdapat dalam berbagai bentuk, termasuk cahaya dan sentuhan. Akan tetapi, sel paling sering berkomunikasi satu sama lain melalui sinyal kimiawi.

<sup>61</sup>Campbell, Neil A. 2004. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 3*. Penerbit Erlangga : Jakarta

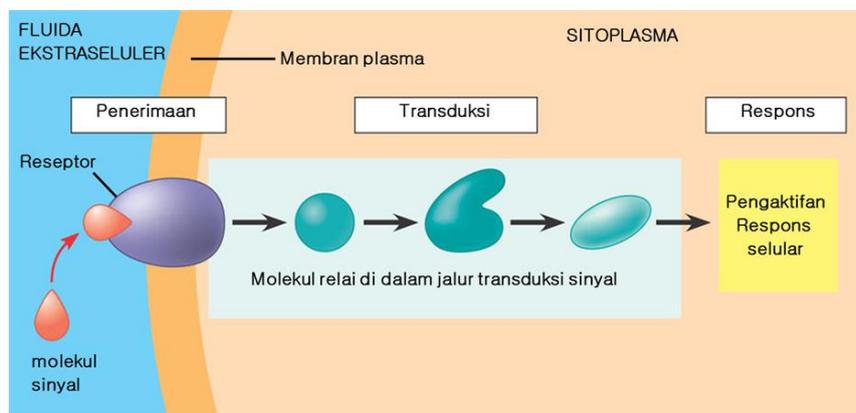
## Evolusi Pensinyalan Sel

Ilmuwan berpikir bahwa mekanisme pensinyalan pertama kali berevolusi pada prokariota purba dan eukariota bersel tunggal dan kemudian diadopsi untuk berbagai kegunaan baru oleh keturunan multiseluler organisme tersebut. Sementara itu pensinyalan sel tetap penting bagi dalam dunia mikroba. Sel pada banyak spesies bakteri menyekresikan molekul kecil yang dapat dideteksi oleh sel bakteri lain. Konsentrasi molekul sinyal semacam itu memungkinkan bakteri mengindra densitas lokal sel bakteri, suatu fenomena yang disebut *pengindraan kuorum (quorum sensing)*. Terlebih lagi, pensinyalan diantara anggota-anggota suatu populasi bakteri dapat menjadi dasar koordinasi dari aktivitas sel-sel tersebut. Sebagai respons terhadap sinyal, sel-sel bakteri mampu berkumpul dan membentuk *biofilm*, agregasi bakteri yang sering kali membentuk struktur-struktur yang dapat dikenali dan mengandung wilayah-wilayah dengan fungsi yang terspesialisasi.

### A. Tahapan Pensinyalan Sel

Ada tiga tahap "**Pensinyalan Sel**" adalah penerimaan, transduksi, dan respons, pemahaman tentang bagaimana mesenjer kimiawi bertindak melalui jalur transduksi sinyal bermula dari penelitian yang dipelopori oleh **Earl W. Sutherland**, yang membuatnya meraih hadiah Nobel pada tahun 1971.<sup>62</sup>

Dengan demikian, kerja awal Sutherland ini menunjukkan bahwa proses yang berlangsung pada ujung penerima percakapan seluler dapat dipenggal menjadi tiga tahap: *penerimaan, transduksi, dan respons*.



Gambar 7.2 Penerimaan, Transduksi, dan Respons

<http://azuyaputri.blogspot.com/2012/12/v-behaviorurldefaultvml 4203.html>

1. **Penerimaan (reception)** sinyal merupakan pendektaksian sinyal yang dapat dari luar sel oleh sel target. Sinyal kimiawi terdeteksi apabila sinyal itu terikat pada protein seluler, biasanya pada permukaan sel yang bersangkutan.
2. **Pengikatan Molekul** sinyal mengubah protein reseptor, dengan demikian mengawali (menginisiasi) proses transduksi. Tahap transduksi ini mengubah sinyal menjadi suatu bentuk yang dapat menimbulkan respons seluler spesifik. Pada sistem Sutherland, pengikatan epinefrin ke bagian luar protein reseptor dalam membran plasma sel hati berlangsung melalui serangkaian langkah

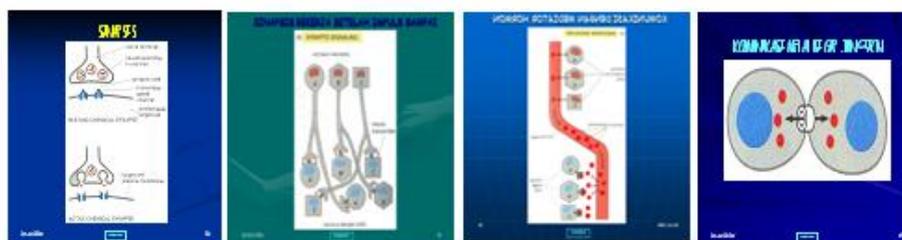
<sup>62</sup>Campbell, Neil A. 2004. *Biologi Edisi Kelima Jilid 1*. Penerbit Erlangga : Jakarta

untuk mengaktifkan glikogen fosforilase. Transduksi ini kadang-kadang terjadi dalam satu langkah, tetapi lebih sering membutuhkan suatu urutan perubahan dalam sederetan molekul yang berbeda jalur transduksi sinyal. Molekul di sepanjang jalur itu sering disebut molekul relai.

3. **Pada Tahap Ketiga Pensinyalan Sel**, sinyal yang ditransduksi akhirnya memicu respons seluler spesifik. Respons ini dapat berupa hampir seluruh aktivitas seluler seperti katalisis oleh suatu enzim seperti glikogen fosforilase, penyusunan ulang sitoskeleton, atau pengaktifan gen spesifik didalam nukleus. Proses pensinyalan sel membantu memastikan bahwa aktivitas penting seperti ini terjadi pada sel yang benar, pada waktu yang tepat, dan pada koordinasi yang sesuai dengan sel lain dalam organisme bersangkutan. Kita sekarang akan mengeksplorasi mekanisme pensinyalan sel secara lebih rinci.

## B. Metoda Penyampaian Sinyal

- a. Komunikasi langsung yaitu komunikasi antar sel yang sangat berdekatan karena mentransfer sinyal listrik (ion-ion)
- b. Komunikasi lokal adalah komunikasi yang terjadi melalui zat kimia yang dilepaskan kecairan ekstrasel yang berdekatan ataupun kepada sel-sel yang berada jauh letaknya.
- c. Komunikasi jarak jauh adalah komunikasi yang berlangsung melalui sinyal listrik yang dihantarkan sel syaraf dan atau sinyal kimia (hormon dan neurohormon)
- d. Dengan membentuk gap junction sehingga terjadi hubungan sitoplasma dari kedua sel yang berkomunikasi tersebut.



Gambar 7.3 Penyampaian Sinyal

<http://2.bp.blogspot.com/-t-jIOLPxEHw/VAr1DVQSSil/quo-YqsI7ny4/s1600/c.png>

## C. Penerimaan Sinyal dan Inisiasi Transduksi

- a. Molekul sinyal terikat pada protein reseptor, menyebabkan protein berubah bentuk sel yang menjadi target sinyal kimiawi tertentu memiliki molekul yang berupa protein reseptor yang akan mengenali molekul sinyal. Molekul sinyal ini mempunyai bentuk yang berkomplementer dengan tempat spesifik pada reseptor dan molekul ini terikat dengan tempat tersebut, seperti kunci pada gembok atau seperti substrat dalam sisi katalitik enzim. Molekul sinyal ini berperilaku seperti ligan, istilah untuk molekul kecil yang terikat secara spesifik pada molekul yang lebih besar. Pengikatan ligan ini umumnya menyebabkan

protein reseptor mengalami perubahan konformasi dengan kata lain, berubah bentuk. Untuk banyak reseptor, perubahan bentuk ini langsung mengaktifkan reseptor sehingga dapat berinteraksi dengan molekul seluler lainnya. Untuk jenis reseptor lain, seperti yang akan segera kita lihat, pengaruh yang segera dari pengikatan ligan ini lebih terbatas, terutama menyebabkan berkumpulnya dua atau lebih molekul reseptor.

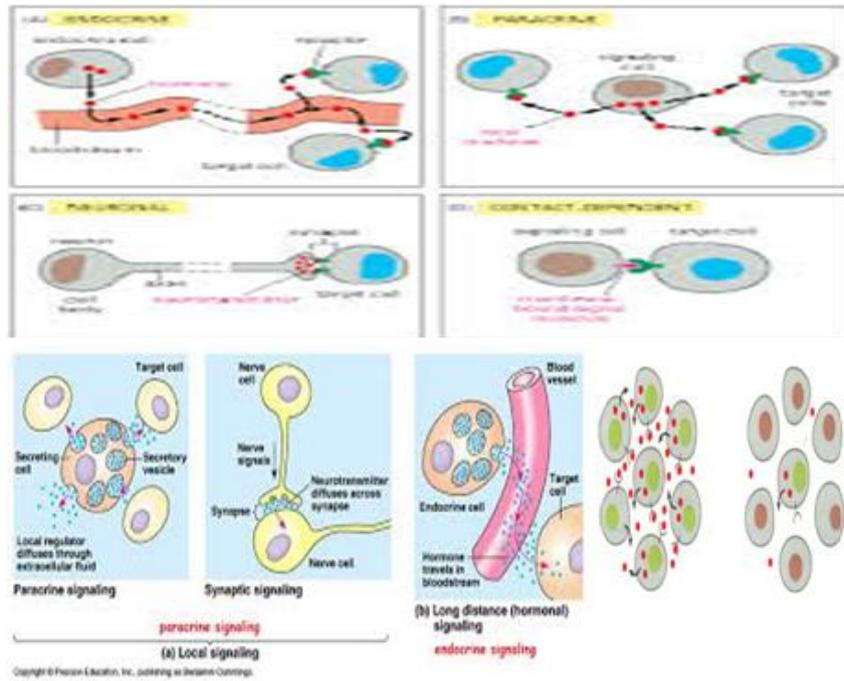
- b. Sebagian besar reseptor sinyal merupakan protein membran plasma sebagian besar molekul sinyal terlarut dalam air dan terlalu besar untuk dapat lewat secara bebas melalui membran plasma tetapi seperti yang dipelajari **Sutherland** tentang epinefrin, molekul sinyal ini tetap mempengaruhi aktivitas seluler seperti faktor pasangan rasi. Sebagian besar molekul sinyal terlarut melekat pada tempat-tempat spesifik pada protein reseptor yang tertanam dalam membran plasma sel. Reseptor seperti itu menyalurkan informasi dari lingkungan ekstraseluler ke bagian dalam sel dengan mengubah bentuk atau mengumpulkan ketika ligan spesifik melekat padanya.

#### **D. Tipe penyampaian molekul sel dalam komunikasi sel**

- a. *Endokrin* adalah sel target jauh dengan media hormon yang dibawa oleh pembuluh darah.
- b. *Parakrin* adalah sel penyekresi bekerja pada sel-sel target yang berdekatan dengan melepas molekul regulator lokal (misalnya faktor pertumbuhan ) kedalam cairan luar sel.
- c. *Autokrin*, adalah sel responsif terhadap substansi yang dihasilkan oleh sel itu sendiri atau dengan kata lain sel penghasil mediator berperan juga sebagai sel sasaran.
- d. *Sinaptik* adalah tipe pensinyalan jarak jauh melalui sistem persarafan. Sel saraf melepaskan molekul neurotransmiter kedalam sinapsis sehingga merangsang sel target.<sup>63</sup>

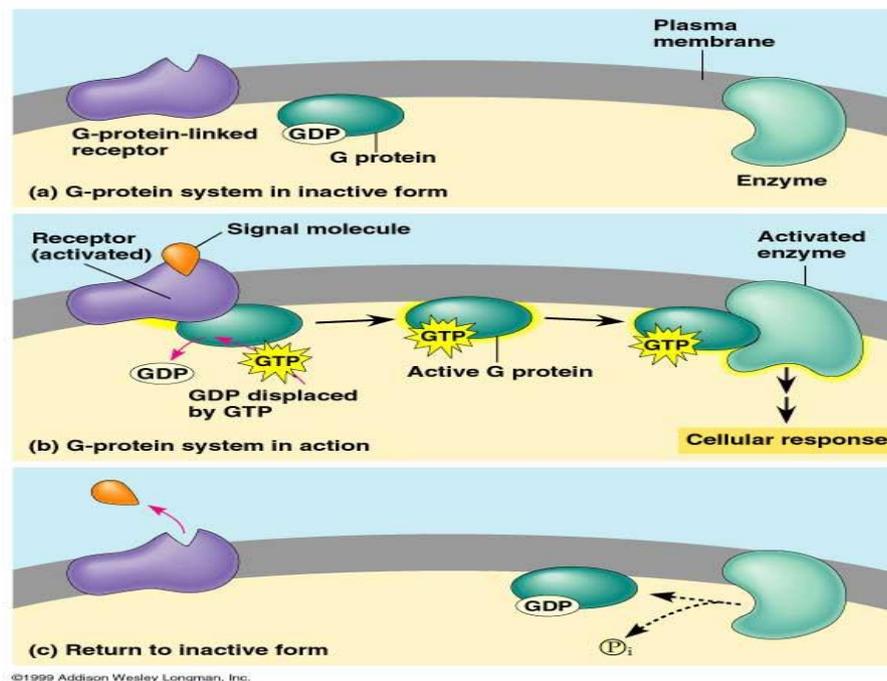
---

<sup>63</sup>Campbell, Neil A. 2004. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 3*. Penerbit Erlangga : Jakarta



Gambar 7.4. Endokrin, Parakrin, Autokrin, Sinaptik  
<http://4.bp.blogspot.com/-FM2NIOvit94/VAr00iUAQwI/AAAAAAAAABE/5IG2prtIhg0/s1600/b.png>

### E. Reseptor Terkait Protein G



Gambar 7.5. Reseptor Protein G  
<http://medicandmoeslem.blogspot.com/>

Reseptor terkait protein G merupakan reseptor membran plasma yang bekerja dengan bantuan suatu protein yang disebut **“protein G”**. Banyak molekul sinyal yang berbeda menggunakan reseptor terkait protein G termasuk faktor pasangan

ragi, epinefrin dan banyak normone lain, serta neurontransmitter, reseptor ini bervariasi dalam hal tempat pengikatan untuk mengenali molekul sinyal dan untuk mengenali protein G yang berbeda di bagian dalam sel.

Protein G terikat secara lemah pada sisi sitoplasmik membran, dan berfungsi sebagai saklar yang dapat di ON kan di OFF kan tergantung pada yang mana diantara kedua nukleotida guanime yang diletakan yaitu GDP atau GTP.

Sistem reseptor protein G sangat luas dan bermacam macam fungsinya. Di samping fungsi-fungsi yang telah disebutkan sebelumnya, sistem ini penting dalam perkembangan embrio. Misalnya embrio tikus mutan yang tidak mempunyai protein G tertentu pembuluh darahnya tidak berkembang secara normal dan embrio mati didalam rahim. Selanjutnya, protein G terlibat dalam penerimaan indera.

#### F. Reseptor dalam intraseluler

Reseptor ini terletak pada sitoplasma atau pada nukleus target. Untuk mencapai reseptor ini pembawa pesan kimiawi menembus membran plasma sel target. Molekul sinyal yang dapat melakukan hal ini adalah hormon steroid dan tiroid karena termasuk pembawa pesan yang sifatnya hidrofobik.

Reseptor intraseluler adalah reseptor protein yang tidak berada pada membran sel melainkan pada sitoplasma atau nukleus. Sinyal harus melewati membran plasma terlebih dahulu sebelum bertemu dengan reseptor jenis ini (karena ukuran molekul kecil dapat melewati membran atau merupakan lipid sehingga terlarut dalam membran). Sinyal kimiawi dengan reseptor intraseluler misalnya hormon steroid (testosteron) dan tiroid hewan yang berupa lipid serta molekul gas kecil oksida nitrat.

Mekanisme jalur transduksi sinyal (jalur-jalur merelai sinyal dari reseptor ke respon seluler) seperti berikut:

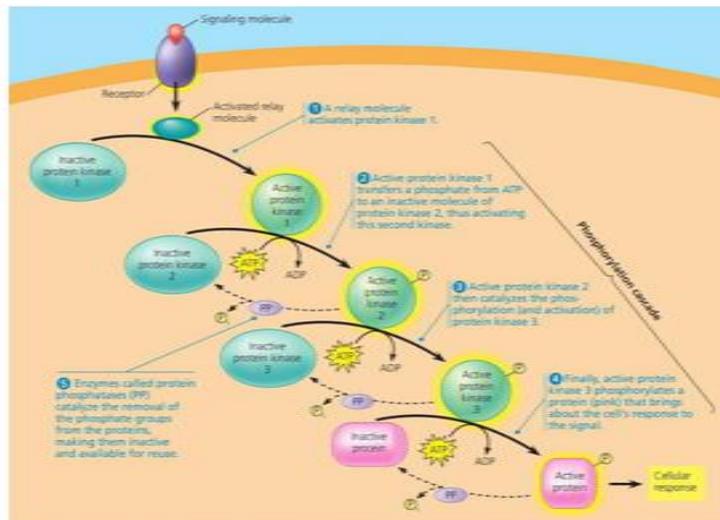
- Molekul yang merelay sinyal dari reseptor ke respon disebut molekul relay (sebagian besar merupakan protein).
- Molekul sinyal awal secara fisik tidak dilewatkan jalur pensinyalan (molekul sinyal bahkan tidak pernah masuk sel).

Sinyal direlai sepanjang suatu jalur, artinya informasi tertentu dilewatkan. Pada tiap tahap sinyal ditransduksi menjadi bentuk berbeda yaitu berupa perubahan konformasi suatu protein yang disebabkan oleh fosforilasi. Fosforilasi protein merupakan suatu cara pengaturan yang umum dalam sel dan merupakan mekanisme utama transduksi sinyal.

Jalur pensinyalan bermula ketika molekul sinyal terikat pada reseptor reseptor ini kemudian mengaktifkan satu molekul relai, yang mengaktifkan protein kinase 1. Protein kinase 1 aktif ini mentransfer satu fosfat dari ATP ke molekul protein kinase 2 yang inaktif, sehingga akan mengaktifkan kinase kedua ini. Akibatnya, protein kinase 2 yang aktif ini mengkatalisis fosforilasi (dan aktivasi) protein kinase 3. Akhirnya protein kinase 3 aktif ini memfosforilasi protein yang menghasilkan respons akhir sel atas sinyal tadi. Enzim fosfatase mengkatalisis pengeluaran gugus fosfat.

Molekul kecil dan ion kecil tertentu merupakan komponen utama jalur pensinyalan (second messenger), seperti AMP siklik (cAMP) dan  $Ca^{2+}$ , berdifusi

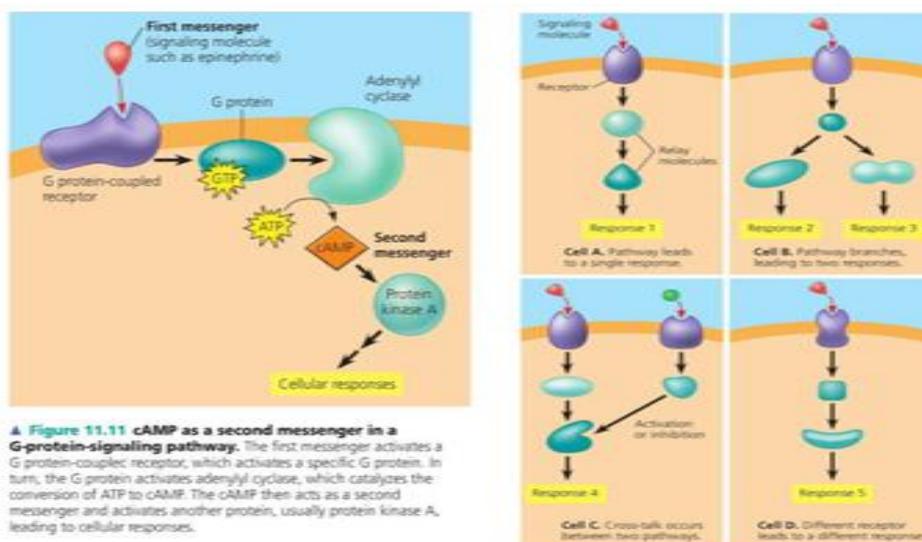
melalui sitosol sehingga membantu memancarkan sinyal ke seluruh sel secara cepat.

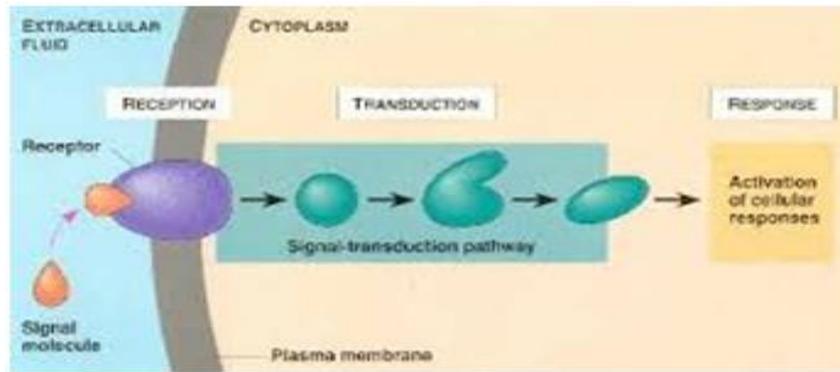


Gambar 7.6. Reseptor dalam intarseluler  
<http://3.bp.blogspot.com/-bAbBTkvm8Ns/VAr8GgwyTZI/Qx-Yo7LKNGQ/s1600/i.png>

Respon akhir sel terhadap sinyal ekstraseluler disebut respon keluaran. Respon sel terhadap sinyal berfungsi untuk mengatur aktivitas dalam sitoplasma atau transkripsi dalam nukleus.

Kekhususan pensinyalan sel menentukan molekul sinyal apa yang akan diresponnya dan sifat responnya. Keempat sel dalam diagram merespon molekul sinyal dengan cara yang berbeda karena masing-masing memiliki kumpulan protein yang berbeda. Diagram sel A merupakan diagram jalur pensinyalan dengan satu respon tunggal. Diagram sel B merupakan diagram jalur pensinyalan dengan jalur bercabang sehingga





Gambar 7.7. Reseptor dalam intarseluler  
<http://3.bp.blogspot.com/-bAbBTkvm8Ns/VAr8GgwyTZI/Qx-Yo7LKNQ/s1600/i.png>

Memunculkan dua respon yang berbeda. Diagram sel C merupakan diagram jalur pensinyalan dengan reaksi saling-sapa di antara kedua jalur yang membuat sel dapat memadukan informasi dari kedua sinyal yang berbeda. Diagram sel D merupakan diagram jalur pensinyalan dengan reseptor yang berbeda dengan reseptor pada sel A, B dan C.

## 7.2. Komunikasi Sel Terpisah Atau Berdekatan



Gambar 7.8. Komunikasi sel jarak dekat atau jarak jauh pada hewan  
<https://www.slideshare.net/FaisalHusaini/biologi-jilid-1>

Seperti mikroba, sel dalam organisme multiseluler biasanya berkomunikasi dengan melepas pembawa pesan (kimiawi) yang ditujukan untuk sel yang jauh. Sebagian pesan hanya menempuh jarak dekat. Sel pengirim mensekresi molekul pengatur lokal, suatu substansi yang mempengaruhi sel yang didekatnya. Suatu kelas pengatur lokal pada hewan, yaitu faktor pertumbuhan, merupakan senyawa yang akan merangsang sel target didekatnya secara bersamaan. Tipe pensinyalan sel jarak dekat pada hewan disebut pensinyalan parakrin.

Tipe lain dari pensinyalan sel jarak dekat yang lebih terspesialisasi terjadi pada sistem saraf hewan. Disini sel saraf menghasilkan sinyal *kimiawi, neurotransmitter* yang berdifusi ke sel target tunggal yang hampir menyentuh sel pertama. Sinyal listrik yang dihantarkan disepanjang saraf memicu sekresi molekul neurotransmitter kedalam sinapsis, ruang sempit diantara sel saraf dan sel targetnya. Karena sel saraf spesifik begitu berdekatan pada sinapsis, sinyal saraf dapat merambat dari otak anda ke ibu jari kaki anda misalnya, tanpa menyebabkan respon yang tidak diperlukan dalam bagian tubuh anda lainnya.<sup>64</sup>

Pensinyalan jarak dekat pada tumbuhan kurang begitu dipahami. Karena adanya dinding sel, tumbuhan harus menggunakan mekanisme yang berbeda dari mekanisme yang beroperasi dalam jarak dekat pada hewan.

Baik hewan maupun tumbuhan menggunakan bahan kimiawi yang disebut hormon untuk pensinyalan ketempat yang lebih jauh. Pada pensinyalan hormonal hewan, yang dikenal juga sebagai pensinyalan endokrin, sel terspesialisasi melepaskan molekul hormon kedalam pembuluh pada sistem peredaran, kemudian melalui sistem ini hormon tersebut mengalir ke sel target pada bagian tubuh lainnya. Pada tumbuhan, hormon kadang-kadang mengalir dalam pembuluh tetapi lebih sering mencapai targetnya dengan cara bergerak melalui sel atau dengan berdifusi melalui udara sebagai gas.

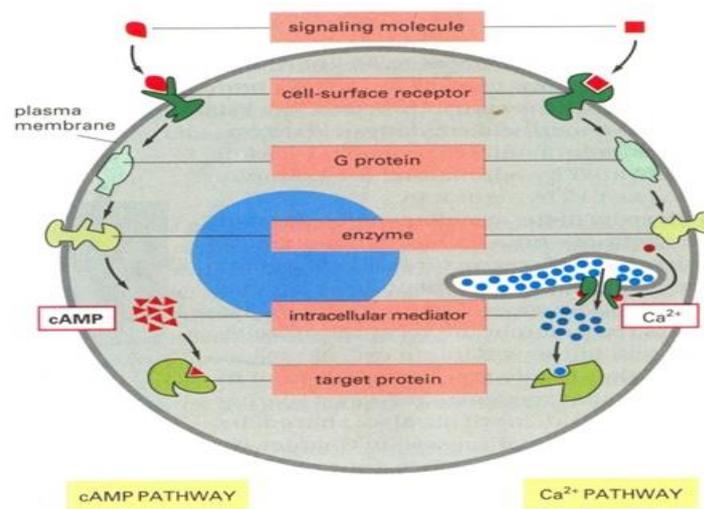
Hormon mempunyai ukuran molekuler dan tipe yang sangat berbeda-beda, seperti juga pada pengatur lokal. Misalnya, hormon tumbuhan etilen, gas yang merangsang pematangan buah dan membantu mengatur pertumbuhan, merupakan hidrokarbon yang hanya memiliki 6 atom ( $C_2H_4$ ). Sebaliknya hormon insulin mamalia, yang mengatur kadar gula dalam darah, merupakan protein dengan ribuan atom.

Sel juga dapat berkomunikasi dengan cara kontak langsung, baik hewan maupun tumbuhan memiliki junction (sambungan) sel yang bila memang ada memnerikan kontinuitas sitoplasmik diantara sel-sel yang berdekatan. Dalam kasus ini bahan pensiyalan yang larut dalam sitosol dapat dengan bebas melewati sel yang berdekatan. Disamping itu, sel hewan mungkin berkomunikasi melalui kontak langsung diantara molekul-molekul pada permukaannya. Jenis pensinyalan ini penting dalam perkembangan embrio dan dalam pengoperasian sistem imun.

---

<sup>64</sup>Tjitrosomo, Siti Soetarmi dan Nawangsari Sugiri. 1996. *Biologi Edisi Kelima*. Penerbit Erlangga : Jakarta

## A. Second Messenger



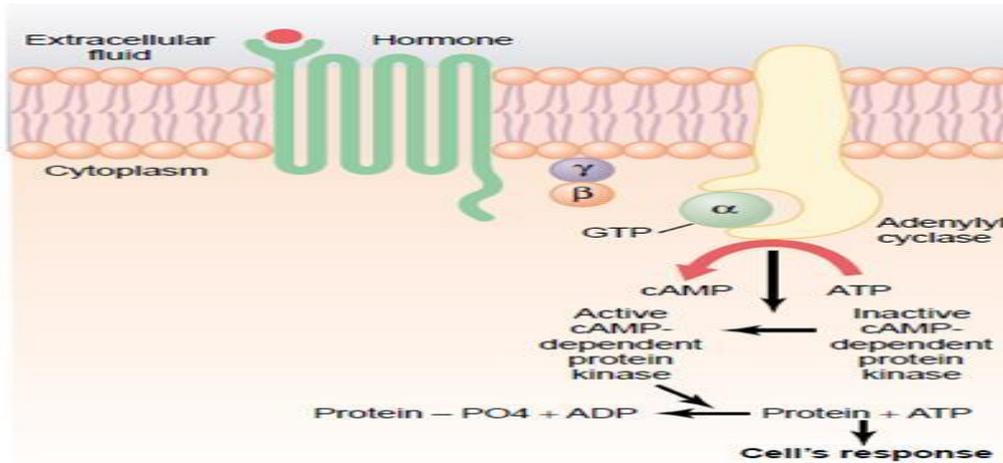
Gambar 7.9 Second Messenger

[http://2.bp.blogspot.com/-IxRIRk0tayQ/VAr9j0f61\\_I/kGFiSHDvVqU/s1600/l.png](http://2.bp.blogspot.com/-IxRIRk0tayQ/VAr9j0f61_I/kGFiSHDvVqU/s1600/l.png)

Second messenger merupakan jalur pensinyalan yang melibatkan molekul atau ion kecil nonprotein yang terlarut dalam air, sedangkan molekul sinyal ekstraseluler yang mengikat reseptor membran merupakan jalur first messenger. Second messenger lebih kecil dan terlarut dalam air, sehingga dapat segera menyebar keseluruh sel dengan berdifusi. Second messenger berperan serta dalam jalur yang diinisiasi reseptor terkait protein-G maupun reseptor tirosin-kinase. Dua contoh second messenger yang paling banyak digunakan ialah:

### a. AMP siklik

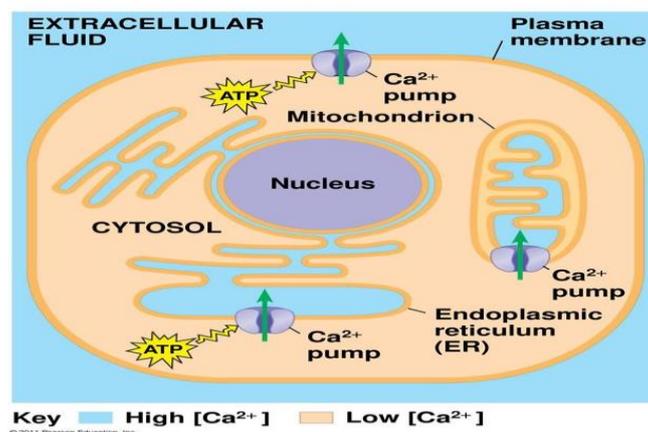
Second messenger ini yang membawa sinyal yang diinisiasi epinefrin dari membrane plasma sel hati atau otot ke bagian dalam sel, dimana sinyal itu menyebabkan pemecahan glikogen. Pengikatan epinefrin pada membrane plasma sel hati akan meningkatkan senyawa adenosine monofosfatsiklik, yang disingkat AMP siklik atau cAMP. Camp ini diaktifkan oleh adenilat siklase yang mengkatalisa perombakan ATP. cAMP atau aliran ion tadi dapat membuat perubahan pada perilaku sel, dan mereka disebut messenger sekunder atau mediator intraseluler yang mana akan merangsang metabolisme sel lewat aktivitas protein kinase.



Gambar 7.10 AMP Siklik  
<http://4.bp.blogspot.com/-FM2NIOvit94/5IG2prtIhg0/s1600/b.png>

### b. Ion kalsium

Banyak molekul sinyal pada hewan, termasuk neurotransmitter, faktor pertumbuhan dan sejumlah hormon menginduksi respon pada sel targetnya melalui jalur transduksi sinyal yang meningkatkan konsentrasi ion kalsium sitosolik. Peningkatan konsentrasi ion kalsium sitosolik menyebabkan banyak respon pada sel hewan. Sel menggunakan ion kalsium sebagai second messenger dalam jalur protein-G dan jalur reseptor tirosin kinase. Dalam merespon sinyal yang direlai oleh jalur transduksi sinyal, kadar kalsium sitosolik mungkin meningkat, biasanya oleh suatu mekanisme yang melepaskan ion kalsium dari RE biasanya jauh lebih tinggi daripada konsentrasi dalam sitosol. Karena kadar kalsium sitosol terendah, perubahan kecil pada jumlah absolute ion akan menggambarkan persentase perubahan yang relative tinggi pada konsentrasi kalsium.



Gambar 7.11 Ion Kalsium  
[http://2.bp.blogspot.com/-IxRIRk0tayQ/VAr9j0f61\\_I/s1600/l.png](http://2.bp.blogspot.com/-IxRIRk0tayQ/VAr9j0f61_I/s1600/l.png)

## KESIMPULAN

Perkembangan awal pensinyalan sel beberapa ahli biologi telah menemukan beberapa mekanisme universal untuk regulasi seluler, bukti tambahan terhadap adanya kekerabatan evolusioner diantara semua makhluk hidup. Satu set kecil mekanisme pensinyalan sel yang sama muncul lagi dan lagi dalam berbagai bidang riset biologi mulai dari perkembangan embrio, kerja hormon, sampai kanker. Dalam satu contoh, suatu jalur umum pensinyalan sel ke sel menyebabkan pelebaran pembuluh darah. Ada tiga tahap pensinyalan sel adalah penerimaan, transduksi, respons, pemahaman tentang bagaimana pesan kimiawi bertindak melalui jalur transduksi sinyal bermula dari penelitian yang dipelopori oleh Earl W. Sutherland, yang membuatnya meraih hadiah Nobel pada tahun 1971.

Pengisyratan atau Pensinyalan adalah bagian sebuah sistem komunikasi yang sangat kompleks pada tingkat seluler yang mengatur aktifitas dan koordinasi antar sel. Reseptor Intraseluler adalah kelas reseptor yang diaktifkan ligan faktor transkripsi yang akan menghasilkan up atau down regulasi ekspresi gen. Berada didalam sel ( sitoplasma) atau di nukleus sel target. Respons sel memiliki dua manfaat penting: jalur itu mengamplifikasi sinyal (dan responsnya juga) serta menyediakan titik-titik yang berbeda, tempat respons sel dapat di regulasi.

## GLOSARIUM

<b>Autokrin</b>	: Sel responsif terhadap substansi yang dihasilkan oleh sel itu sendiri atau dengan kata lain sel penghasil mediator berperan juga sebagai sel sasaran
<b>Aplifikasi</b>	: Reaksi untuk meningkatkan jumlah salinan urutan DNA.
<b>Defosforilasi</b>	: Proses yang didalamnya terjadi penarikan gugus fosfat dari suatu senyawa.
<b>Difusi</b>	: Peristiwa mengalirnya suatu zat dalam pelarut dari bagian konsentrasi tinggi ke bagian konsentrasi rendah.
<b>Endokrin</b>	: Sel target jauh dengan media hormon yang dibawa oleh pembuluh darah
<b>Fosforilasi</b>	: Penambahan gugus fosfat pada suatu protein atau molekul organik lain.
<b>Hidrofilik</b>	: suatu senyawa yang dapat berkaitan dengan air.
<b>Hormon</b>	: Pembawa pesan kimia antar sel atau antar kelompok sel
<b>Ligan</b>	: Molekul sederhana yang dalam senyawa kompleks bertindak sebagai pendonor pasangan elektron.
<b>Molekul relay</b>	: Sebuah sinyal kimia yang terdeteksi ketika molekul sinyal mengikat ke reseptor yang mengubah bentuk reseptor.
<b>Parakrin</b>	: Sel penyekresi bekerja pada sel-sel target yang berdekatan dengan melepas molekul regulator lokal (misalnya faktor pertumbuhan ) kedalam cairan luar sel.
<b>Reseptor</b>	: Molekul protein yang menerima sinyal kimia dari luar sel.
<b>Respons</b>	: Reaksi terhadap rangsangan yang diterima oleh panca indera.
<b>Regulasi Transkripsi</b>	: Proses ekspresi gen adalah proses transformasi informasi genetik melalui transkripsi dan translasi untuk pembentukan protein dan enzim.
<b>Sinapsis</b>	: Titik temu antara terminal akson salah satu neuron dengan neuron lainnya.
<b>Sel</b>	: Bagian terkecil dari tubuh makhluk hidup baik secara structural maupun fungsional.
<b>Transduksi</b>	: Rekombinasi gen antara sel bakteri dengan menggunakan virus fag.

## PERNYATAAN

1. Apakah yang dimaksud komunikasi sel ?
2. Sebutkan tahapan yang ada pada pensinyalan sel ?
3. Jelaskan secara singkat evolusi pensinyalan sel ?
4. Organisme multiseluler yang membawa pesan disebut juga ?
5. Pada pensinyalan hormonal pada hewan disebut juga pensinyalan ?
6. Sebutkan 2 nukleotida guanine yang melekat pada protein G ?
7. Kenapa sebagian besar molekul sinyal terlarut melekat pada tempat-tempat spesifik pada protein reseptor yang tertanam dalam membran plasma sel ?
8. Mengapa pensinyalan jarak dekat pada tumbuhan kurang begitu dipahami ?
9. Kerja dari senyawa yang berwarna warni ini disebut ?
10. Pembagian tiga tahap pensinyalan sel di pelopori oleh ?

## DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, dkk. 2002. *Biologi Edisi Kelima Jilid 1*. Penerbit Erlangga : Jakarta
- Campbell, Neil A. 2004. *Biologi Edisi Kelima Jilid 1*. Penerbit Erlangga : Jakarta
- Campbell, Neil A. 2004. *Biologi Edisi Kedelapan Jilid 3*. Penerbit Erlangga : Jakarta
- Raven, dkk. 2004. *BIOLOGY Seventh Edition*. Boston: Mc Graw Hill
- Sloanne, Ethel. 2004. *AnatomidanFisiologiuntukPemula*. Jakarta: EGC
- Subowo. 2012. *BiologiSel*. Bandung:CVAngkasa
- Tjitrosomo, Siti Soetarmi dan Nawangsari Sugiri. 1996. *Biologi Edisi Kelima*. Penerbit Erlangga : Jakarta
- Yatim, Wildan. 1996. *Biologi Sel Lanjut*. Bandung: Tarsito