

BIOLOGI SEL

**M. Fiqri Baihaqi
Faika Nabila
Hasria Alang
Yuyun Nisaul Khairillah
Adelia Triwahyuni
Dwi Febriani Ningsih
Ninda Novita
Galih Dwiki Ramanda
Nur Jati Jagad
Sultan Adi Pratama
Annisa Nasywa Fahira
Anggraini Putri Utami
Ravi Aulia Febrianty**



GET PRESS INDONESIA

BIOLOGI SEL

Penulis : M. Fiqri Baihaqi

Faika Nabila

Hasria Alang

Yuyun Nisaul Khairillah

Adelia Triwahyuni

Dwi Febriani Ningsih

Ninda Novita

Galih Dwiki Ramanda

Nur Jati Jagad

Sultan Adi Pratama

Annisa Nasywa Fahira

Anggraini Putri Utami

Ravi Aulia Febrianty

ISBN :

Editor : Oktavianis, M.Biomed.

Tri Putri Wahyuni, S.Pd.

Penyunting: Mila Sari, M.Si.

Desain Sampul dan Tata Letak : Atyka Trianisa, S.Pd.

Penerbit : GET PRESS INDONESIA

Anggota IKAPI No. 033/SBA/2022

Redaksi :

Jl. Pasir Sebelah No. 30 RT 002 RW 001

Kelurahan Pasie Nan Tigo Kecamatan Koto Tengah

Padang Sumatera Barat

Website : www.getpress.co.id

Email : adm.getpress@gmail.com

Cetakan pertama, Agustus 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka Penulisan Buku dengan judul Biologi Sel dapat diselesaikan. Buku ini berisikan bahasan tentang sejarah penemuan sel dan teori sel, dinding sel, membran plasma, sitoplasma, ribosom, mitkondiria, aparatus golgi, lisosom, sentriol, inti sel, kloroplast, RE kasar dan halus dan sitoskeleton tujuan dari penulisan buku ini adalah untuk membantu mahasiswa, akademisi, dan kalangan umum untuk memahami biologi sel.

Buku ini masih banyak kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan buku ini selanjutnya. Kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Buku ini. Semoga Buku ini dapat menjadi sumber referensi dan literatur yang mudah dipahami.

Pontanak , Maret 2023
Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB 1 SEJARAH PENEMUAN SEL DAN TEORI SEL	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Sejarah Penemuan Sel	2
1.3 Teori Sel	8
DAFTAR PUSTAKA	11
BAB 2 DINDING SEL	12
2.1 Pendahuluan	12
2.2 Fungsi Dinding Sel	13
2.4 Struktur Dinding Sel	17
2.5 Perbandingan Dinding Sel Bakteri Gram Positif dan Gram Negatif	19
DAFTAR PUSTAKA	21
BAB 3 MEMBRAN SEL	22
3.1 Pendahuluan	22
3.2 Komposisi Kimia Membran Sel	23
3.3 Struktur Membran Sel	28
3.4 Fungsi Membran Sel	30
DAFTAR PUSTAKA	36
BAB 4 SITOPLASMA	37

4.1 Pendahuluan	37
4.2 Organel – Organel dalam Sitoplasma	40
4.2 Fungsi Sitoplasma	45
DAFTAR PUSTAKA	47
BAB 5 RIBOSOM.....	49
5.1 Pendahuluan	49
5.2 Struktur Ribosom.....	50
5.3 Jenis dan Fungsi Ribosom	52
5.4 Cara Kerja Ribosom dalam Tubuh	53
5.5 Ribosom pada Organel	54
DAFTAR PUSTAKA	55
BAB 6 MITOKONDRIA.....	56
6.1 Pendahuluan	56
6.2 Mitokondria.....	56
6.3 Struktur Mitokondria	59
6.4 Sifat dan Fungsi Mitokondria	60
DAFTAR PUSTAKA	65
BAB 7 APARATUS GOLGI	66
7.1 Pendahuluan	66
6.2 Aparatus Golgi	67
6.3 Struktur Aparatus Golgi.....	70
6.4 Fungsi Aparatus Golgi	72
DAFTAR PUSTAKA	74
BAB 8 LISOSOM.....	75
8.1 Pendahuluan	75
8.2 Struktur Lisosom.....	76
8.3 Jenis-Jenis Lisosom.....	78

8.4 Fungsi Lisosom	79
8.6 Enzim-Enzim Lisosom.....	85
DAFTAR PUSTAKA	88
BAB 9 SENTRIOL.....	89
9.1 Pendahuluan	89
9.2 Pengenalan Sentriol	90
9.3 Struktur Sentriol	90
9.4 Duplikasi sentriol dan pembelahan sel	92
9.5 Peran Sentriol pada Motilitas Sel.....	94
9.6 Sentriol pada Sel Tumor.....	95
DAFTAR PUSTAKA	97
BAB 10 INTI SEL.....	98
10.1 Pendahuluan	98
10.2 Inti sel	99
10.3 Struktur Inti Sel.....	100
10.4 Fungsi Inti Sel	103
10.5 Dinamika Inti Sel	105
BAB 11 KLOROPLAST	109
11.1 Pendahuluan	109
11.2 Pengertian dan Struktur Kloroplas	110
11.3 Fungsi Kloroplas.....	112
11.4 Lokasi Kloroplas	113
11.5 Cara Kerja Kloroplas	114
DAFTAR PUSTAKA	119
BAB 12 RETIKULUM ENDOPLASMA KASAR DAN HALUS.....	120
12.1 Pendahuluan	120

12.2 Struktur dan Fungsi Retikulum Endoplasma Kasar (REK).....	121
12.3 Struktur dan Fungsi Retikulum Endoplasma Halus (REH)	123
12.4 Interaksi Antara Retikulum Endoplasma Kasar dan Halus	124
12.4 Peran Retikulum Endoplasma dalam Penyakit dan Terapi.....	125
DAFTAR PUSTAKA	127
BAB 13 SITOSKELETON.....	128
13.1 Pendahuluan.....	128
13.2 Sitoskeleton	129
13.3 Sitoskeleton Sel Eukariotik dan Sel Prokariotik...	132
13.4 Peran Sitoskeleton	133
DAFTAR PUSTAKA	136
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Mikroskop buatan Leeuwenhoek	2
Gambar 1. 2 Galileo Galilei	4
Gambar 1. 3 Robert Hooke.....	4
Gambar 1. 4 Anton van Leeuwenhoek.....	5
Gambar 1. 5 Robert Brown	5
Gambar 1. 6 Matthias Schleiden.....	6
Gambar 1. 7 Rudolf Virchow	7
Gambar 3. 1 Membran Sel	22
Gambar 3. 2 Lapisan fosfolipid membran sel	23
Gambar 3. 3 Gerakan Molekul Lipid	24
Gambar 3. 4 Protein pada membran sel	26
Gambar 3. 5 Karbohidrat pada membran	27
Gambar 3. 6 Transpor senyawa melewati membran	31
Gambar 3. 7 Difusi	32
Gambar 3. 8 Osmosis.....	32
Gambar 3. 9 Contoh osmosis pada tumbuhan.....	33
Gambar 3. 10 Endositosis.....	35
Gambar 3. 11 Eksositosis.....	35
Gambar 4. 1 Struktur Sitoplasma	39
Gambar 4. 2. Struktur Mitokondria	41
Gambar 4. 3 Struktur Retikulum Endoplasma	43

BAB 1

SEJARAH PENEMUAN SEL DAN TEORI SEL

Oleh M. Fiqri Baihaqi

1.1 Pendahuluan

Istilah sel pertama kali digunakan oleh ahli botani Inggris Robert Hooke pada tahun 1665 untuk menunjukkan unit mikroskopis dalam gabus. Ia melihat pola lubang persegi panjang kecil pada irisan tipis gabus kulit kayu pohon ek dengan pembesaran hanya 30 kali. Dia kemudian melihat pola serupa pada tulang dan tanaman. Hooke melihat banyak pori-pori kecil di irisan gabus yang sangat tipis, yang dia pikir mirip dengan kompartemen berdinding sarang lebah. Karena hubungan ini, Hooke menggambarkan mereka sebagai "sel" atau "pori". Hooke juga melihat cairan dalam "kotak kecil" ini, yang memiliki kemampuan untuk berpindah dari satu sel ke sel lain dan akhirnya bersirkulasi. Namun, sulit bagi Hooke untuk mempelajari banyak tentang struktur dan organisasi internal karena pengamatannya dibatasi oleh kemampuan pembesaran mikroskopnya (Ribatti 2018).

Penemu mikroskop sederhana adalah Hans dan Zacharias Janssen. Mulanya mereka berdua memasang tabung yang diberi lensa. Alhasil benda yang diamati terlihat lebih besar. Pada akhirnya, Anthony van Leeuwenhoek terinspirasi membuat peralatan ini dengan memasang lensa yang lebih bagus. Hasilnya, benda yang terlihat tampak lebih jelas dan besar. Anthony pun dikenal sebagai Bapak Mikroskop. Sel merupakan unit terkecil dari makhluk hidup yang memiliki kemampuan untuk melakukan

semua fungsi kehidupan. Memahami struktur dan fungsi sel sangat penting untuk memahami bagaimana makhluk hidup dapat hidup, tumbuh, berkembang, dan bereproduksi. Banyak permasalahan yang dihadapi manusia saat ini, seperti penyakit kronis, kelaparan, dan degradasi lingkungan, memiliki akarnya pada proses-proses biologis yang terjadi di tingkat sel. Dengan memahami biologi sel, kita dapat mengembangkan solusi yang lebih efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut.



Gambar 1. 1 Mikroskop buatan Leeuwenhoek
(Sumber: micro.magnet.fsu.edu)

1.2 Sejarah Penemuan Sel

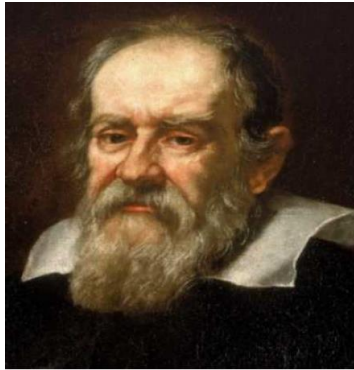
Pada keragaman organisme yang memesona, terdapat unit fundamental yang menjadi dasar kehidupan yaitu sel. Sel selama ini dikenal sebagai unit terkecil dari organisasi tubuh makhluk hidup, sel bukan hanya struktur pasif, tetapi fondasi penting dalam pembelajaran biologi, terutama terkait dengan organisme.

Sebagai miniatur kehidupan atau unit terkecil, sel bagaikan sebuah sistem mandiri yang kompleks. Terdapat DNA untuk menyimpan informasi genetik dan organel organel didalamnya sehingga mampu melaksanakan kehidupan itu sendiri. Kemampuan luar biasa ini memungkinkan sel untuk berkembang biak dan beradaptasi, apabila dikulturkan dalam media yang sesuai.

“Sel” pertama kali dicetuskan oleh Robert Hooke pada tahun 1667 saat mengamati sayatan gabus dengan mikroskop. Ia melihat struktur seperti ruangan kecil yang ia sebut “cella” (kamar kecil). Penemuan ini membuka gerbang bagi pemahaman mendalam tentang kehidupan di tingkat mikroskopis. Lebih dari sekadar unit struktural, sel adalah mikrokosmos yang penuh misteri dan keajaiban. Mempelajari sel berarti menyelami rahasia kehidupan, memahami keragaman organisme, dan membuka jalan menuju inovasi di bidang biologi dan juga kesehatan.

Perkembangan ilmu pengetahuan atau sains kerap berjalan seiring dengan penemuan alat-alat baru yang memperluas jangkauan indera manusia, membuka pintu gerbang menuju penemuan-penemuan revolusioner. Hal ini terbukti dalam sejarah penemuan sel. Kajian awal tentang sel mengalami kemajuan pesat seiring dengan kemunculan dan penyempurnaan mikroskop pada abad ke-17. Mikroskop, bagaikan lensa ajaib, membuka mata manusia untuk menjelajahi dunia mikro yang tak kasat mata. Sejak saat itu, mikroskop tak terpisahkan dari kisah penemuan sel. Ini semua dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Galileo Galilei (abad 17) menggunakan mikroskop sederhana yang terdiri dari dua lensa untuk mengamati struktur tipis mata serangga. Meskipun bukan seorang ahli biologi, penemuan Galilei ini merupakan salah satu yang pertama dalam mengamati dunia mikroorganisme melalui mikroskop.



Gambar 1. 2 Galileo Galilei
(Sumber : Image.google.co.id)

2. Robert Hook (1665-1703) mengamati sayatan tipis gabus menggunakan mikroskop dan menemukan struktur seperti ruangan kecil yang disebut "cellulae" (bahasa Latin untuk "ruangan kecil"). Penemuan ini menjadi asal mula istilah "sel" yang kita gunakan saat ini untuk menyebut unit dasar penyusun makhluk hidup.



Gambar 1. 3 Robert Hooke
(Sumber: Image.google.co.id)

3. Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) menggunakan mikroskop yang dibuat sendiri untuk mengamati berbagai macam makhluk hidup mikroskopis, seperti spermatozoa,

bakteri, dan protista. Penemuannya membuka jalan bagi perkembangan ilmu mikrobiologi dan membuka mata manusia terhadap dunia mikroorganisme yang sebelumnya tidak terlihat.



Gambar 1. 4 Anton van Leeuwenhoek
(Sumber: Image.google.co.id)

4. Robert Brown (1733-1858) pada tahun 1820 merancang lensa mikroskop yang lebih canggih untuk mengamati sel dengan lebih detail. Robert menemukan struktur buram di dalam sel telur, sel polen, dan sel tumbuhan anggrek yang sedang tumbuh. Struktur buram ini kemudian dikenal sebagai nukleus, yang merupakan inti sel yang penting untuk mengendalikan aktivitas sel.



Gambar 1. 5 Robert Brown
(Sumber: Image.google.co.id)

5. Matthias Schleiden seorang ahli botani dan Theodor Schwann, ahli zoologi. Pada tahun 1828 meneliti struktur jaringan tumbuhan dan hewan. Mereka menemukan kesamaan yang mencolok dan menyimpulkan bahwa semua organisme tersusun atas unit dasar yang disebut sel. Sel ini merupakan unit struktural fundamental dari semua makhluk hidup.



Gambar 1. 6 Matthias Schleiden
(Sumber: Image.google.co.id)

6. H. J. Dutrochet (1824) mengamati bahwa semua tumbuhan dan hewan tersusun atas sel-sel kecil berbentuk gelembung. Penemuan ini memperkuat gagasan tentang sifat universal sel.
7. Felix Dujardin (1835) mengungkapkan bahwa sel-sel ini berisi cairan. Istilah ini kemudian disempurnakan dengan nama protoplasma oleh Johannes Purkinje (1840) dan Hugo von Mohl (1846).
8. Hugo von Mohl dan Karl Nugeli (1835) mempelajari proses pembelahan sel. Mereka mengamati bahwa inti dan protoplasma sel membelah menjadi dua, menghasilkan dua sel anak.

9. Rudolf Virchow (1859) merumuskan prinsip "omnis cellula e cellula", yang berarti "semua sel berasal dari sel". Rudolf menyatakan bahwa sel adalah unit fundamental kehidupan dan keturunan, dan bahan genetika diturunkan dari satu generasi ke generasi berikutnya melalui pembelahan sel.



Gambar 1. 7 Rudolf Virchow
(Sumber: Image.google.co.id)

10. Pada tahun 1870, E. Strasburger dan W. Flemming melakukan penelitian penting yang mengantarkan mereka pada kesimpulan bahwa inti sel memegang peranan krusial dalam kelangsungan hidup suatu jenis makhluk hidup. Mereka mengamati bahwa inti sel terlibat dalam proses pembelahan sel, yang kemudian dikenal sebagai mitosis. Mitosis ini yang memungkinkan transfer informasi genetik dari satu generasi ke generasi berikutnya.
11. Strasburger dan Flemming, O. Hertwig (1875) berhasil membuktikan peran penting inti sel dalam reproduksi. Keduanya menemukan bahwa inti spermatozoa bersatu dengan inti ovum untuk menghasilkan embrio, yang merupakan awal dari generasi baru. Penemuan ini

menjadi fondasi pemahaman modern tentang fertilisasi dan perkembangan embrio.

12. W. Schultze (1860) mengemukakan gagasan bahwa protoplasma merupakan dasar fisik dari seluruh kehidupan. Ia mengamati bahwa protoplasma terdiri dari unit-unit kecil dalam sel yang dibagi menjadi dua bagian:

- a. Sitoplasma (Plasma Sel): Bagian utama sel yang mengandung berbagai organel dan bertanggung jawab atas berbagai fungsi seluler
- b. Nukleoplasma atau Karioplasma: Substansi yang mengisi inti sel dan mengandung materi genetik (DNA) yang mengatur seluruh aktivitas sel.

1.3 Teori Sel

Mattias Jacob Schleiden (1804–1881) dan Theodor Schwann (1810–1882 merumuskan teori sel, mereka menyatakan bahwa semua makhluk hidup tersusun dari unit dasar yang disebut sel, dan setiap sel memiliki nukleus. Schleiden, profesor Botani di Jena, memformulasikan teori untuk sel tumbuhan, sementara Schwann menggeneralisasikannya untuk semua organisme hidup, baik tumbuhan maupun hewan. Carl Zeiss (1816–1888) dibantu oleh Schleiden untuk mendirikan perusahaan optiknya, yang kemudian menjadi sangat penting karena menghasilkan mikroskop yang jauh lebih baik.

Schleiden bergabung dengan laboratorium di Berlin milik Johannes Peter Müller (1801–1858). Dengan menggunakan jaringan tanaman embrio, dia menegaskan bahwa organisme terdiri dari masyarakat sel. Dia mencapai kesimpulan bahwa sel berkembang secara *de novo* dari massa butiran kecil di dalam sel yang membentuk nukleus di sekitar nukleolus yang disebut "sitoblas". Kemudian, mengubah bahan yang terkondensasi tersebut menjadi sel baru (Ribatti 2018).

Teori sel ini diperkuat oleh Virchow dengan pernyataannya "Omnis cellula e cellula", yang menegaskan bahwa sel baru hanya dapat berasal dari sel yang sudah ada (Akmalia et al. 2020). Teori sel merupakan salah satu teori dasar dalam biologi yang menjelaskan bahwa semua makhluk hidup tersusun dari unit-unit kecil yang disebut sel. Teori ini mengalami perkembangan pesat sejak penemuannya pada abad ke-17 hingga saat ini. Berikut adalah beberapa penelitian ahli yang penting dalam perkembangan teori sel:

1. Schleiden dan Schwann: Membangun Fondasi Struktural Kehidupan

Mereka bisa disebut yang membuka gerbang pemahaman baru tentang kehidupan. Schleiden mengamati tumbuhan dan menemukan bahwa mereka tersusun atas unit-unit kecil yang disebut sel. Di sisi lain, Schwann mengamati hewan dan menemukan kesamaan yang sama. Dari temuan mereka, lahirlah kesimpulan revolusioner: sel adalah unit struktural (penyusun) dasar dari semua organisme.

2. Max Schultze dan Felix Dujardin: Memahami Fungsi Vital Sel

Max Schultze menyatakan bahwa protoplasma, zat hidup dalam sel, adalah struktur dasarnya. Felix mendukung dan menambahkan bahwa protoplasma bagaikan cairan ajaib yang menampung organel-organel penting untuk menjalankan fungsi hidup seperti bernapas, tumbuh, dan berkembang. Dari penemuan mereka, lahirlah teori yang menyatakan bahwa sel adalah unit fungsional, bukan hanya penyusun, tetapi juga pelaksana kehidupan.

3. Rudolf Virchow: Kelahiran Sel dari Sel

Rudolf Virchow menyatakan bahwa sel tidak muncul begitu saja, tetapi sel berasal dari sel sebelumnya. Sel memiliki kemampuan membelah dan tumbuh, sehingga

Rudolf Virchow menyimpulkan bahwa sel adalah unit pertumbuhan.

4. Perkembangan Teknologi : Rahasia internal sel

Seiring kemajuan teknologi dan teknik pewarnaan, bagian dalam sel mulai terungkap. Inti sel, mitokondria, ribosom, dan kromosom teridentifikasi. Faktor pembawa sifat (gen) ditemukan di dalam kromosom, yang membawa teori modern tentang sel sebagai unit hereditas. Kehidupan berawal dari satu sel (zigot) yang membelah dan berkembang menjadi embrio. Di dalam embrio, sel-sel mengalami spesialisasi fungsi dan bentuk, yang menciptakan keragaman yang luar biasa di dunia makhluk hidup.

Prinsip-prinsip yang pertama kali dikemukakan oleh Schleiden dan Schwann sekarang ditambahkan ke teori sel modern, seperti berikut: informasi hereditas (DNA) ditransfer dari sel ke sel selama reproduksi; semua sel memiliki komposisi kimia dan aktivitas metabolisme yang hampir sama; semua fungsi kimia dan fisiologis dasar dilakukan di dalam sel itu sendiri; dan aktivitas sel bergantung pada aktivitas struktur dalam sel, seperti organel atau nukleus.

Hampir semua bidang biologi membutuhkan pengetahuan tentang sel dan teori sel. Teori sel memiliki aplikasi dalam kedokteran, evolusi, mikrobiologi, dan taksonomi. Teori sel mempelajari struktur dasar sel, dan secara keseluruhan, teori ini mencakup semua pelajaran tentang struktur sel. Dalam studi sistem genetika, kita menggunakan organisme yang lebih sederhana karena lebih mudah tumbuh dan tersedia. Kemudian, kita menggunakan hasil yang diperoleh untuk mempelajari organisme yang lebih tinggi atau lebih kompleks. Hal ini disebabkan oleh prinsip dalam teori sel yang menyatakan bahwa setiap sel memiliki mesin kimia yang sama (Ribatti 2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Akmalia, H. A., Pranatami, D. A., Tauhidah, D., Rofi'ah, N. L., & Khasanah, R. A. N. (2020). Bilogi Sel.
- IRDALISA. (2021). Modul Pembelajaran Biologi Sel dan Molekuler. 38–39.
- Laimeheriwa, B. M. (2018). Sitogenetika Dan Analisis Kromosom. <https://www.researchgate.net>, April, 1–12. <https://doi.org/DOI: 10.13140/RG.2.2.32037.60645>
- Muthaharah, M. (2016). BIOLOGI SEL Biologi Sel. 1, 1–19.
- Purwaningsih, P. D. D. E. (2022). Biologi Sel Buku Ajar 1. In NBER Working Papers. <http://www.nber.org/papers/w16019>
- Ribatti, Domenico. 2018. “An Historical Note on the Cell Theory.” *Experimental Cell Research* 364(1): 1–4. <http://dx.doi.org/10.1016/j.yexcr.2018.01.038>.
- Titi Kurniati. (2017). Modul Mata Kuliah Biologi sel. *Journal of Chemical Information and Modeling*, Ibd 111, 1–68. <http://digilib.uinsgd.ac.id/30941/>

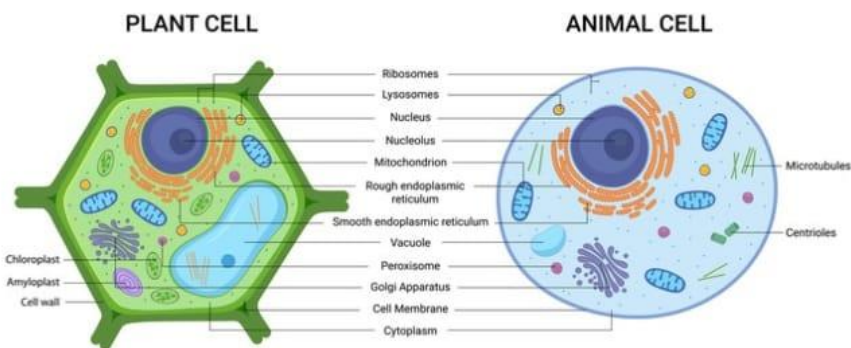
BAB 2

DINDING SEL

Oleh Faika Nabila

2.1 Pendahuluan

Dinding sel adalah lapisan struktural yang berdekatan dengan membran sel, yang peran utamanya adalah memberikan stabilitas sel dan melindunginya dari tekanan mekanis. Untuk memberikan kekakuan dan perlindungan pada sel dari tekanan mekanis, dinding sel lapisan struktural di sebelah membran sel terutama bertanggung jawab atas fungsifungsi ini. Peran utamanya adalah untuk melindungi sel dari tekanan mekanis dengan membuatnya lebih kaku dan kuat. Kebanyakan bakteri (kecuali mikoplasma dan bakteri bentuk L) dan beberapa jamur, kapang, dan alga adalah protista yang memiliki dinding sel. Tumbuhan dan jamur juga termasuk dalam kategori ini. Tidak ada dinding sel pada hewan heterotrofik atau protista.



Gambar 2. 1 Dinding Sel

Sumber : (Alberts, Hopkin, dkk. 2019)

Bakteri dan banyak jenis sel eukariotik (alga, tumbuhan tingkat tinggi, dan jamur) memiliki dinding sel kuat yang menentukan bentuknya dan mencegahnya membesar dan pecah di bawah tekanan osmotik. Meskipun memiliki tujuan yang sama, dinding sel eukariotik memiliki struktur yang sangat berbeda dari dinding sel bakteri. Polisakarida adalah bahan penyusun dinding sel bakteri; mereka terikat secara kovalen oleh peptida pendek. Di sisi lain, matriks seperti gel yang mengandung polisakarida merupakan komponen utama dinding sel eukariotik. Dinding sel tumbuhan adalah struktur dinamis yang dapat mengalami perubahan selama perkembangan dan sebagai reaksi terhadap isyarat lingkungan; sebagai hasilnya, mereka sangat penting dalam membentuk keseluruhan struktur dan organisasi jaringan tanaman.

Penipisan dinding sel memungkinkan pemanjangan sel tumbuhan. Saat sel tumbuhan berkembang, kerangka di sekelilingnya harus rileks agar sel dapat berkembang biak. Tumbuhan menggunakan auksin, suatu kelas hormon molekul kecil yang mencakup asam indoleasetat, untuk mengontrol jumlah, jenis, dan orientasi pertumbuhan sel.

Pemanjangan sel terjadi ketika melemahnya dinding sel yang diinduksi auksin memungkinkan pertumbuhan vakuola intraseluler melalui asupan air. Jika setiap sel pada pohon redwood diperkecil menjadi seukuran sel hati normal, pohon tersebut hanya akan tumbuh setinggi satu meter. Jadi Anda bisa melihat betapa besarnya fenomena ini.

2.2 Fungsi Dinding Sel

Integritas dinding sel pada tanaman sangat penting untuk menghindari pembesaran sel akibat tekanan osmotik. Sel tumbuhan (termasuk bakteri) tidak menjaga keseimbangan osmotik cairan intraseluler dan ekstraseluler, tidak seperti sel

hewan. Akibatnya, air masih ditarik ke dalam sel melalui tekanan osmotik. Karena dinding selnya sangat tebal dan kuat, sel tumbuhan mampu menahan banjir air tanpa mengembang atau pecah. Sebaliknya, tekanan turgor, tekanan hidrostatik internal yang terbentuk di dalam sel, mencegah masuknya air lebih lanjut dan akhirnya menyamakan tekanan osmotik.

Jika Anda melihat tanaman yang kering dan layu, Anda akan menemukan bahwa tekanan turgor adalah penyebab utama kekakuan jaringan tanaman. Selain itu, tekanan turgor merupakan landasan bagi perkembangan sel yang hanya dimiliki tumbuhan. Secara khusus, sel tumbuhan biasanya memperoleh air selama perkembangan tanpa menghasilkan komponen sitoplasma baru. Proses perluasan sel ini ditentukan oleh aktivasi protein yang disebut ekspansin oleh hormon tanaman yang disebut auksin. Untuk memfasilitasi ekspansi sel yang didorong oleh tekanan turgor, ekspansin bekerja dengan mengurangi kekuatan area tertentu pada dinding sel. Vakuola sentral yang besar mengumpulkan air yang masuk ke dalam sel dengan cara ini, membiarkannya membesar tanpa menambah volume sitosol. Ukuran sel tumbuhan dapat membesar sepuluh hingga seratus kali lipat selama perkembangan karena perluasan ini.

Peran utama dinding sel adalah melindungi bagian dalam sel dari kerusakan, karena membran plasma terlalu tipis untuk memberikan perlindungan yang memadai dari berbagai faktor lingkungan. Apa yang memberi sel bentuk khas sebenarnya disediakan oleh dinding sel. Dinding sel menghambat ekspansi sel dan pecah ketika tekanan intraseluler meningkat karena masuknya air. Fungsi dinding sel tidak jelas. Untuk melindungi sel dari zat berbahaya dan obat-obatan, dinding sel mengatur aliran molekul masuk dan keluar sel, sehingga hanya molekul metabolik kecil yang bisa masuk. Bentuk khas organisme multiseluler berasal dari dinding selnya, yang membantu adhesi sel.

Fungsi utama dinding sel yaitu melindungi struktur internal sel. Membran sel dianggap sebagai lapisan yang rapuh dan tidak dapat memberikan perlindungan serupa terhadap kondisi lingkungan yang berbeda. Selanjutnya, dinding sel menentukan karakteristik bentuk sel. Ketika tekanan internal sel meningkat karena masuknya air, dinding sel mencegah sel mengembang dan pecah. Apa fungsi dinding sel? Dinding sel melindungi sel dari berbagai racun dan obat-obatan dengan mengendalikan jalannya molekul di dalam sel dan hanya membiarkan molekul metabolik kecil melewatinya. Pada organisme multiseluler, dinding selnya berkontribusi pada adhesi sel dan memberikan bentuk yang khas.

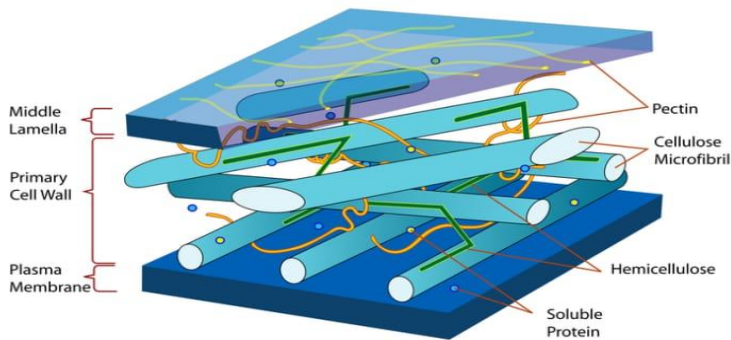
Serat selulosa, protein struktural, dan polisakarida lainnya membantu menjaga bentuk sel. Fungsi lain dari dinding sel yaitu:

- a. Dinding sel memberikan kekuatan dan dukungan mekanis. Ini juga mengontrol arah pertumbuhan sel.
- b. Tekanan turgor merupakan gaya yang diberikan terhadap dinding sel saat isi sel mendorong membran plasma ke dinding sel. Tekanan ini membantu tanaman untuk tetap kaku dan tegak, tetapi juga dapat menyebabkan sel pecah.
- c. Dinding sel mengirimkan sinyal agar sel memasuki siklus sel untuk membelah dan tumbuh.
- d. Dinding sel berpori yang memungkinkan beberapa zat, termasuk protein, masuk ke dalam sel sambil menahan zat lain keluar.
 - Sel berkomunikasi satu sama lain melalui plasmodesmata (pori-pori atau saluran antara dinding sel tumbuhan yang memungkinkan molekul dan sinyal komunikasi lewat di antara sel tumbuhan individu).
 - Dinding sel memberikan penghalang untuk melindungi terhadap virus tanaman dan patogen

lainnya. Ini juga membantu mencegah kehilangan air.

- Dinding sel menyimpan karbohidrat untuk digunakan dalam pertumbuhan tanaman, terutama dalam biji.

2.3 Jenis Dinding Sel



Gambar 2. 2 Jenis Dinding Sel

Sumber : (Staehelin, L. Andrew. 2019)

Jenis-jenis dinding sel dapat dibagi menjadi dinding sel primer dan sekunder.

- a. Dinding sel primer yang tipis: Jenis dinding sel ini dibuat pada sel tumbuhan yang belum matang. Limnin, pektin, selulosa, dan hemiselulosa membentuk sebagian besar dinding sel awal. Ketebalan dinding sel utama berkisar antara 9 hingga 25 persen, dan selulosa merupakan komponen yang sangat terkonsentrasi di dinding ini.
- b. Ketebalan dinding sel sekunder: Sel tumbuhan dewasa menghasilkan dinding sel sekunder yang lebih tebal dari dinding sel primer. Selulosa, lignin, dan zat lain membentuk

sebagian besar dinding sel sekunder. Dinding sel sekunder memiliki kandungan selulosa yang lebih tinggi (sekitar 45 persen) dibandingkan dinding sel utama (41 hingga 45 persen).

Dalam hal komposisi kimia dan jenis organel, arsitektur sel tumbuhan dan hewan sangat mirip. Sel tumbuhan dan sel hewan serupa dalam banyak hal, namun keduanya berbeda karena perbedaan fungsi ekologis yang dilakukan tumbuhan dan hewan. Produsen adalah tumbuhan, dan konsumen adalah hewan. Ada atau tidaknya organel tertentu—seperti plastida, lisosom, vakuola, sentosom/sentriol, dan dinding sel—merupakan penentu utama identitas seluler pada sel tumbuhan dibandingkan sel hewan.

2.4 Struktur Dinding Sel

Pada tumbuhan, dinding sel mungkin memiliki sebanyak tiga lapisan. Lamela tengah, dinding sel utama, dan dinding sel sekunder merupakan lapisan yang dapat diidentifikasi dari luar dinding sel. Meskipun dinding sel utama dan lamela tengah terdapat di setiap sel tumbuhan, keberadaan dinding sel sekunder tidak bersifat universal.

- a. Lamela tengah terletak di bagian luar dinding sel dan mengandung pektin, suatu polisakarida. Adhesi sel difasilitasi oleh pektin, yang membantu pengikatan dinding sel di sekitarnya.
- b. Dinding sel primer adalah lapisan yang berkembang pada sel tumbuhan yang sedang berkembang dan berada di antara lamela tengah dan membran plasma. Polisakarida pektin dan serat hemiselulosa membentuk matriks seperti gel yang mengandung mikrofibril selulosa. Perkembangan sel bergantung pada dinding sel primernya, yang harus kuat dan fleksibel.

- c. Membran plasma dan dinding sel sekunder adalah dua lapisan yang berkembang di beberapa sel tumbuhan. Dinding sel sekunder mungkin terbentuk setelah dinding sel utama berhenti membelah dan mengembang. Sel-selnya diperkuat dan distabilkan oleh lapisan yang tidak fleksibel ini. Beberapa dinding sel sekunder juga mengandung lignin, bersama dengan selulosa dan hemiselulosa. Dalam sel jaringan pembuluh darah tumbuhan, lignin meningkatkan konduktivitas air dan memperkuat dinding sel.

Organel sel dan komponen kimia menyusun sel secara struktural dan fungsional. Biosintesis zat kimia terjadi dalam sel hidup dan disebut sebagai biomolekul. Molekul-molekul ini memperlihatkan sifat-sifat seperti kehidupan karena interaksinya yang terkontrol dan terorganisir satu sama lain. Komponen kimia yang memberikan bentuk dan ukuran unik pada hewan dan tumbuhan tidaklah sama. Protein melimpah pada tubuh hewan, namun karbohidrat lebih banyak terdapat pada tubuh tumbuhan. Semua makhluk hidup bergantung pada komponen kimianya, yang merupakan bahan penyusun sel, untuk menjalankan fungsi selulernya. Bahan penyusun sel meliputi elektrolit, 70–85% air, 10–20% protein, 2% lemak, dan 1% karbohidrat.

Ada komponen kimia anorganik (seperti air dan mineral) dan organik (seperti gula, protein, lipid, dan asam nukleat) yang ditemukan di dalam sel. Dinding sel memainkan peran penting dalam sel tumbuhan dengan menentukan strukturnya, memberikan kekuatan, dan melindungi protoplas dari kerusakan. Lamela tengah, dinding sel utama, dan dinding sel sekunder adalah tiga komponen utama. Setiap sel pada tumbuhan mempunyai lapisan luar yang disebut dinding sel utama dan lapisan dalam yang disebut lamela tengah. Komponen dinding sel sekunder antara lain lignin, kutin, selulosa, pektin, suberin, lilin, dan air. Plasmodesmata, yaitu benang plasma kecil yang menghubungkan protoplasma sel dengan sel lain, terletak di saluran nodus dan mulut nodus nodus yang tidak menebal.

2.5 Perbandingan Dinding Sel Bakteri Gram Positif dan Gram Negatif

Kebanyakan prokariota dikelilingi oleh dinding sel yang melindungi membran sitoplasma yang rapuh dan komponen seluler lainnya. Apakah bakteri memiliki dinding sel? Bakteri dan Archaea adalah prokariota bersel tunggal. Dinding sel prokariota merupakan struktur semi-kaku yang kompleks. Dinding sel prokariotik berkontribusi terhadap virulensi beberapa spesies dan merupakan tempat kerja beberapa antibiotik. Selain itu, dinding sel bakteri digunakan untuk membedakan dua jenis bakteri utama yaitu bakteri Gram positif dan Gram negatif.

Dinding sel Gram positif merupakan lapisan peptidoglikan yang keras dan tebal yang terdiri dari beberapa kolom. Ruang plasma terletak di antara membran sel dan dinding sel bakteri Gram positif. Ruang ini mengandung asam lipoteichoic dan membentuk lapisan granular. Selain itu, zat lain seperti fosfat dan asam teikoat, yang sebagian besar terdiri dari alkohol seperti ribitol dan gliserin, juga ditemukan pada dinding sel bakteri Gram positif. Karena asam teikoat bermuatan negatif, asam teikoat berperan dalam mengontrol pergerakan kation melalui dinding sel. Selain itu, asam teikoat juga berperan dalam pertumbuhan sel karena mencegah kerusakan dan lisis dinding sel. Selain itu, ini membuat sel menjadi antigenik, membuatnya lebih mudah dikenali dan diuji.

Dinding sel bakteri Gram negatif hanya terdiri dari beberapa lapisan peptidoglikan dan membran luar. Ruang periplasma membran luar terdiri dari zat seperti gel yang mengandung protein transpor dan enzim degradatif konsentrasi tinggi. Dinding sel bakteri Gram negatif hanya mengandung beberapa baris peptidoglikan dan tidak mengandung asam

teikoat, sehingga rentan terhadap kerusakan dan kehancuran oleh faktor eksternal.

Dalam hal komposisi kimia dan jenis organel, arsitektur sel tumbuhan dan hewan sangat mirip. Sel tumbuhan dan sel hewan serupa dalam banyak hal, namun keduanya berbeda karena perbedaan fungsi ekologis yang dilakukan tumbuhan dan hewan. Produsen adalah tumbuhan, dan konsumen adalah hewan. Ada atau tidaknya organel tertentu seperti plastida, lisosom, vakuola, sentosom/sentriol, dan dinding sel merupakan penentu utama identitas seluler pada sel tumbuhan dibandingkan sel hewan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberts, Hopkin, dkk. (2019). Essential Cell Biology Fifth Edition. New York : W.W. Norton & Company.
- Bailey, Regina. (2019). The Structure and Function of a Cell Wall. Diakses pada tanggal 27 Mei 2022, dari <https://www.thoughtco.com/cell-wall-373613>.
- Biology Online. (2021). Cell Wall. Diakses pada tanggal 27 Mei 2022, dari <https://www.biologyonline.com/dictionary/cell-wall>.
- Jeff Hardin, dkk. (2012). Becker's World of the Cell Eight Edition. New York : Pearson Education.
- Lodish Berk, dkk. (2004). Molecular Cell Biology Fifth Edition.
- Staehelin, L. Andrew. (2019). Cell Wall. Encyclopedia Britannica. Diakses pada tanggal 27 Mei 2022, dari <https://www.britannica.com/science/cell-wall-plant-anatomy>.

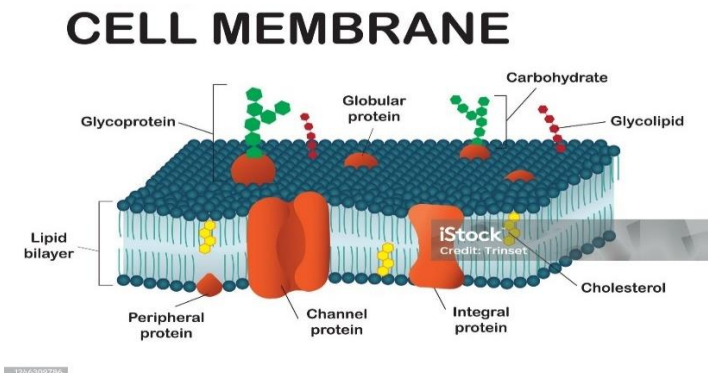
BAB 3

MEMBRAN SEL

Oleh Hasria Alang

3.1 Pendahuluan

Penemuan mikroskop sederhana untuk pertama kalinya oleh Antonie van leuwenhoek memiliki andil yang sangat besar terhadap perkembangan ilmu pengetahuan, termasuk dalam pengamatan sel. Seiring dengan penemuan mikroskop yang semakin canggih, maka organisasi pada tingkat sel atau seluler seperti penyusun dan komponen tiap sel semakin mudah dipelajari. Saalah satu struktur sel yang dapat terlihat yaitu membran plasma. Meskipun membran plasma sulit diamati dengan mikroskop, namun keberadaan dari membran sel itu dapat dilihat saat sel mengalami plasmolisis atau saat dinding sel tumbuhan dihilangkan.



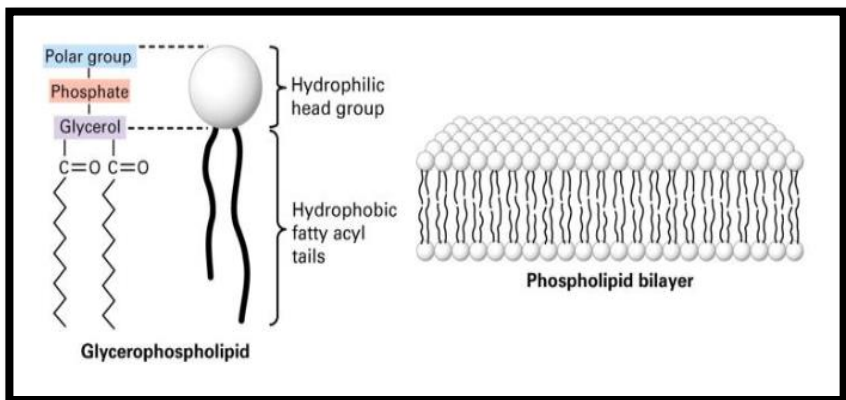
Gambar 3. 1 Membran Sel

<https://www.istockphoto.com/id/vektor/diagram-biologi-menunjukkan-struktur-membran-sel-gm1246309786-363175030>

3.2 Komposisi Kimia Membran Sel

Komposisi kimia utama penyusun membran sel yaitu lipid, protein, dan karbohidrat. Umumnya berat kering sel terdiri dari 40% lipid, 60% protein dan sekitar 10% dari karbohidrat. Pemeriksaan membran sel dengan perbesaran lebih besar dari 1000x atau ultramikroskopi diketahui bahwa lipid membran sel terdiri dari dua lapisan fosfolipid. Fosfolipid memiliki sifat mirip lemak, namun hanya terdiri dari dua asam lemak saja, sedangkan lemak memiliki tiga asam lemak. Oleh sebab itu, fosfolipid tidak disebut lemak tetapi menyerupai lemak.

Fosfolipid adalah molekul amfipatik, yang artinya memiliki sifat hidrofobik (bagian ekor) atau hidrofilik (bagian kepala). Daerah hidrofobik merupakan bagian yang menjauhi air dan tersusun dari gugus non polar, seperti gliserol. Daerah hidrofilik merupakan bagian yang menyenangi air dan tersusun atas gugus polar dan fosfat.

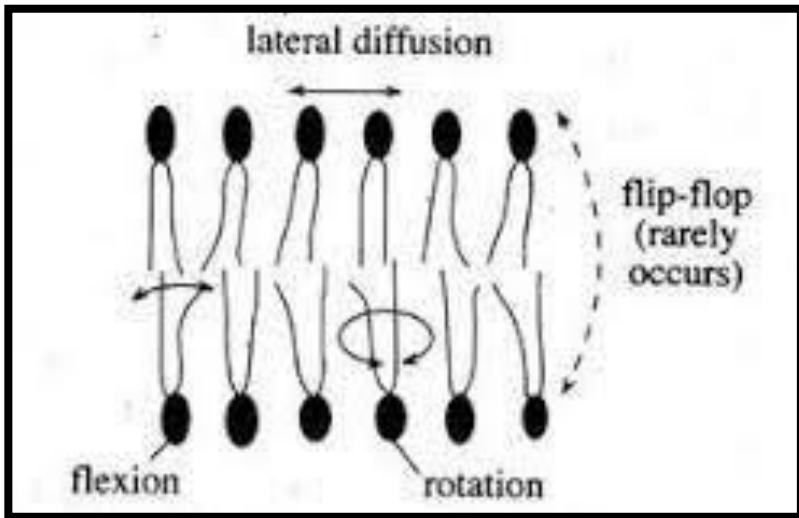


Gambar 3. 2 Lapisan fosfolipid membran sel

Saat molekul lipid dilingkupi oleh air, maka molekul tersebut akan membentuk pertahanan sehingga molekul ekor dapat terlindungi dari air. Ada dua cara pertahanan yang dilakukan, yaitu membentuk seperti bola sehingga ekor

mengarah ke pusat bola atau membentuk susunan dua lapis atau dwilapis. Gerakan dwilapis diantaranya:

1. Flip flip, yaitu gerak lintas lapisan, dimana molekul lipid berpindah dari satu lapisan ke lapisan lain
2. Rotasi, yaitu molekul lipid berputar pada sumbu molekulnya
3. Difusi lateral, yaitu molekul lipid dapat bergerak bebas ke kanan, kiri ataupun diagonal
4. Difusi fleksi, yaitu pergerakan pada ekor rantai molekul lipid



Gambar 3. 3 Gerakan Molekul Lipid

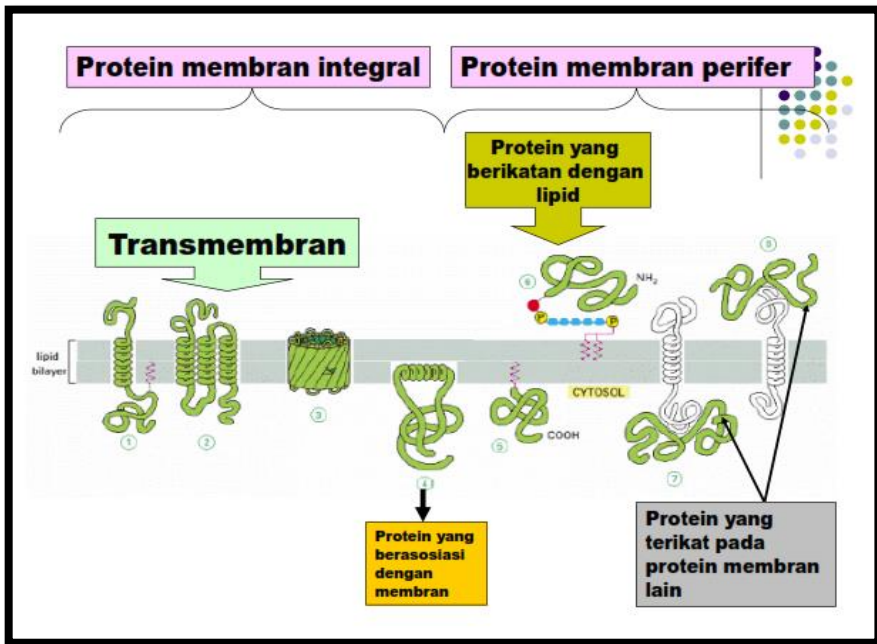
https://www.notesonzooology.com/cytology/plasma-membrane-meaning-structure-and-molecular-organization/2134#google_vignette

Hal ini menunjukkan bahwa molekul lipid tidaklah memiliki struktur yang kaku, melainkan bersifat fluiditas seperti cairan. Sifat fluiditas ini dikarenakan oleh struktur kimia hidrofobik dan adanya molekul kolesterol. Pada sel eukaryotik,

perbandingan kolesterol dan fosfolipid penyusun membran selnya yaitu 1:1. Semakin banyak jumlah kolesterol, maka sifat membran sel akan semakin cair. Semakin banyak rantai asam lemak berikatan rangkap atau asam lemak tidak jenuh, maka sifat fluiditas juga akan semakin besar. Kolesterol pada membran sel selain memberikan sifat fluiditas, juga bertanggung jawab untuk menjaga membran plasma tetap stabil.

Selain fosfolipid, steroid juga merupakan lipid penyusun membran sel. Steroid ini terdiri atas kolesterol dan hormon. Kolesterol merupakan penyusun membran sel yang paling banyak ditemukan pada sel hewan, sedangkan hormon seperti hormon seks pada vertebrata atau hewan bertulang belakang merupakan golongan steroid yang berasal dari kolesterol. Oleh sebab itu, kolesterol adalah komponen yang penting dalam tubuh hewan, sedangkan pada membran sel tumbuhan dan bakteri tidak banyak mengandung kolesterol. Apabila kolesterol pada sel hewan memiliki jumlah yang berlebih, maka akan menyebabkan aterosklerosis. Komposisi lipid akan menentukan karakter dari membran sel. Lipid pada membran sel menghasilkan senyawa aktif. Senyawa ini berperan sebagai pembawa pesan yang akan memengaruhi fungsi sel. Selain itu, lipid pada membran sel juga berperan untuk menjaga komposisi internal sel.

Protein yang penyusun membran sel terdiri dari protein integral dan protein perifer. Protein integral atau protein intrinsik, adalah protein yang tertanam diantara lipid, sedangkan protein perifer atau protein ekstrinsik, adalah protein yang terletak diluar. Protein membran adalah protein struktural, atau yang membangun sel dan menjadi saluran atau pori tempat lewatnya berbagai ion dan molekul, seperti enzim, reseptor, dan sebagainya.



Gambar 3. 4 Protein pada membran sel

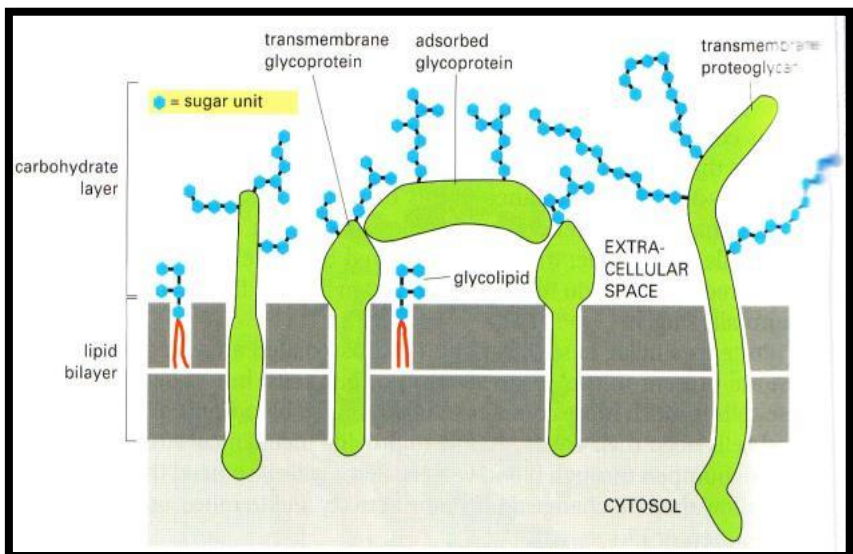
<https://fa.itb.ac.id/wp-content/uploads/sites/56/2016/06/MEMBRAN-rev-2014.pdf>

Sama seperti pada lipid, protein membran juga dapat bergerak. Adanya gerakan molekul fosfolipi dan protein sebagai komposisi membran sel inilah yang akhirnya menjadi dasar tranSPORT senyawa melalui membran sel. Gerakan molekul protein, diantaranya yaitu:

1. Gerakan membran palsam kearah lateral atau diagonal
2. Gerakan rotasi searah pada dwilapis membran
3. Gerakan melintas atau tegak lurus pada dwilapis membran plasma

Penyusun membran sel selanjutnya adalah karbohidrat. Karbohidrat pada membran merupakan oligosakarida bercabang, dan berbeda antara satu sel dengan sel lainnya meskipun dalam satu individu. Perbedaan atau keberagaman inilah yang

membedakan antar satu sel dengan sel lainnya. Molekul karbohidrat hanya ditemukan pada bagian luar atau permukaan dari membran sel, dan tidak pernah berada atau ditemukan pada permukaan dalam membran plasma. Karbohidrat berikatan dengan lipid dan protein secara kovalen. Karbohidrat yang berikatan dengan lipid membentuk glikolipid dan mempunyai rantai yang hanya memiliki satu rantai, sedangkan karbohidrat yang berikatan dengan protein akan membentuk glikoprotein yang memiliki rantai yang bercabang-cabang. Karbohidrat pada membran sel memiliki peranan dalam fungsi fisiologis, misalnya adhesi ataupun pengenalan antar sel dalam jaringan. Sebagai contoh yaitu sel darah manusia, mengandung 8% karbohidrat, sementara sisanya adalah 52% protein dan 40% lipid. Banyaknya jumlah karbohidrat pada sel darah akan menentukan golongan darah manusia tersebut, misalnya golongan darah A, B, AB atau O. Karbohidrat pada membran plasma berfungsi sebagai pelindung sel dari gangguan fisik dan kimiawi.



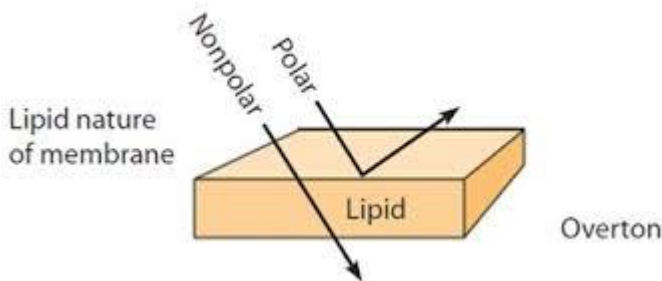
Gambar 3. 5 Karbohidrat pada membran

<https://fa.itb.ac.id/wp-content/uploads/sites/56/2016/06/MEMBRAN-rev-2014.pdf>

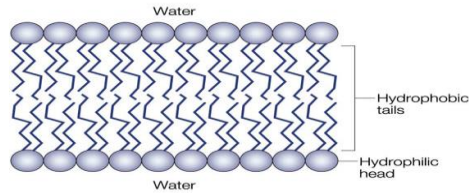
3.3 Struktur Membran Sel

Membran sel atau disebut juga membran plasma. Bagian ini dapat ditemukan pada sel, baik eukaryotik maupun prokaryotik. Membran sel terdiri atas dua lapisan lemak yang bersifat hidrofilik (bagian kepala) dan hidrofobik (bagian ekor, terdiri dari hidrokarbon). Berbicara mengenai lapisan penyusun atau struktur membran sel, maka tentu akan sangat berkaitan dengan teori perkembangan model membran sel itu sendiri. Teori mengenai membran sebelumnya telah banyak dikemukakan oleh para ahli, diantaranya:

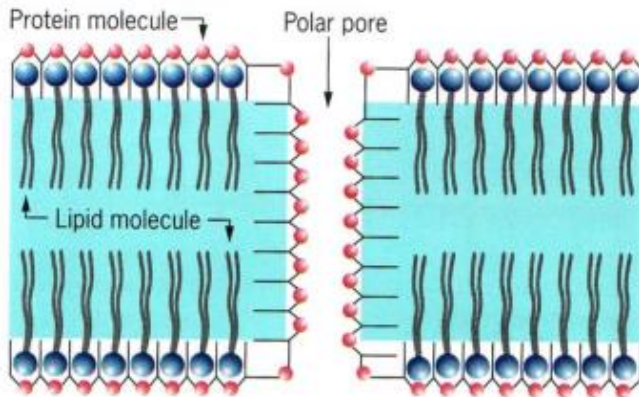
1. Overton, yang mengemukakan bahwa disekeliling sel terdapat lapisan pembatas



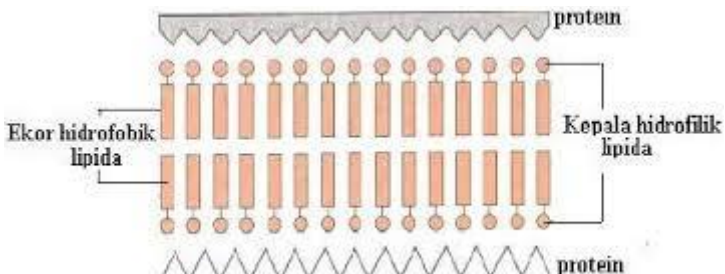
2. Plowe, yang mengemukakan bahwa terdapat selaput elastik disekeliling protoplasma sel tumbuhan dan disebut plasmalema.
3. Gorter and F. Grendel (1925), yang mengemukakan bahwa membran terdiri dari dua lapisan lemak dipermukaan eritrosi (lipid bilayer/bimolekular). Gugus pertama adalah lapisan yang mengandung gugus polar, bersifat hidrofil sehingga dapat larut dalam air, dan bentuknya mengarah kebagian luar. Gugus kedua yaitu gugus non polar, bersifat hidrofob sehingga tidak dapat larut dalam air, dan letaknya berada dibagian tengah.



4. Danielli Davson (1954), yang mengemukakan pada membran sel bahwa terdapat tiga lapisan yang bersifat selektif permeabel. Lapisan luar dan dalam merupakan molekul protein, sedangkan lapisan tengah adalah molekul lemak atau lipid

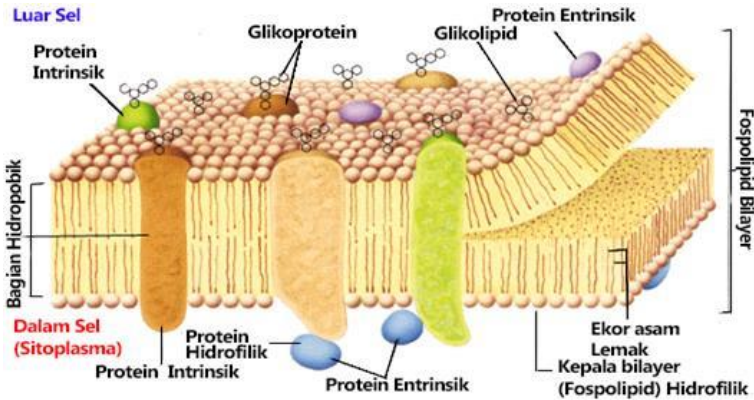


5. J.D. Robertson, yang mengemukakan bahwa membran plasma tersusun atas trilaminar, yaitu dua lapisan luar yang sifatnya osmofilik, dan lapisan tengah yang sifatnya osmofobik.



6. Singer dan Nicolson, yang mengemukakan bahwa membran sel memiliki struktur model mozaik cair atau *fluid mozaic membrane*. Teori ini menyatakan bahwa

membran sel terdiri dari dwi lipid bilayer atau dua lapisan lemak yang diselengi oleh protein, baik protein integral maupun protein perifer. Teori dari Singer and Nicolson inilah yang selanjutnya diterima dan berlaku hingga saat ini.

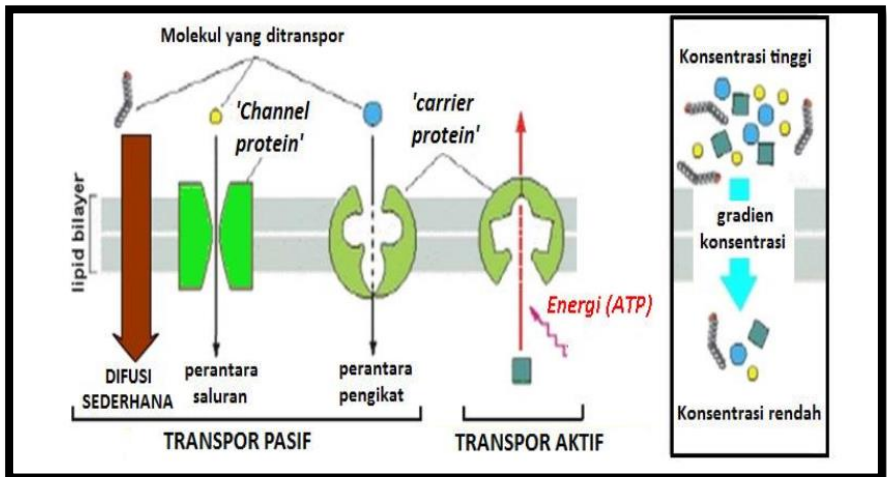


3.4 Fungsi Membran Sel

Membran plasma memiliki peran yang sangat vital. Membran plasma merupakan pembatas antara bagian dalam sel dengan lingkungan luarnya sehingga dapat melindungi isi sel. Sebagai pembatas, maka membran sel akan mengelilingi sel atau membungkus sel, sehingga zat yang akan keluar dan masuk kedalam sel akan diseleksi oleh membran sel atau sebagai pengatur permeabilitas senyawa yang akan lewat. Hal ini bertujuan agar kondisi dalam lingkungan internal sel dapat tetap seimbang. Membran sel juga berperan sebagai reseptor khusus seperti hormon, antigen senyawa dan antigen mikroba, perubahan miliu atau lingkungan eksternal. Selain itu, membran sel memiliki peran besar sebagai alat trasnpor senyawa.

Membran plasma berperan sebagai jalur atau jalan masuk dan keluarnya zat. Hal ini menyebabkan terkendalinya zat-zat yang dibutuhkan oleh sel. Proses masuk dan keluarnya zat

melewati membran disebut sebagai transpor senyawa melewati membran. Sifat transpor ini yaitu permeabilitas selektif, artinya selektif terhadap senyawa tertentu. Transpor atau perpindahan senyawa melewati membran dibedakan menjadi dua, yaitu transpor aktif dan transpor pasif.



Gambar 3. 6 Transpor senyawa melewati membran

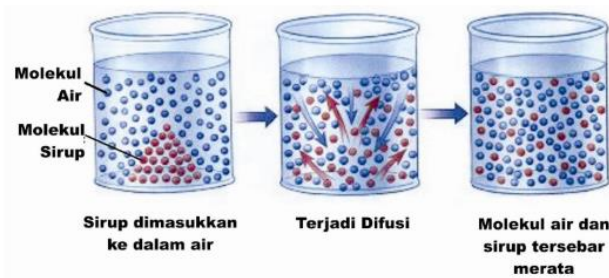
<https://biologi-news.blogspot.com/2010/12/transport-aktif.html>

A. Transpor pasif

Transpor pasif yaitu, perpindahan senyawa berupa molekul atau ion melewati membran, tanpa menggunakan energi. Perpindahan ini mengikuti aliran perbedaan konsentrasi yaitu dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah. Transpor pasif ada dua macam, yaitu difusi dan osmosis.

1. Difusi, adalah perpindahan molekul terlarut, baik dalam bentuk padat, cair dan gas, dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah sehingga mencapai titik seimbang. Difusi dibagi menjadi tiga, yaitu difusi sederhana melalui lipid bilayer, difusi sederhana melalui protein dan difusi difasilitasi. Contoh difusi dalam

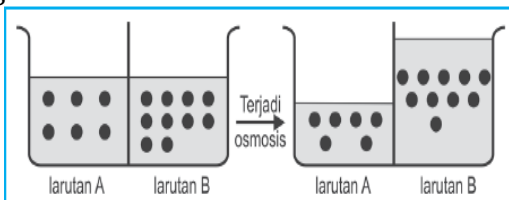
kehidupan seperti saat menuang tinta merah kedalam botol yang berisi air, beberapa saat kemudian tinta akan menyebar sehingga warna akhir menjadi merah muda. Difusi digolongkan menjadi transpor pasif karena proses perpindahan molekulnya tidak membutuhkan energi sel, tetapi hanya menggunakan energi gerak acak partikel atau molekulnya yang berdifusi atau berpindah



Gambar 3. 7 Difusi

<https://bisakimia.com/2014/01/20/perbedaan-osmosis-dan-difusi/>

2. Osmosis yaitu perpindahan molekul air (pelarut) dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah dengan melewati selaput semi permeabel, seperti membran plasma. Semi permeabel adalah suatu sifat yang hanya dapat dilalui oleh senyawa tertentu. Membran sel memiliki sifat permeabilitas yang berbeda-beda terhadap senyawa atau ion. Contoh peristiwa osmosis dapat terlihat pada gambar berikut

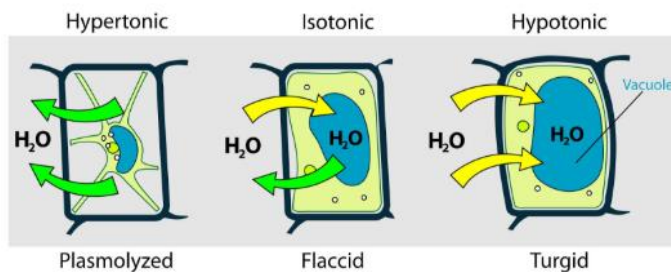


Gambar 3. 8 Osmosis

<https://sainsmini.blogspot.com/2014/11/pengertian-dan-penjelasan-transpor.html>

Gambar tersebut menunjukkan bahwa larutan A dan larutan B memiliki konsentrasi yang berbeda dan dipisahkan oleh suatu lapisan berpori serta permeabel terhadap air, namun tidak permeabel terhadap zat terlarut (gula, bersifat hipertonik). Air (sebagai larutan hipotonik) berpindah ke larutan hipertonik sehingga terjadi pengurangan konsentrasi dari larutan gula.

Namun, kadangkala peristiwa osmosis justru membahayakan sel tumbuhan, terutama pada sel yang memiliki sitoplasma pekat (konsentrasi airnya rendah), apabila ditempatkan dalam kondisi hipotonis, maka air akan berdifusi kedalam, sehingga menyebabkan tekanan osmosis sel akan semakin tinggi. Apabila hal ini dibiarkan, maka akan menyebabkan pecahnya atau lisis sel. Lisis sel yaitu suatu kondisi dimana sel mengalami kerusakan pada membran plasmanya. Namun bila sel ditempatkan dalam kondisi yang hipertonis, maka air akan keluar dari sel, sehingga sel mengalami krenasi atau mengkerut. Peristiwa krenasi apabila terjadi pada sel tumbuhan, akan menyebabkan membran plasma terlepas dari dinding sel atau disebut plasmolisis.



Gambar 3. 9 Contoh osmosis pada tumbuhan

https://id.wikipedia.org/wiki/Tekanan_turgor

B. Transpor Aktif

Tidak semua senyawa dapat ditranspor secara osmosis atau difusi. Senyawa atau ion-ion tertentu yang berukuran besarseperti ion Na^+/K^+ hanya dapat ditranspor dengan bantuan energi berupa ATP. Proses transpor ini

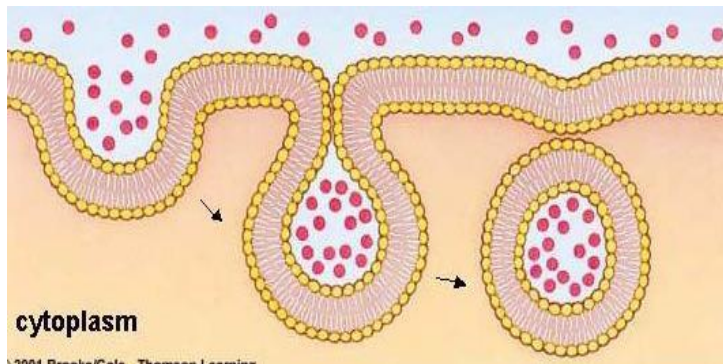
disebut transpor aktif, karena pergerakan molekul atau ion melewati membran dengan menggunakan energi berupa ATP. Ciri khas transpor aktif yaitu melawan gradien konsentrasi, membutuhkan energi dan sangat peka terhadap racun, serta spesifik terhadap substansi tertentu.

Transpor aktif adalah perpindahan zat atau molekul dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi dengan menggunakan energi dalam bentuk ATP. Selain itu, transpor aktif juga membutuhkan molekul pembawa berupa protein membran. Hal ini menyebabkan proses transpor aktif dapat membawa molekul yang berukuran besar, mengangkat molekul dari konsentrasi rendah ke tinggi, serta dapat menimbun molekul di dalam sel.

Pengangkutan Na^+ ke luar sel dan pemasukan K^+ ke dalam sel merupakan contoh peristiwa transpor aktif. Pada proses ini, terjadi perlawanan terhadap gradien konsentrasi, yaitu konsentrasi di luar sel lebih tinggi daripada di dalam sel. Molekul besar yang dapat melewati membran sel dilakukan dengan cara endositosis atau eksositosis.

1. Endositosis

Adalah perpindahan senyawa atau molekul dari luar menuju ke dalam sel, seperti terlihat pada gambar berikut. Endositosis dibagi menjadi dua, yaitu pinositosis dan fagositosis. Pinositosis adalah transpor larutan melalui pembentukan gelembung kecil, sedangkan fagositosis adalah transpor makromolekul atau partikel melalui pembentukan gelembung besar.

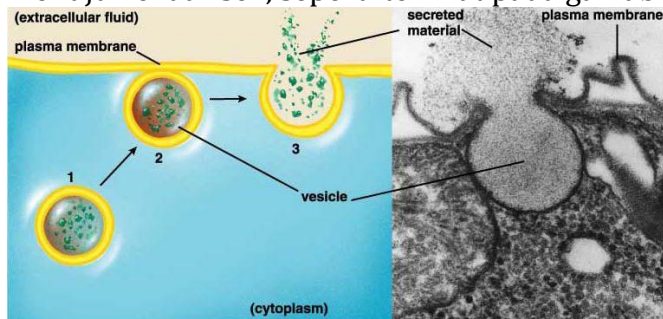


Gambar 3. 10 Endositosis

<https://www.jaincolab.com/endocytosis-exocytosis-model>

2. Eksositosis

Adalah perpindahan senyawa atau molekul dari dalam menuju ke luar sek, seperti terlihat pada gamabr berikut.



Gambar 3. 11 Eksositosis

(Sumber : Campbell, 2005)

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, H. (2018). *Buku Ajar Biologi Sel dan Molekuler*. Deepublish. Jogjakarta.
- Alang, H., Deasy Widiani, A. P., KM, M., Muharram, A. F., Gloria, R. Y., Putri, S. G., ... & Rafika, S. S. (2022). *BIOLOGI SEL DAN MOLEKULER: Konsep Biologi Sel dan Molekuler*. RUNI FAZALANI.
- Alberts, B., D. Bray, J. Lewis, M. Raff, K. Roberts and J.D. Watson. 2015. *Molecular Biology of the Cell*, 3rd edition, Garland Publishing, Inc., New York, London.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Amalia, S., & Manalu, W. (2003). *Biologi jilid 2*. Erlangga. Jakarta.
- Sumitro, S. B., Widyarti, S., & Permana, S. (2017). *Biologi Sel*. Universitas Brawijaya Press.

BAB 4

SITOPLASMA

Oleh Yuyun Nisaul Khairillah

4.1 Pendahuluan

Sitoplasma pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli biologi pertama kali pada tahun 1863, yang bernama “Rudolf Von Kolliker”. Tetapi pada awal kemunculan bagian sel ini yaitu sitoplasma dianggap sebagai suatu sinonim untuk protoplasma. Sitoplasma pada sel merupakan suatu cairan yang mengisi seluruh ruang sel. Bagian sitoplasma ini mencakup juga sitosol dengan adanya ion, filamen, struktur dan beberapa protein serta berbagai jenis makromolekul yang tersuspensi di sitosol.

Sitoplasma pada sel organisme eukariotik saling berhubungan kecuali pada bagian nukleus. Sedangkan pada organisme prokariotik tidak memiliki membran inti yang spesifik, sitoplasmanya memiliki materi genetik tertentu, memiliki ukuran sel yang lebih kecil pada eukariotik serta memiliki susunan sitoplasma yang tidak rumit. Sitoplasma yang mengisi ruang antar sel umumnya memiliki struktur seluler yang umumnya akan tersuspensi di dalam sitoplasma.

Sitoplasma merupakan suatu struktur yang berada dalam sel dengan komposisi berupa cairan. Semua struktur dan komponen yang berada di sitoplasma menjalankan fungsi dan tugas tertentu. Sitoplasma memiliki peran yang sangat penting karena di dalam sitoplasma terdapat beberapa komponen cairan penting. Cairan penting dalam sitoplasma merupakan cairan semi cair yang menyerupai jeli, yang berfungsi dalam menghubungkan membran sel dengan inti sel pada suatu organisme. Keberadaan

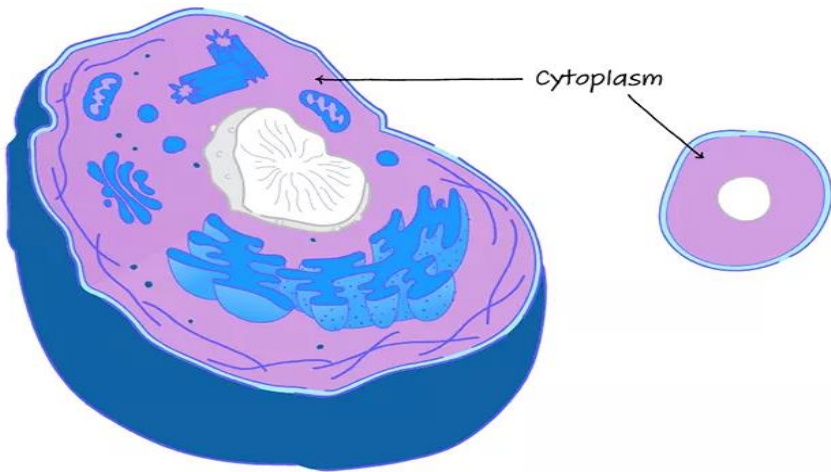
sitoplasma di dalam sel tertanam. Hal inilah yang membedakan sitoplasma berbeda dengan organel lain. Karena organel lain seperti mitokondria, retikulum endoplasma, ribosom, vakuola, dan lainnya keberadaannya tersuspensi di bagian dalamnya (Karp, 2010).

Sitoplasma juga merupakan suatu cairan yang berada di dalam sel. Selain itu juga cairan yang berada di dalam sitoplasma ini juga berada di luar sel, cairan ini akan mengisi seluruh ruang yang berada di dalam sel antara bagian membran sel dan pada bagian inti sel. Cairan yang berada di dalam sitoplasma umumnya berbentuk cairan koloid homogen yang sangat jernih serta mengandung berbagai ion nutrisi seperti ion – ion, nutrient, garam, dan molekul organik. Sitoplasma memiliki fungsi yang sangat penting seperti tempat melekatnya antara sitoskeleton dan organel sel. Sitoplasma juga memiliki fungsi dalam regulasi dan pengaturan sel seperti adanya aliran pergerakan molekul dalam sitoplasma (lemak, protein, karbohidrat, enzim) dan juga tempat terjadinya reaksi metabolisme sel.

Sitoplasma tersusun atas berbagai komposisi cairan yang mengandung berbagai senyawa organik serta air yang sangat dibutuhkan dalam aktivitas sel. Adapun bahan cair yang terdapat dalam sitoplasma ini di kenal dengan nama sitosol. Berbagai senyawa organik yang berada dalam sitoplasma ini mengandung senyawa organik yang mudah larut seperti adanya garam, asam amino, gula, asam lemak, serta protein dan nukleotida. sitoplasma juga merupakan suatu cairan penting yang memiliki fungsi vital dalam sel antara lain sebagai tempat sintesis lemak, dan proses glikolisis (Huxley, Walter, & Flexman, 2018).

Sitoplasma berada pada bagian interior sel yang mana pada bagian ini tidak ditempati oleh nukleus. Sitoplasma juga terdiri dari organel sel dan sitosol. Sitosol merupakan suatu cairan yang diikat oleh jaringan protein luas yang membentuk sitoskeleton. Jaringan sitoskeleton pada sel tersusun atas mikrofilar, filamen, dan mikrotubulus. Sitoskeleton pada sel

juga berfungsi sebagai penyokong bentuk sel dan memungkinkan untuk terjadinya adanya aktivitas pergerakan sel dalam sitoplasma. Pengecekan sitoplasma sangat mudah untuk di amati khususnya dalam teknik pewarnaan. Secara fungsional sitoplasma juga merupakan tempat terjadinya reaksi kimiawi dalam sel. Sel tanpa sitoplasma akan tidak membentuk bentuk yang sempurna, karena sel akan mengempis, tidak mudah meresap dari bagian organel yang satu ke organel yang lainnya. Struktur dari sitoplasma terlihat pada Gambar 1.



Gambar 4. 1 Struktur Sitoplasma
(Sumber : Xie, 2023)

Pada bagian sitoplasma terdapat suatu partikel kecil yang keberadaannya tersuspensi sementara di bagian sitoplasma yang di kenal dengan inklusi sitoplasma. Inklusi sitoplasma terdiri dari berbagai bahan makromolekul. Terdapat beberapa jenis inklusi yang berada di dalam sitoplasma, seperti, inklusi sekretori, butiran pigmen, dan inklusi nutrisi. Adapun contoh dari inklusi sekretorik ialah, enzim, asam dan protein. Glikogen merupakan salah satu bentuk penyimpanan yang ada pada glukosa. Lipid merupakan suatu contoh dari inklusi nutrisi. Sedangkan melanin

merupakan contoh dari butiran pigmen di sitoplasma yang terdapat apada sel kulit. Umumnya sebagian besar metabolimse sel juga akan terjadi pada bagian ini (Parry et al., 2014).

Di dalam sitoplasma terjadi suatu proses yang di kenal dengan nama siklosis. Siklosis merupakan suatu proses adanya aliran zat yang terjadi di dalam sel. Adanya aliran zat ini terajdi pada berbagai jenis sel termasuk pada sel tumbuhan, jamur, amoeba, maupun protozoa. Adnaya pergerakan sitoplasma ini juga akan memungkinkan untuk terjadinya pergerakan stabil yang pada sel. Hal ini dikarenakan di dalam sitoplasma terdapat beberapa kandungan penting lainnya yaitu kormon tertentu. Sedangkan pada tumbuhan menggunakan proses siklosis untuk memindahkan kloroplas yang ada menuju bagian yang memiliki pencahayaan matahari yang baik. Kloroplas merupakan suatu bagian yang memiliki tanggung jawab dalam proses fotosintesis yang dalam prosesnya membutuhkan bantuan cahaya matahari. Pada protista, jamur, amoeba menggunakan aliran sitoplasma ini untuk pergerakan sel. Sitoplasma juga akan menghasilkan suatu perluasan yang dikenal dengan nama pesudopodia yang berfungsi untuk menangkap makanan dan pergerakan. Adanya aliran pada sitoplasma ini juga akan membantu dalam proses pembelahan sel pada makhluk hidup. Hal ini di karenakan sitoplasma memiliki peran dalam mendistribusikan cairan yang akan berfungsi dalam proses meiosis dan mitosis pada sel yang akan digunakan dalam proses aktivitas sel. Sehingga sitoplasma memiliki peran yang sangat penting (Fletcher, 2023).

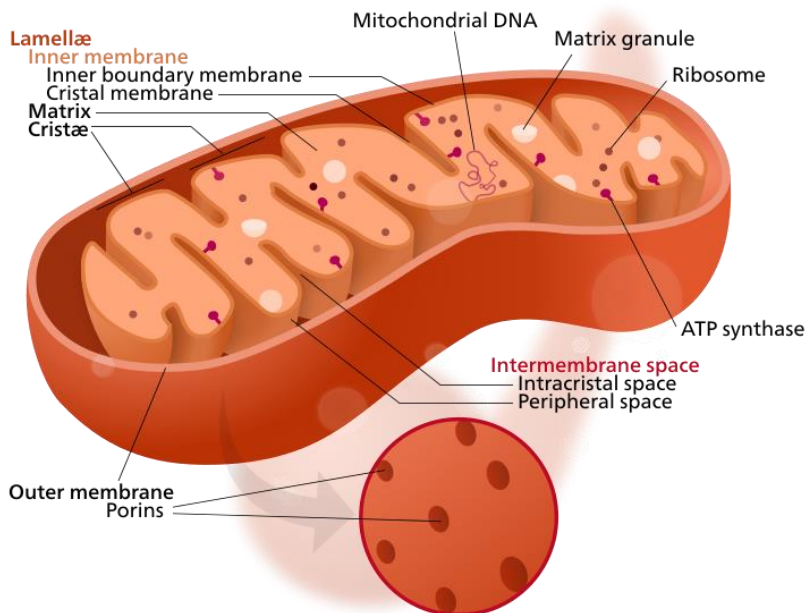
4.2 Organel – Oreganel dalam Sitoplasma

Terdapat beberapa organel penting yang terdapat di dalam sitoplasma, yang memiliki manfaat dan karakteristik tertentu yang mendukung aktivitas sel. Organel – organel yang berada dalam sitoplasma dianalogikan seperti berbagai organel yang berada dalam tubuh manusia. Pada manusia dan hewan tidak memiliki sitoplasma maupun sitosol. Namun terdapat suatu cairan yang membentuk plasma dalam darah dan mengisi ruang

antar sel dan organ yang ada. Di dalam sitoplasma terdapat beberapa organel penting penyusunnya, antara lain :

1. Mitokondria

Mitokondria merupakan salah satu organel yang terdapat dalam sitoplasma. Mitokondria mengandung berbagai enzim yang berfungsi untuk proses pembentukan energi. Energi yang tersimpan dalam mitokondria umumnya dalam bentuk karbohidrat, serta berbagai bahan bakar yang lain yang membuntuhkan ATP dalam pengolahan energi tersebut. Mitokondria memiliki struktur membran ganda dimana pada lapisan luarnya memiliki tekstur yang halus, membran dalam melipat pada bagian dalam serta membentuk suatu krista.

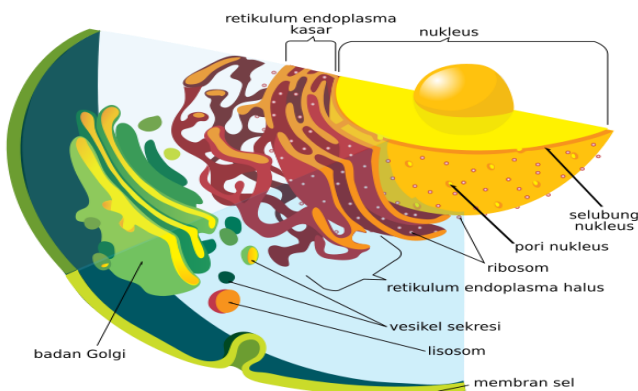


Gambar 4. 2. Struktur Mitokondria
(Sumber : Xie, 2023).

Membran ganda yang terdapat pada mitokondria juga akan membnetuk dua kompartemen dimana berisi suatucairan. Adanya ruang kompartmen yang terdapat dalam mitokondria yang treletak di antara krista dengan membran luar serta adnaya matriks mitokondria menjadi suatu pusat terbentuknya adanya membran krista. Kandungan mitokondria dari berbagai sel berbeda-beda tergantung pada kebutuhan dari sel tersebut. Mitokondria umumnya juga mengandung DNA tersendiri dan memiliki ke khasan dimana ribosomnya dapatbereplikasi sendiri. Struktur dan bagian mitokondria terlihat pada Gambar 4.2.

2. Retikulum Endoplasma

Retikulum endoplasma merupakan suatu organel yang terdapat di sitoplasma, yang memiliki bentuk gelembung dan berpembuluh. Retikulum endoplasma juga merupakan suatu organel yang memiliki sifat tidak statis dan menghubungkan mebran plasma bagian luar dengan membran plasma bagian dalam. Hal inilah yang membedakan retikulum endoplasma dengan organel lain. Karena pada organel lain tidak berhubungan secara langsung (Aon & Cortassa, 2015). Struktur retikulum endoplasma terlihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Struktur Retikulum Endoplasma

Retikulum endoplasma juga mempunyai fungsi dalam proses sintesis, dan organel ini juga dapat ditemukan pada berbagai organisme sel eukaritik dengan ciri khas yaitu mempunyai kantung yang bentuknya berlapis. Lapisan – lapisan kantung yang berada pada retikulum endoplasma ini berisi cisternae yang memiliki fungsi bervariasi tergantung dari jenisnya.

3. Ribosom

Organel lain yang sering dijumpai pada bagian retikulum endoplasma ialah ribosom. Ribosom merupakan tempat terjadinya proses sintesis protein. Pada bagian retikulum endoplasma terdapat dua jenis retikulum yaitu retikulum endoplasma halus dan retikulum endoplasma kasar. Retikulum endoplasma kasar merupakan retikulum yang membawa protein dan mengisolasinya ke seluruh bagian sel. Sedangkan retikulum endoplasma halus merupakan retikulum yang tidak diselubungi oleh bagian ribosom. Retikulum endoplasma tersusun oleh selaput yang membatasi antar bagian ruangan pada sel. Ruang ini juga dikenal dengan sisterna. Setiap bagian sisterna saling berhubungan dan akan membentuk suatu selaput yang dikenal dengan selaput jala.

Selain itu juga pada saat pengamatan dibawah mikroskop elektron maka retikulum endoplasma akan terlihat dengan perlakuan pemberian warna fiksasi melalui osmium tetraoksida, terlihat dalam proses pengamatan retikulum endoplasma akan terlihat seperti adanya selaput yang memiliki ukuran yang sangat kecil dan sangat tipis 50 – 60 °A. Pada bagian sekitar retikulum endoplasma ada bagian sitoplasma ada suatu bagian yang dikenal dengan nama sitosol. Pada bagian retikulum endoplasma terdapat adanya ruang – ruang kosong yang akan menutupi lapisan membran dengan ketebalan rata – rata 4 nm. Adanya membran ini akan langsung berhubungan langsung dengan lapisan nukleus atau bagian (*nuclear envelop*) (Shore & Albert, 2022).

4. Lisosom

Lisosom merupakan suatu bagian dalam sitoplasma yang berfungsi sebagai pembuangan dan pemeliharaan sel. Lisosom mengandung berbagai enzim yang memiliki fungsi yang sangat kompleks seperti berfungsi dalam proses melisiskan secara kimiawi, serta menghasilkan reaksi metabolisme sel. Pada dasarnya sel akan menyerap enzim yang akan digunakan lisosom untuk disebarkan ke seluruh bagian sitoplasma (Lim & Zoncu, 2016).

5. Sitosol

Sitosol merupakan bagian dari organel sel yang mengandung sitoskeleton, yang merupakan jaringan mikrotubulus yang memiliki fungsi dalam membantu sel dalam mempertahankan bentuknya agar tetap konsisten. Selain itu juga sitosol dikenal sebagai suatu matriks dalam sitoplasma yang umumnya ditemukan pada sel eukariotik. Mikrotubulus yang berada pada sitosol merupakan protein yang terbuat dari berbagai sub unit berbeda yang akan dislimuti oleh tubulin, yang terdiri dari 2 bagian sentrosom dengan posisi yang berlawanan.

Selain bagian mikrotubulus bagian ini juga kaya akan kandungan mikrotubulin, dimana bagian mikrotubulin ini mengandung mikrofilamen yang berfungsi dalam membantu mikrotubulus untuk proses integritas struktur sel. Selain itu juga mikrofilamen ini tersusun dari protein globular yang dikenal dengan nama aktin, yang juga ditemukan pada sel otot. Di dalam sitosol juga terkandung adanya molekul yang akan memberikan sinyal seperti, kalium, kalsium, dan juga natrium. Komponen – komponen ini akan memacu dalam proses aktivitas reseptor yang ada pada sel khususnya pada permukaan sel dan juga pada permukaan organel yang berada didalamnya. Sehingga dengan adanya proses ini akan memicu suatu serangkaian dalam proses reaksi kimia.

Adanya serangkaian proses yang terjadi secara kimiawi di dalam sel juga akan membantu sel dalam melakukan seluruh kegiatan aktivitas sel. Sitosol di kelilingi oleh batas matrik yang memiliki fungsi untuk mengisi ruang antar sel. Seluruh kandungan ini di sebut dengan protoplasma (Panawala, 2017).

4.2 Fungsi Sitoplasma

Di dalam sel sitoplasma memiliki peran yang sangat penting, karena di dalam sitoplasma terdapat cairan yang memiliki banyak fungsi yang mendukung dalam seluruh aktivitas sel. Terdapat beberapa fungsi penting dari keberadaan sitoplasma antara lain :

1. Sebagai tempat untuk penyimpanan berbagai jenis bahan – bahan kimia yang berfungsi dalam proses aktivitas sel. Seperti lemak, enzim – enzim, protein.
2. Sebagai tempat terjadinya proses metabolisme sitosolik. Seperti adanya glikolisis serta sebagai tempat terjadinya proses sintesis protein yang dilakukan oleh ribosom.
3. Sebagai tempat atau fasilitator dalam pergerakan sel. Hal ini disebabkan karena di dalam sitoplasma terdapat suatu aliran sitoplasma.
4. Membantu dalam proses turgidasi atau mempertahankan bentuk sel.
5. Sitoplasma juga berfungsi dalam proses menanggukhan dan mendukung sel serta sintesis protein, mitosis, miosis serta respirasi sel melalui proses glikolisis.

6. Sitoplasma juga berfungsi dalam membantu mentransfer atau memindahkan berbagai jenis bahan penting yang berfungsi dalam proses kativitas sel seperti adanya hormon yang berada di dalam sel serta berfungsi untuk melarutkan limbah seluler sel (Fernandez-De-Cossio-Dlaz & Vazquez, 2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Aon, M. A., & Cortassa, S. (2015). Function of metabolic and organelle networks in crowded and organized media. *Frontiers in Physiology*, 6(JAN), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00523>
- Fernandez-De-Cossio-Diaz, J., & Vazquez, A. (2018). A physical model of cell metabolism. *Scientific Reports*, 8(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26724-7>
- Fletcher, R. (2023). Molecular Pathways: Organelles and Endoplasmic Reticulum, 6, 38–40. [https://doi.org/10.37532/oabr.2023.6\(2\).38-40](https://doi.org/10.37532/oabr.2023.6(2).38-40)
- Huxley, L., Walter, M., & Flexman, R. (2018). Biology for QLD and Australian Perspective Units 1&2. Retrieved from https://www.oup.com.au/_data/assets/pdf_file/0024/135078/Biology-for-QLD_An-Aust-Perp_3E_Units1-2_9780190310219_sample-chapter-3_low-res_secure.pdf
- Karp, G. (2010). Cytoplasmic membrane systems: structure, function, and membrane trafficking. *Cell and Molecular Biology*, 264–317.
- Lim, C. Y., & Zoncu, R. (2016). The lysosome as a command-and-control center for cellular metabolism. *Journal of Cell Biology*, 214(6), 653–664. <https://doi.org/10.1083/jcb.201607005>
- Panawala, L. (2017). Difference Between Cytosol and Cytoplasm. *Pediaa*, (March), 1–10. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/314838275_Difference_Between_Cytosol_and_Cytoplasm

- Parry, B. R., Surovtsev, I. V., Cabeen, M. T., O'Hern, C. S., Dufresne, E. R., & Jacobs-Wagner, C. (2014). The bacterial cytoplasm has glass-like properties and is fluidized by metabolic activity. *Cell*, 156(1–2), 183–194. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2013.11.028>
- Shore, D., & Albert, B. (2022). Ribosome biogenesis and the cellular energy economy. *Current Biology*, 32(12), R611–R617. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.04.083>
- Xie, J. (2023). Contribution of cytoplasm material properties to the mechanics of mitotic spindle positioning To cite this version: HAL Id: tel-04098397 Université de Paris Contribution of cytoplasm material properties to the mechanics of mitotic spindle positioning Pa.

BAB 5

RIBOSOM

Oleh Adelia Triwahyuni

5.1 Pendahuluan

Kata ribosom secara harafiah berasal dari kata Yunani yaitu kata “soma” dan kata “asam ribonukleat”. Kata “soma” sendiri berarti “tubuh” dan “asam ribonukleat” berarti asam ribonukleat. Dari buku (2017) Biologi Sel: Satuan Terkecil Makhluk Hidup (Rahmadina dan Fusnarica Febriani), ribosom adalah organel kecil, padat, tanpa membran. Biasanya terdapat di semua sel hidup. Molekul utama penyusun ribosom adalah RNA ribosom. RNA ribosom juga dikenal sebagai rRNA. Selain RNA ribosom, atau rRNA, molekul penyusun ribosom juga terdiri dari protein. Oleh karena itu, ribosom termasuk organel terkecil di tubuh, dengan ribuan ribosom ditemukan pada sel prokariotik dan eukariotik.

Pada sel eukariotik, organel ribosom ditemukan di banyak lokasi, termasuk RE (retikulum endoplasm) dan sitosol. Retikulum Endoplasma sendiri merupakan organel seluler atau organel yang terdapat pada semua sel eukariotik dan bagian dari sistem yang disebut endomembran. Di sisi lain, sitosol merupakan komponen seluler yang dimetabolisme di sitoplasma dalam keadaan cair. Sebaliknya, pada sel prokariotik, organel ribosom hanya terdapat di lokasi seperti sitosol sel. Ini karena jenis sel ini tidak memiliki organel yang mengandung membran seperti retikulum endoplasma.

5.2 Struktur Ribosom

Ribosom adalah struktur atau kelompok multimolekul yang mempunyai fungsi sebagai pabrik sintesis protein. Selama translasi, ribosom terdiri dari molekul protein dan rRNA. Jumlah ribosom dalam suatu sel sangat banyak dan bervariasi menurut jenis organismenya.. Untuk mempelajari bentuk, struktur dan komposisi ribosom, dengan menerapkan cara sebagai berikut Amati dengan menggunakan mikroskop elektron.



Gambar 5. 1 Struktur Ribosom

Sumber: vi.m.wikipedia.org

Ribosom terdiri dari RNA dan protein, dengan dua subunit: besar dan kecil. Subunit besar berada di atas yang kecil, mirip hamburger bertumpuk. Saat siap membuat protein, kedua subunit bergabung. Subunit kecil membaca pesan mRNA untuk asam amino, sementara subunit besar membentuk ikatan peptida dan protein. Pada eukariot, subunit kecil memiliki koefisien

sedimentasi 40S dan besar 60S, total 80S. Pada prokariot, subunit kecil 30S dan besar 50S, total 70S. Ribosom terdiri dari rRNA, dengan tRNA dan mRNA juga terlibat dalam sintesis protein; tRNA menyediakan asam amino, mRNA membawa informasi genetik. (Ribosom, 2019)

Ribosom Prokariotik (E Coli)		Ribosom Eukariotik (Rat)	
Ribosom ($2,52 \times 10^6$)		Ribosom ($4,22 \times 10^6$)	
Sub Units		Sub Units	
RNA		RNA	
16S RNA (1542 nukleotida)	23S RNA (2904 nukleotida)	18S RNA (184 nukleotida)	28S + 5.8S RNA (4718 + 160 nukleotida)
Protein		Protein	
21 Protein	31 Protein	35 Protein	49 Protein

Gambar 5. 2 Struktur ribosom prokariotik dan eukariotik

Sumber: buku biologi sel

1. Struktur Ribosom pada eukariotik

Ribosom eukariotik adalah ribosom yang ditemukan pada sel eukariotik. Ribosom tersebut bebas di sitoplasma dan biasanya melekat pada RE (retikulum endoplasma). Ribosom eukariotik memiliki panjang sekitaran 32×22 nanometer dan mempunyai massa 4.220.000 dalton.

Pada ribosom eukariotik, koefisien sedimentasi keseluruhan adalah 80S. Akibatnya, ribosom eukariotik terdiri dari 40 persen bagian penghasil RNA dan sekitar 60 persen bagian protein. (Little et al., 2016)

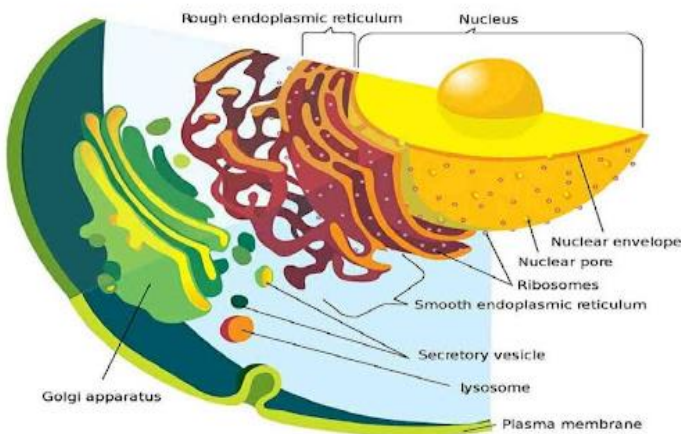
2. Struktur Ribosom pada Prokariotik

Ribosom prokariotik sedikit berbeda dari ribosom eukariotik dan pada dasarnya merupakan organel yang

terletak di dalam sitoplasma. Ribosom tersebut mempunyai ukuran pada subunit dengan koefisien sedimentasi sebesar 50S dan 30S. Organel ini berukuran panjang sekitar 29 x 21 nanometer dan memiliki massa 2.520,00 Dalton. (Rheinberger, 2018)

5.3 Jenis dan Fungsi Ribosom

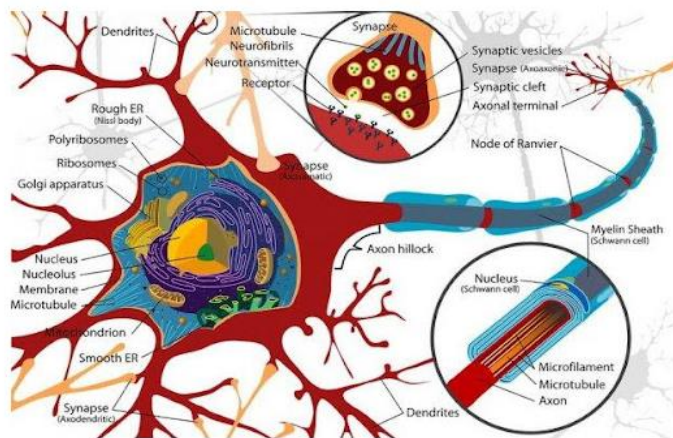
Ribosom bebas merupakan ribosom yang terdapat pada sitoplasma, sedangkan ribosom terikat adalah ribosom yang menempel pada membran intraseluler, terutama retikulum endoplasma. Protein yang dihasilkan oleh ribosom bebas digunakan dalam sitosol itu sendiri. Protein yang disintesis oleh ribosom terikat sering kali dimasukkan ke dalam membran untuk membungkus organel tertentu atau dikeluarkan dari sel. Ribosom bebas dan terikat memiliki struktur yang identik dan dapat dipertukarkan



Gambar 5. 3 Fungsi Ribosom
Sumber: kibrisdr.org

Ribosom terletak pada sel tumbuhan dan sel hewan, berperan penting dalam sintesis protein. Terdiri dari dua subunit, ribosom berfokus pada proses translasi, memproduksi protein yang esensial untuk fungsi biologis tubuh, termasuk kulit, rambut, dan kuku. Tanpa protein yang dihasilkan ribosom, banyak fungsi tubuh akan terganggu. Ribosom mengumpulkan asam amino untuk membentuk protein, yang digunakan baik di dalam maupun di luar sel. Protein dalam sel diproduksi oleh ribosom di sitosol, sedangkan protein pada luar sel diproduksi oleh ribosom di RE (retikulum endoplasma) atau ampol nukleus. (Wolf, 2017)

5.4 Cara Kerja Ribosom dalam Tubuh



Gambar 5.4 Ribosom dan Organel lainnya

<https://www.shutterstock.com/image-vector/human-nerve-cell-214981837>

Hanya ada satu cara untuk memenuhi dan memproduksi protein yang dibutuhkan setiap sel. Ini adalah sintesis protein melalui aktivitas ribosom. Pada Proses pembuatan protein tersebut tentunya melibatkan DNA dan RNA, hanya saja

prosesnya dimulai di dalam inti sel. Pada Proses sintesis protein dimulai saat enzim didalam inti sel membuka bagian tertentu dari DNA. Hal tersebut dilakukan agar salinan RNA dapat mengakses DNA dan meneruskan proses sintesis protein.

Sesudah RNA berhasil memindahkan informasi DNA, molekul RNA berpindah dari inti sel ke sitoplasma sel. Proses pembentukan protein terjadi di sitoplasma. Dan Hasil akhir dari proses tersebut adalah protein yang digunakan untuk berbagai fungsi pada tubuh. (Wilson & Nierhaus, 2003)

5.5 Ribosom pada Organel

A. Ribosom pada Mitrokondria

Ribosom mitokondria sangat heterogen. Selain bebas dalam matriks organel, ribosom ini juga memiliki kemampuan untuk memisahkan diri dari membran kristal. Ribosom sitoplasma menempel pada permukaan luar membran mitokondria menuju sitosol dan dapat berpartisipasi dalam sintesis protein intraseluler. Terdapat perbedaan ukuran subunit dan monomer penyusun ribosom pada organel. Koefisien sedimentasi ribosom mitokondria pada ragi, jamur, protista, dan tumbuhan tingkat tinggi berkisar antara 70 hingga 80 S. Sel hewan memiliki koefisien sedimentasi antara 50 dan 60 S. Ribosom mitokondria hanya terdiri dari dua jenis rRNA.

B. Ribosom Pada Kloroplas

Ribosom kloroplas memiliki faktor sedimentasi 70 S dan terdiri dari subunit 50 S dan 33 S. Dalam hal ini, ribosom kloroplas mirip dengan yang ditemukan pada sel prokariotik dan berbeda dengan ribosom seluler.

DAFTAR PUSTAKA

- Little, R. H., Grenga, L., Saalbach, G., Howat, A. M., Pfeilmeier, S., & Trampari, E. (2016). Adaptive Remodeling of the Bacterial Proteome by Specific Ribosom ... Adaptive Remodeling of the Bacterial Proteome by Specific Ribosom ... *PLoS Genetics*.
- Rheinberger, H.-J. (2018). Vom Mikrosom zum Ribosom Strategien' der Repräsentation' 1935—1955. In *Experimentalisierung des Lebens*. <https://doi.org/10.1515/9783050068992-009>
- Ribosom*. (2019). https://doi.org/10.1007/978-3-662-48986-4_313284
- Wilson, D. N., & Nierhaus, K. H. (2003). Das Ribosom unter der Lupe. *Angewandte Chemie*, 115(30). <https://doi.org/10.1002/ange.200200544>
- Wolf, K. (2017). Das Ribosom – die Proteinfabrik. In *Molekularbiologie 2*. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55192-9_7

BAB 6

MITOKONDRIA

Oleh Dwi Febriani Ningsih

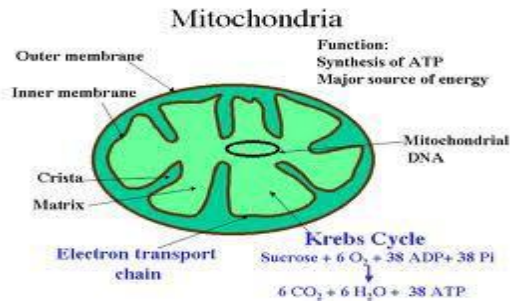
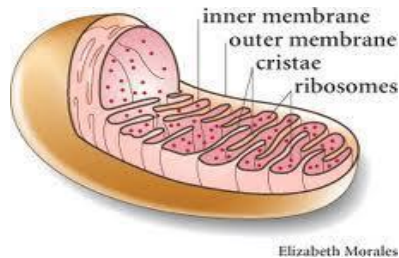
6.1 Pendahuluan

Karena fungsinya yang jelas, mitokondria adalah organel penting. Dalam proses respirasi sel, ada enzim yang melakukan oksidasi dan mensintesis ATP dalam tubuh ini. Akibatnya, mitokondria merubah energi potensial aneka kuliner sehingga menjadi energi potensial dan menyimpannya pada *ATP*. Energi ATP ini kemudian digunakan oleh sel untuk melakukan berbagai aktivitas. Dalam situasi seperti ini, tidak mengherankan bahwa mitokondria cenderung terakumulasi pada sel yang sangat aktif, seperti neuron sel otot, dan sel sekretori. Selain itu, dalam kondisi tertentu, sel prokariotik juga dapat menghasilkan ATP tanpa mitokondria (sel prokariotik memiliki mesosoma, organel yang serupa dengan mitokondria). Mitokondria memiliki karakteristik yang menarik. Ialah orgnel ini terdiri dari DNA, RNA, dan ribosomnya sendiri, dan memiliki kemampuan untuk mensintesis protein dan enzimnya sendiri, yang memungkinkan beroperasi secara mandiri.

6.2 Mitokondria

Mitokondria adalah benda bulat atau berbentuk batang berukuran 0,2 hingga 0,5 μm . Jumlah selnya bervariasi, tetapi sel aktif (seperti hepatosit) mungkin mengandung lebih dari seribu.

Walaupun mitokondria yang lebih besar dapat dilihat dengan mikroskopis cahaya, tetapi struktur dasarnya hanya dapat dilihat dengan mikroskopis elektron. Mikrograf elektron menunjukkan bahwa setiap mitokondria bersifat vakuolar, mirip dengan sel dan membran inti, serta terdiri dari 2 lapisan: lapisan dalam dan lapisan luar. Lapisan dalam menghasilkan cekungan (krista) yang membantu memperluas bagian atas/ruang yang menyimpan ATP sebagai sumber energi. Membran mitokondria ini mengandung fosfolipid dan protein. Meskipun beberapa protein bersifat eksogen, pada dasarnya merupakan protein endogen yang tertanam dalam dua lapisan lipid (lapisan ganda lipid).

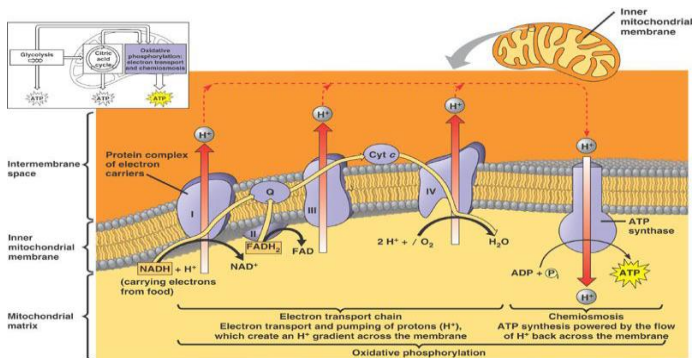


Gambar 6. 1 Struktur mitokondria yang terpotong

<https://www.helpforentance.com/2022/02/cell-biology-botany-cell-organelles-entrance-exam-notes.html#gsc.tab=0>

Mitokondria, disebut “kekuatan sel”, adalah organel sel (dapur seluler) yang menghasilkan energi. Nama mitokondria terdiri dari dua suku kata Yunani: mito = benang dan chondrion = butiran. Oleh karena itu, mitokondria merupakan organel dengan bentuk atau butiran memanjang. Mitokondria dikelilingi oleh membran ganda, dengan membran bagian dalam memanjang ke dalam matriks dan membentuk tonjolan yang disebut krista. Membrannya terdiri dari lipoprotein. Matriks mengandung enzim koenzim yang diperlukan untuk metabolisme energi. Mitokondria mengandung DNA dan ribosom.

Sebelumnya telah dibahas fotosintesis yang melibatkan organel sel yaitu kloroplas. Secara umum fotosintesis merupakan proses penangkapan energi matahari untuk sintesis molekul organik kaya energi dari prekursor anorganik (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2). Sebaliknya, respirasi merupakan proses dimana energi yang tersimpan dalam zat sumber energi dilepaskan melalui proses kimia menggunakan oksigen, dan molekul organik terurai. Respirasi menghasilkan energi kimia ATP untuk aktivitas kehidupan (anabolisme), pergerakan, pertumbuhan dan perkembangan. Organel seluler, yaitu mitokondria, terlibat dalam respirasi intraseluler.



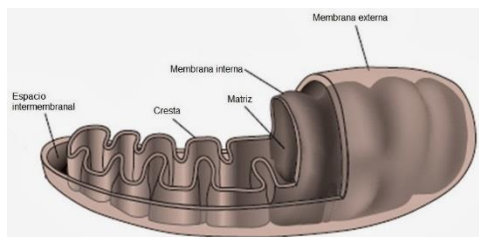
Gambar 6. 2 Siklus Hidup Mitokondria

<http://deraito.blogspot.co.id/2011/11/mitokondria.html>

6.3 Struktur Mitokondria

Porin adalah protein yang bersaluran yang terdapat di membran luar. Oleh karena itu, lebih dari 5000 dalton dan protein yang terlibat dalam sintesis lipid dapat melewati membrane ini. Selain itu, lipid dipecah menjadi bentuk yang dapat dimetabolismekan di matriks. Struktur mitokondria berbentuk sosis adalah sebagai berikut:

- Mitokondria mempunyai dua membran, membran luar dan membran dalam. Kedua membran dipisahkan oleh ruang antar membran (intermembrane).
- Membran bagian dalam membentuk struktur lipatan atau cekungan krista (krista mitokondria). Krista mengandung enzim yang terlibat dalam respirasi sel, fosforilasi oksidatif, dan sistem transpor elektron.
- Rongga bagian dalam berisi larutan berbentuk gel/matriks. Matriks ini mengandung banyak DNA mitokondria, ribosom, dan enzim yang terlibat dalam siklus asam sitrat/Krebs. DNA mitokondria berbentuk sirkular dan diwarisi dari ibu. DNA mitokondria hanya mengandung gen yang berhubungan dengan proses pernapasan sel. Proses respirasi sel dijelaskan secara rinci dalam Biokimia Medis.



Gambar 6. 3 Struktur organela mitokondria

https://fisiolvegetal.blogspot.com/2012/09/mitochondria_9.html

6.4 Sifat dan Fungsi Mitokondria

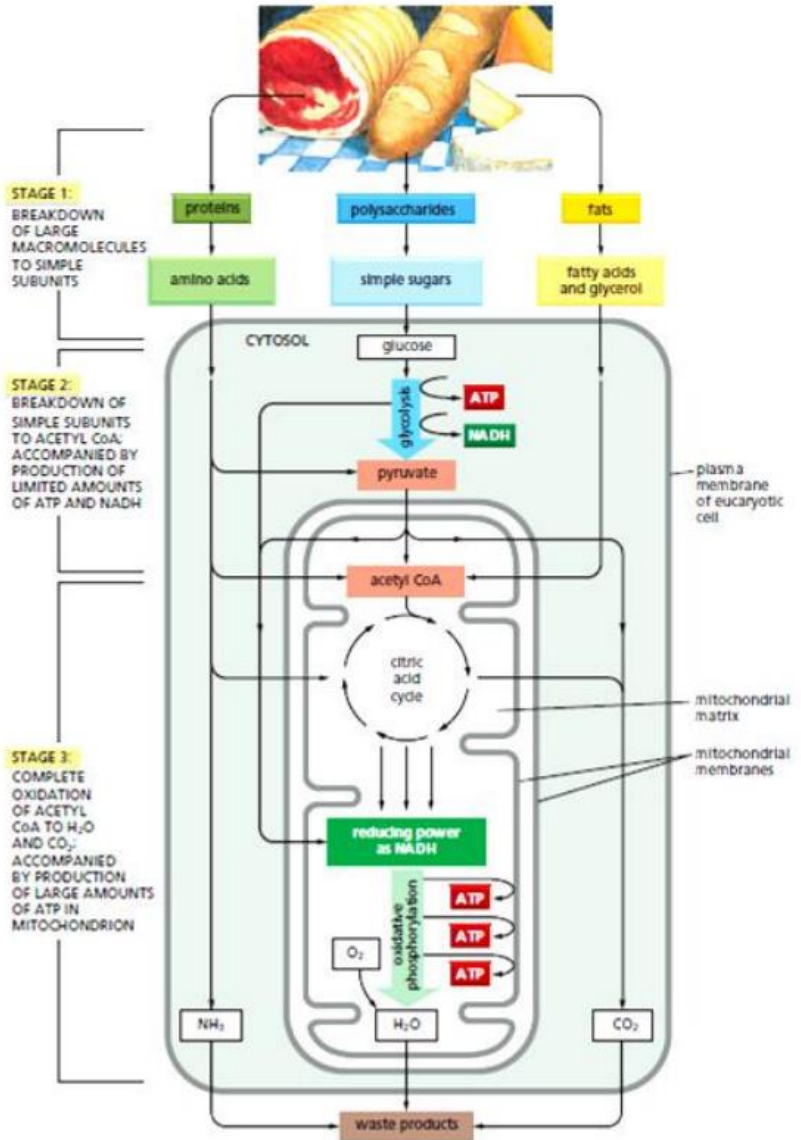
Adapun sifat dari mitokondria adalah :

1. Silindris dengan panjang diameter 0,5 1 μm .
2. Mobile, bergerak di sepanjang Mikrotubula.
3. Plastis, dapat berubah - ubah bentuk.
4. Mampu membelah diri.

Mitokondria terletak di tempat di mana ATP diperlukan, seperti di antara miofibril sel otot jantung untuk kontraksi otot, atau di leher sel sperma untuk pergerakan flagel. Sedangkan fungsi dari mitokondria adalah :

1. Oksidasi substrat, piruvat, dan asam lemak menjadi asetil KoA.

Sebelum kita berbicara tentang oksidasi di dalam Mitokondria, perhatikan gambar berikut yang menunjukkan proses *konversi* energi bahan makanan dalam tiga tahap. Bahan yang akan dioksidasi dapat berupa *piruvat* yang dihasilkan dari *glikolisis sitosol* atau asam lemak. Selanjutnya, asetil KoA masuk ke dalam matriks mitokondria dan kemudian bergerak ke siklus asam sitrat, di mana enzim-enzim yang terdapat membantu mengoksidasinya.

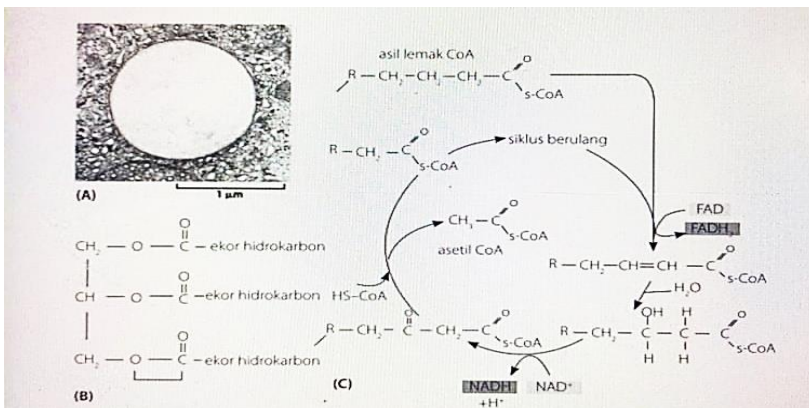


Gambar 6. 4 Tiga tahap konversi energi bahan makanan.

(Sumber: Alberts dkk., 2008)

2. Oksidasi β Asam Lemak

Triasilgliserol atau trigliserida adalah molekul lemak yang terdiri dari gliserol dan tiga molekul asam lemak. Molekul ini tidak bermuatan dan tidak dapat larut dalam air, sehingga merupakan buih lemak di sitosol. Bintik lemak membentuk sel-sel jaringan adiposa. Bentuknya yang kecil terlihat pada sel-sel yang bergantung pada pemecah asam lemak sebagai sumber energinya, seperti sel-sel otot jantung. Pergerakan asam lemak yang berasal dari molekul lemak dalam matriks mitokondria dimamadiasi oleh enzim yang terletak di membran mitokondria dan di luar sel. Setiap molekul asam lemak dalam matriks ini dipecahkan oleh satu siklus reaksi yang memisahkan dua karbon pada ujung karboksilnya, yang menghasilkan satu molekul asetil KoA pada setiap putaran siklus.



Gambar 6. 5 Reaksi pengubahan piruvat menjadi asetil KoA yang terjadi di matrik Mitokondria
(Sumber: Alberts dkk., 2008)

Kompleks *Enzim Piruvat Dehidrogenase*, yang terdiri dari piruvat dekarboksilase (A), lipoamide reductase-transasetilase (B), dan dihidrolipoil, berpartisipasi dalam reaksi ini. Asetil KoA yang dihasilkan akan dioksidasi lebih lanjut di siklus krebs.

3. Perpanjangan rantai asam lemak

Retikulum Endoplasma Halus (REH) menghasilkan asam lemak, tetapi perpanjangan asam palmitat (C-16) dapat diatasi oleh enzim mitokondria dengan menambah asetil KoA ke ujung karboksil menjadi asam stearat (C-18). Pembentukan asam lemak jenuh lainnya juga dapat dicapai dengan metode perpanjangan ini.

4. Berperan dalam reaksi amfibolik/anaplerotik.

Daur asam trikarboksilat sebagai hasil katabolisme dan prazat sebagai hasil anabolisme.

Contoh: a-ketoglutarat + alanin $\longleftrightarrow$ glutamate + piruvat

Oksaloasetat + alanin $\longleftrightarrow$ a aspartat + piruvat

Sitrat $\longleftrightarrow$ asetil Koa + oksaloasetat

5. Sebagai Reaksi anaplerotik

Dikarenakan asetil KoA dapat berfungsi sebagai perangsang bagi enzim tersebut, maka dalam siklus asam trikarboksilat yang kekurangan oksaloasetat, piruvat dapat diubah menjadi oksaloasetat dengan bantuan piruvat karboksilase. Jika jumlah dari asetil KoA di dalam sel berlebih, maka senyawa ini akan merangsang kegiatan piruvat karboksilase, sehingga piruvat yang diubah menjadi oksaloasetat akan semakin bertambah banyak. Selanjutnya, oksaloasetat + asetil KoA berubah menjadi sitrat sintase.

Selain itu, asam amino dapat digunakan sebagai sumber oksidasi. Glutamat dan piruvat menghasilkan a-ketoglutarat dan alanin, sedangkan aspartat dan piruvat menghasilkan oksaloasetat dan alanin.

DAFTAR PUSTAKA

- Purwaningsih, endang. (2022). *Biologi Sel*. Jakarta : YARSI TOWER
- Rahmadina, Husnamika Febriana. (2017). *Biologi Sel Unit Terkecil Penyusun Tubuh Makhluk Hidup*. Surabaya : CV. Selemba Papyrus.
- Kurniati, Tuti. (2020). *Biologi*. Bandung : CV. Cendekia Press.
- Subowo. (2020). *Biologi Sel*. Bandung : Angkasa. CV
- Adrianti, Hebert. (2017). *Biologi Sel dan Molekuler*. Yogyakarta : DEEPUBLISH.
- Dra. Maria Lucia Santoso, Drs. Didi Jaya Santri, (2016). *Biologi Molekuler Sel*. Palembang: Salemba Teknika.

BAB 7

APARATUS GOLGI

Oleh Ninda Novita

7.1 Pendahuluan

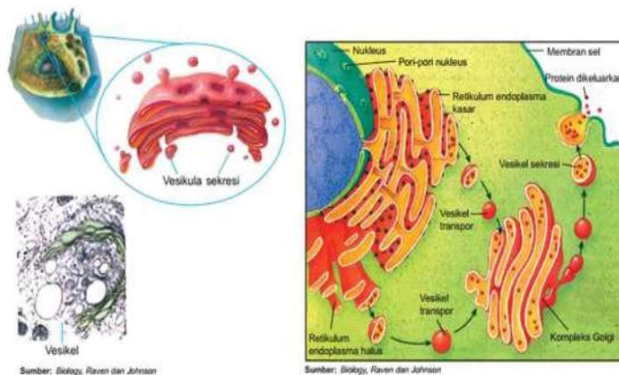
Aparatus Golgi, juga disebut badan Golgi, dari tumpukan kantung pipih (tangki) yang terikat membran gradular yang tidak terhubung secara fisik. Organel ini berfungsi sebagai gudang sel, menangani penerimaan, penyortiran, pengemasan, dan pengiriman makromolekul. Mereka bahkan membuat beberapa makromolekul. Struktur Aparatus golgi tampak sebagai tumpukan sisterna di bawah mikroskop elektron. Badan golgi memiliki arah struktural dan fungsional yang berbeda sesuai dengan RE. Masing-masing sisi aparatus golgi dapat dibedakan satu sama lain berdasarkan ketebalan dan komposisi molekul.

Aparatus Golgi, juga dikenal sebagai kompleks Golgi, diktiosom, atau badan Golgi, terdiri dari setumpuk kantung pipih (sisterna) yang masing-masing ditutupi oleh membran agranular. Setiap kantung pipih dikenal sebagai sakulus. Diktiosom memiliki dua area. Satu adalah daerah trans atau pemasakan, yang terhubung ke daerah peralihan REG, dan yang lainnya adalah daerah cis atau pembentukan. Aparatus Golgi, yang berhubungan erat dengan membran sel, mengubah protein RE dan mengirimkannya ke target yang dimaksud, baik di dalam maupun di luar sel. Ini terjadi pada sel sekretoris daerah trans. Diktiosom adalah organel polar, seperti yang ditunjukkan oleh analisis

histokimiawi. Diktiosom memiliki sisterna unik dengan masing-masing enzimnya. Saat molekul protein berpindah dari satu sakulus ke sakulus yang lain, mereka mengalami perubahan berulang. Aparatus Golgi bertanggung jawab atas sejumlah besar, Kegiatan sel meliputi, tetapi tidak terbatas pada, glikosilasi, pemulihan jaringan sel, sekresi, dan produksi protein dan lipid berkarbohidrat tinggi.

7.2 Aparatus Golgi

Organel sekretori yang dikenal sebagai aparatus Golgi untuk mengatur keluarnya suatu senyawa dari sel. Akibatnya, kompleks ini terletak antara membran plasma dan RE. Jika dilihat di bawah mikroskop, kompleks golgi memiliki bentuk seperti mangkuk karena membrannya yang berpembuluh dan pipih.

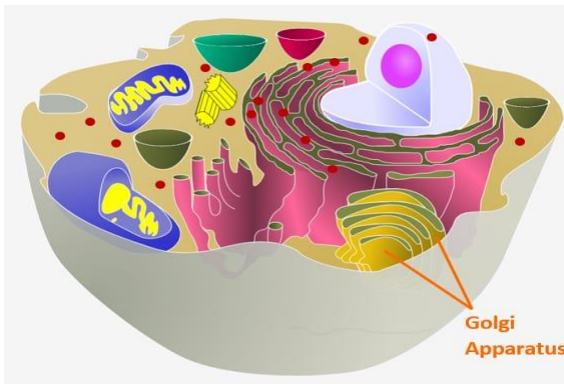


Gambar 7. 1 Kompleks Golgi

(Sumber : [https:// www.plengdut.com/kompleks-golgi](https://www.plengdut.com/kompleks-golgi))

Aparatus Golgi adalah organel pleomorfil yang ditemukan di hampir semua sel tumbuhan dan hewan. Mereka kadang-kadang berbentuk vesikel kecil atau besar, tetapi biasanya

berbentuk kantung pipih. Ini terdiri dari sisterna halus berlapis parallel yang disebut diktiosom. Berbagai vesikel mengelilinginya, dan isinya dilepaskan ke luar sel. Sisterna Aparatus Golgi memiliki ketebalan 60 hingga 70 Å, dan bentuknya menyerupai cangkir dengan permukaan cembung menuju alas dan cekung menuju puncak. Permukaan cekung disebut permukaan matang, dan permukaan cembung disebut permukaan bentuk atau permukaan belum matang.



Gambar 7. 2 Aparatus Golgi

https://www.mikroskopie-bonn.de/_downloads/FluorescentLiveCellImaging1.pdf

Aparatus Golgi ukurannya besar, ini adalah salah satu organel pertama yang pernah diperlihatkan. Pada tahun 1897, dokter Italia Camillo Golgi menggunakan metode pewarnaan baru yang dia ciptakan untuk mempelajari sistem saraf. Dia menggunakan mikroskop cahaya untuk melihat struktur seluler yang disebut aparatus reticular internal pada sampel dan menggunakan teknik ini hingga hari ini. Segera setelah penemuannya diumumkan secara publik pada tahun 1898, struktur tersebut dinamai sesuai namanya, dan secara luas disebut sebagai aparatus Golgi, banyak ilmuwan berpendapat bahwa Golgi sebenarnya adalah organel yang ada

di dalam sel, dan mereka malah menganggap objek yang terlihat sebagai efek pewarnaan. abad penemuan mikroskop elektron.

Aparatus Golgi Sel Hewan Secara teratur mengalami modifikasi molekul. Setiap tumpukan Golgi memiliki ujung atau dua sisi. Sisi cis tumpukan Golgi adalah organel ujung tempat zat masuk dari retikulum endoplasma untuk diproses, sedangkan sisi trans adalah tempat zat keluar dalam bentuk vesikel terpisah yang lebih kecil. Akibatnya, sisi cis berada di dekat retikulum endoplasma, di mana sebagian besar materi yang diterimanya berasal, dan sisi trans berada di dekat membran plasma sel, di mana sebagian besar zat yang dimodifikasinya dikirim. Ada enzim di dalam lumen (ruang terbuka bagian dalam) tangki di antara, dan setiap sisi memiliki struktur kimiawi yang berbeda.

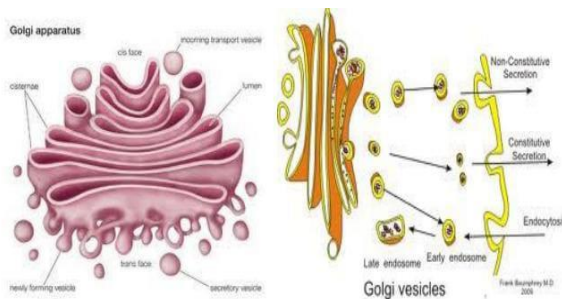
Aparat Golgi diberi nama atas nama ilmuwan penemu organel Camillo Golgi. Nama lain untuk aparat ini adalah kompleks Golgi atau badan Golgi. Ini ada di semua sel eukariotik, termasuk tumbuhan dan hewan. Mereka adalah organel yang terikat pada membran sel yang ditemukan di sitosol sel. Kompleks Golgi. Cisternae, kantong bertumpuk berbentuk cakram yang membentuk aparatus Golgi, terdiri dari lima hingga delapan rangkaian kompartemen berbentuk cangkir. Tumpukan Golgi biasanya terdiri dari empat hingga delapan sisterna. Namun, sekitar enam puluh sisterna ditemukan di beberapa protista. Sebuah sel mamalia mengandung antara empat puluh dan seratus tumpukan sisterna.

Makhluk hidup terkecil Sel adalah bagian dari sistem organisasi kehidupan, dan sel memiliki kemampuan untuk membentuk beberapa bagian dengan sendirinya. Sel adalah unit yang sangat kecil yang memiliki struktur dan fungsi dan terdiri dari beberapa bagian dan organel yang bekerja sama untuk melakukan tugas tertentu. Bagian Golgi tubuh makhluk hidup adalah organel yang sangat penting untuk kelangsungan

hidupnya. Struktur dan fungsi sel Golgi tidak sama dengan organel seluler lainnya. Hampir semua sel eukariotik memiliki aparatus Golgi, yang terdiri dari sekelompok kantung pipih yang dikelilingi oleh membran. Organel yang lebih ringan termasuk dalam organel yang melakukan fungsi ekskresi.

7.3 Struktur Aparatus Golgi

Struktur Aparatus Golgi ditemukan oleh Camillo Golgi pada tahun 1898. Golgi memiliki 3-8 reservoir. Diktiosom adalah tumpuk buncis. Flagela uniseluler (uniseluler) memiliki minimal 60 sisterna. Sebagai perbandingan, sel hewan memiliki 10-20 Golgi, sedangkan sel mamalia memiliki 40 hingga 100 tumpukan dengan 4 hingga 8 sisterna. Sebagian besar sel tumbuhan memiliki ribuan Golgi, tetapi sel kepala akar jagung hanya memiliki dua Golgi. Protista memiliki 60 reservoir. Transportasi Golgi menggunakan kantung Golgi terdiri dari tiga area utama: Cis, Medial, dan Trans.



Gambar 7. 3 Struktur Aparatus Golgi

<https://bioearthworm.wordpress.com/2023/01/21/badan-golgi/>

- Wilayah Cis adalah wilayah dekat RE, juga disebut sebagai wilayah penerima Golgi, karena materi dari RE dikirim ke

Golgi melalui wilayah Cis. Di depan wilayah Cis terdapat wilayah CGN (Jaringan Cis Golgi), yang merupakan wilayah tempat berkumpulnya vesikel RE, sehingga membentuk wilayah Cis.

- Wilayah transis juga disebut sebagai wilayah pengiriman Golgi, karena material yang diproses di Golgi melalui wilayah transis. Di tengah wilayah trans terdapat wilayah TGN (Ketebalan film Cis dan Trans berbeda. Mikrotubulus, yang merupakan protein aktin, menghubungkan setiap tumpukan. Fungsi Golgi: Menyortir, mengedit, dan mengemas makromolekul
- Pengeditan protein ER kasar (proses penambahan karbohidrat atau glikosilasi dan penambahan fosfat yang disebut fosforilasi)
- Glikosilasi di Golgi berbeda dengan glikosilasi di RE
- Transportasi lipid
- Mensintesis lisosom
- Produksi proteoglikan, yaitu matriks ekstraseluler, pada hewan
- 80% reaksi biokimia terjadi di sel Cisterna dalam sel tumbuhan.

Sel-sel tubuh terdiri dari komponen dan organel, yang terdiri dari berbagai bagian yang bekerja sama untuk melakukan berbagai tugas. Dalam sel hewan, ada 10-20 badan Golgi, sedangkan dalam sel tumbuhan, ada ratusan badan Golgi, yang disebut diktiosom sel tumbuhan. Jenis sel memengaruhi lokasi aparatus Golgi. Aparat Golgi mamalia biasanya terletak di sitoplasma dekat nukleus dan retikulum endoplasma kasar. Tubuh Golgi pada tumbuhan terjadi pada saat yang sama.

Dalam model pengembangan sisterna cisternal, yaitu:

- Vesikel bergerak dari RE ke Golgi dan
- Vesikel bergabung dan membentuk sisterna cis Golgi baru.
- Kemudian, sisterna Golgi bergerak dari arah cis ke trans
- Vesikel terbentuk dan meninggalkan Golgi, mengangkut protein vesikel terbentuk dan meninggalkan Golgi, mengangkut protein.
- Vesikel juga mentransfer beberapa protein mundur ke lapisan Golgi yang kurang matang, di mana protein itu berfungsi.
- Vesikel juga mentranspor protein tertentu kembali ke RE.

Adapun ciri – ciri Aparatus Golgi yaitu :

1. Aparatus Golgi memiliki berbagai bentuk dalam sel eukariotik, terutama dalam susunan kantong pipih.
2. Aparatus Golgi memiliki susunan kantong-kantong pipih
3. Pada lempengan kantong-kantong atau sisterna Badan Golgi, membran tunggal mengelilinginya
4. Lebar sisterna berkisar dari 500 nm hingga 1000 nm.

7.4 Fungsi Aparatus Golgi

Aparatus Golgi dianggap berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara untuk mengkondensasi zat yang disekresikan dan menyimpannya untuk disekresikan pada akhirnya. Aparatus Golgi juga bertanggung jawab atas pembentukan lisosom, yang membantu pembentukan membran sel, termasuk sintesis selulosa pada sel tumbuhan. Selain itu, aparatus Golgi mensintesis karbohidrat, yang kemudian digabungkan dengan protein di sisterna Golgi untuk membentuk glukoprotein. Fungsi utama Aparatus Golgi untuk mengemas protein. Retikulum Endoplasma memberikan protein kepadanya.

Ini memasukkannya ke dalam vesikel yang terikat pada membran, yang kemudian dikirim ke berbagai lokasi, seperti lisosom, membran plasma, atau sekresi. Mereka juga terlibat dalam pembentukan lisosom dan pengangkutan lipid.

DAFTAR PUSTAKA

- Hartono rodhi, & rudina azimata. (2019). Biologi sel dan genetik.
Jakarta: kementerian kesehatan RI.
- Sri Suropti,Tina Yulistania Tinia Leyli Shofia Ahmad,Lilik Muntamah,Andri Adi Mustika. (2020). Biologi sel.jakarta: Direktorat GTK Madrasah.
- Sandriana Juliana Nendissa, Anita, Muhammad Nasir, Nadya Treesna Wulansari, Ida Ayu Manik Damayanti, Umi Hasanah, Rina Hidayati Pratiwi, Muhammad Rifqi Hariri, Maria Nindatu, Anak Agung Istri Mas Padmiswari, Rudy Hidana, Dessyre M. Nendissa, Ariyani Noviantari, Ni Wayan Sukma Antari. (2013). biologi sel.WIDINA BHAKTI PERSADA BANDUNG (Grup CV. Widina Media Utama).
- Endang Purwaningsih, MS. PA. (2022). Biologi sel buku ajar. Jakarta: YARSI TOWER

BAB 8

LISOSOM

Oleh Galih Dwiki Ramandati

8.1 Pendahuluan

Lisosom adalah organel sitoplasma tertutup membran yang menjadi pusat degradasi sel dan terutama bertanggung jawab atas pemecahan protein, polisakarida, dan lipid kompleks menjadi molekul-molekul penyusunnya, molekul penyusunnya, seperti asam amino, monosakarida, dan asam lemak bebas (Braulke & Bonifacino, 2009; Huotari & Helenius, 2011). Istilah lisosom berasal berasal dari kata “lyso” yang berarti “pencernaan” dan “soma” yang berarti “tubuh”. Pengamatan melalui mikroskop elektron mengungkapkan bahwa lisosom memiliki bentuk dan ukuran yang sangat bervariasi. Meskipun demikian, lisosom tetap dapat diidentifikasi sebagai organel seluler yang khas. Lisosom berukuran kecil, umumnya berbentuk oval hampir bulat dengan diameter sekitar 1,5 μm dan hanya ditemukan dalam sel hewan. Sel tumbuhan tidak memiliki lisosom karena fungsi yang sama dilakukan oleh vakuola. Lisosom mengandung lebih dari 50 jenis enzim hidrolase yang berbeda, termasuk lipase, protease, dan glikosidase yang berperan dalam proses degradasi katabolik. Sebagian besar hidrolase bekerja optimal pada pH asam, mirip dengan pH lumen lisosom yang berkisar antara (4,5-5,0). (Kolter & Sandhoff, 2005).

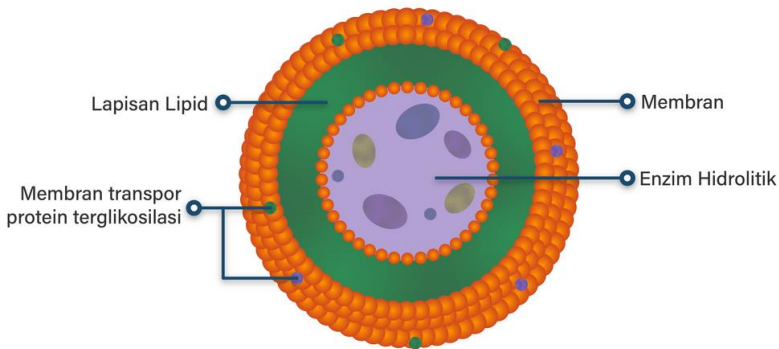
Membran lisosom, terdiri lebih dari 200 protein membran integral, termasuk protein pengimpor proton ATPase tipe-V yang menjaga keasaman lumen, serta pengangkut ion dan saluran yang

mengatur komposisi ion luminal. Selain itu terdapat juga berbagai pengangkut lain yang mengekspor produk degradasi ke sitosol, seperangkat *Lysosome Associated Membran Proteins* (LAMPs) yang sangat terglykosilasi untuk melindungi membran dari degradasi oleh hidrolase lisosom, dan faktor penambatan serta protein SNARE yang mendukung kontak dan fusi lisosom dengan organel sitoplasma lainnya. Permukaan sitosol membran lisosom berfungsi sebagai platform bagi berbagai protein dan kompleks protein yang memediasi sinyal nutrisi dan stress yang berinteraksi dengan sitoskeleton. Produk degradasi, atau katabolit lisosom diangkut keluar dari lisosom melalui eksportir spesifik yang terdapat dalam membran lisosom. Produk-produk dapat dipindahkan melalui vesikel membran yang berperan dalam perdagangan energi homeostasis atau digunakan kembali dalam jalur biosintetik (Saftig & Klumperman, 2009).

8.2 Struktur Lisosom

Lisosom adalah organel seluler yang tertutup oleh membran bilayer lipid, yang mempertahankan lingkungan asam. Struktur bulatnya menampung enzim hidrolitik, seperti protease dan lipid, yang sangat penting untuk pencernaan intraseluler. Lingkungan asam mengaktifkan enzim-enzim tersebut, memungkinkan lisosom untuk mencegah berbagai komponen seluler, termasuk limbah, organel yang rusak, dan partikel yang ditelan. Membran ini melindungi sel dari pencernaan diri dengan mengisolasi enzim-enzim. Lisosom memainkan peran penting dalam hemostasis seluler, mendaur ulang bahan untuk digunakan kembali dan berkontribusi pada proses seperti autofagi. Fungsi dalam aktivitas lisosom dapat menyebabkan berbagai gangguan, menekankan pentingnya fungsi lisosom yang terstruktur dan teratur dengan baik dalam sel.

Struktur Lisosom



Gambar 8. 1 Struktur Lisosom

(Sumber : https://roboguru.ruangguru.com/forum/gambar-lisosom_FRM-Y699F10C)

a. Membran

Membran lisosom terdiri dari bilayer fosfolipid yang menutupi isinya. Fungsi utama membran ini adalah untuk menjaga enzim-enzim pencernaan tetap berada di dalam lisosom, sehingga mencegah kerusakan pada komponen sel lainnya.

b. Enzim

Lisosom mengandung berbagai enzim hidrolitik yang berperan dalam proses pencernaan. Enzim-enzim ini mampu mencegah berbagai macam molekul, termasuk protein, lipid, karbohidrat, dan asam nukleat.

c. Lingkungan asam

Lingkungan di dalam lisosom bersifat asam dengan pH rendah. Kondisi ini penting untuk aktivitas enzim-enzim

hidrolitik, karena enzim-enzim bekerja optimal pada pH yang rendah,

d. Protein Transport

Lisosom dilengkapi dengan protein-protein transport yang memfasilitasi pergerakan molekul masuk dan keluar dari lisosom. Protein-protein ini penting untuk memastikan bahwa produk pencernaan dapat didistribusikan ke bagian sel yang memerlukannya.

e. Pembentukan Vesikel

Lisosom dapat bergabung dengan endosome atau fagosom untuk membentuk vesikel. Proses ini memungkinkan lisosom untuk menginternalisasi bahan-bahan yang perlu dicerna dan kemudian melepaskan hasil pencernaan ke dalam sitoplasma sel.

8.3 Jenis-Jenis Lisosom

Dalam sel, terdapat dua jenis lisosom yang penting untuk proses pencernaan dan daur ulang bahan-bahan seluler. Pertama, lisosom primer adalah organel yang baru terbentuk dan belum terlibat dalam pencernaan seluler. Lisosom primer umumnya memiliki vesikel berbalut protein yang disebut klatrin, yang dilepaskan saat vesikel itu terlepas. Lisosom primer mengundang enzim-enzim hidrolitik dalam bentuk yang belum aktif. Fungsi utamanya adalah sebagai vakuola makanan yang menangkap partikel-partikel dari luar sel.

Kedua, lisosom sekunder terbentuk dari fusi berulang antara lisosom primer dengan berbagai substrat yang berbatas membran. Lisosom sekunder aktif dalam proses mencerna material dan mengandung baik enzim hidrolitik maupun substansi yang akan dicerna di dalam lumen lisosom. Proses ini berperan

penting dalam autolisi, yaitu degradasi komponen seluler yang sudah tidak dipergunakan lagi.

Lisosom sekunder memiliki dua fungsi utama:

1. Heterolisosom terbentuk Ketika bahan yang akan dicerna berasal dari luar sel. Heterolisosom dihasilkan dari perpaduan lisosom primer dengan fagosom atau endosom. Fagosom mengandung partikel seperti bakteri, sedangkan endosome mengandung zat yang diambil melalui endositosis yang tidak berbentuk partikel.
2. Autolisosom adalah lisosom yang mengandung dan berpotensi mencerna substrat intraseluler yang dibatasi oleh membrane (autofagosom), seperti organel intraseluler seperti mitokondria. Autolisosom terbentuk dari peleburan autofagosom dengan lisosom primer.

8.4 Fungsi Lisosom

Lisosom memiliki beragam fungsi penting dalam sel. Secara rinci fungsi-fungsi tersebut meliputi pencernaan intraseluler, di mana lisosom mencerna bahan-bahan dalam sel. Lisosom berperan dalam autofagi dengan menghancurkan struktur yang tidak diinginkan seperti organel yang sudah tidak berfungsi. Proses ini dimulai dengan bagian dari retikulum endoplasma kasar yang melengkung dan menyelubungi organel atau bagian sitoplasma yang akan dicerna, membentuk vesikel bermembran ganda yang disebut autofagosom. Autofagosom kemudian bergerak dan berfusi dengan lisosom primer yang mengandung enzim hidrolitik yang belum aktif, fusi ini menghasilkan autofagolisosom. Setelah proses autofagosom selesai, organel yang dicerna dikeluarkan sebagai residual body.

Bergantung pada jenis sel, isi dari residual body dapat dikeluarkan dari sel melalui eksositosis atau disimpan dalam sitoplasma sebagai lipofuscin granule. Jumlah lipofuscin granule akan meningkat seiring bertambahnya usia sel.

Lisosom juga berperan dalam endositosis, yaitu proses memasukkan makromolekul dari luar sel ke dalam sel melalui vesikel kecil yang disebut endosom awal. Dalam mekanisme ini, beberapa materi dalam endosom awal dipilah, dengan sebagian digunakan kembali atau dibuang ke sitoplasma, sementara sisanya dibawa ke endosom lanjut untuk pencernaan lebih lanjut. Di dalam endosom lanjut, materi tersebut bertemu dengan enzim hidrolitik dan mengalami penurunan pH dari awal sekitar 6 dan menjadi pH 5, sehingga terjadi pematangan dan pembentukan lisosom (Yang & Klionsky, 2010). Endositosis dapat dibagi menjadi dua kategori: *Bulk-phases endocytosis* (dikenal sebagai pinositosis) dan *Receptor-mediated endocytosis*.

1. *Bulk-phases endocytosis* adalah proses saat sel menelan cairan ekstraseluler dan zat terlarutnya. Bentuk endositosis ini melibatkan pengambilan cairan ekstraseluler non-spesifik ke dalam vesikel, yang kemudian diangkut ke dalam sel. Endositosis digunakan untuk memindahkan bagian membrane plasma ke organel lain yang membutuhkannya, dan memungkinkan daur ulang komponen membran kembali ke membran plasma.
2. *Receptor-mediated endocytosis* adalah proses seluler yang sangat spesifik di mana sel menginternalisasi molekul (ligan) dari lingkungan ekstraseluler. Proses ini dimulai Ketika ligan tertentu berikatan dengan reseptornya yang sesuai pada permukaan sel. Setelah kompleks ligan-reseptor terbentuk, berkumpul Bersama dalam lubang-

lubang bersalut, yang kemudian berinvaginasi dan terjepit dari membran plasma untuk membentuk vesikel berlapis.

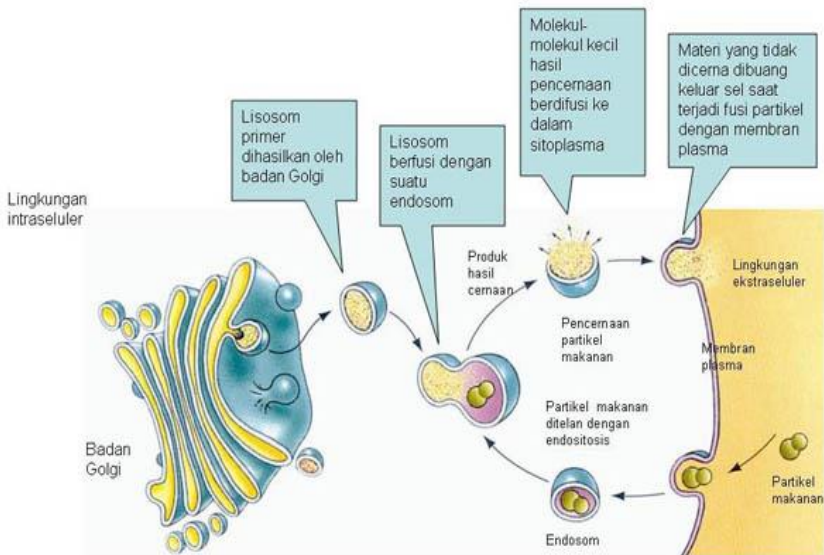
Molekul yang memasuki sel melalui endositosis melalui jalur endositik. Terdapat dua jenis reseptor yang terletak di luar membran plasma dan memiliki peran penting dalam proses ini. Pertama, "Housekeeping receptors" bertanggung jawab memastikan kelangsungan hidup dasar dan berfungsinya sel. Sementara itu, "Signaling receptors" berfungsi dalam komunikasi antar sel dan pengaturan berbagai proses fisiologis. Molekul yang ditangkap oleh reseptor di membran plasma diangkut ke dalam endosom. Endosom berperan sebagai pusat distribusi selama proses endositosis, di mana keasaman cairan di dalamnya diatur oleh H^+ -ATPase di membran endosom. Endosom dapat dibagi menjadi dua tipe: endosom awal, yang terletak dekat dengan permukaan sel, dan endosom lanjut, yang berlokasi lebih dekat ke inti sel. Kedua jenis endosom ini dapat dibedakan berdasarkan berat jenis, pH, dan komposisi proteinnya.

Lisosom berperan dalam eksositosis, di mana enzim-enzimnya dilepaskan keluar dari sel, seperti yang terjadi dalam proses pergantian tulang rawan menjadi tulang keras. Dalam fagositosis, lisosom memainkan peran penting dalam menangkap partikel berukuran besar dan mikroorganisme seperti bakteri dan virus. Proses ini dimulai dengan pembentukan fagosom yang memasukkan partikel tersebut ke dalam sel. Fagosom ini kemudian berfusi dengan enzim hidrolitik dari trans Golgi dan berkembang menjadi lisosom atau endosom lanjut, di mana pencernaan partikel makanan terjadi di dalam fagolisosom.

Fagositosis dilakukan oleh beberapa jenis sel yang mempunyai fungsi khusus untuk mendegradasi partikel besar (diameter $> 0,5 \mu\text{m}$) atau mikroorganisme dari lingkungan. Sel-sel ini yang dikenal sebagai fagosit. Selain itu banyak protista seperti amuba dan ciliata, yang memenuhi kebutuhan nutrisinya dengan menangkap dan mencerna organisme kecil atau partikel makanan melalui fagositosis. Bahan yang tertelan dibungkus dalam vakuola yang terikan membran atau fagosom yang kemudian menyatu dengan lisosom tempat pencernaan terjadi.

Lisosom juga terlibat dalam autolisis, di mana sel menghancurkan dirinya sendiri dengan membebaskan isi lisosom ke dalam sel. Contohnya adalah saat berudu menyerap kembali ekornya ketika menginjak dewasa. Terakhir, lisosom memiliki fungsi penting dalam menghancurkan senyawa karsinogenik (Hartono, 2019).

Selain fungsi-fungsi tersebut, lisosom bertanggung jawab untuk menghancurkan organel sel yang sudah tua, sel darah yang sudah tua, granula sekresi yang tidak terpakai, dan mencairkan bekuan darah. Lisosom juga berperan dalam mempertahankan tubuh terhadap infeksi mikroorganisme dan mengabsorpsi matriks tulang yang sudah tua. Lisosom menghasilkan beberapa macam enzim, seperti DNA-ase, RNA-ase, dan peptidase, serta berfungsi dalam proses mitosis dan meiosis untuk menghancurkan membrane nukleus



Gambar 8. 2 Pembentukan Lisosom
(Sumber: <https://image.google.co.id>)

8.5 Mekanisme Lisosom

Lisosom merupakan organel sel memiliki peranan yang sangat krusial dalam proses pencernaan dan daur ulang materi seluler. Proses pencernaan dan daur ulang yang dilakukan oleh lisosom melalui aktivitas enzimatik bervariasi tergantung pada jenis, asal, dan sifat bahan yang akan dicerna. Jika bahan yang dicerna berasal dari luar sel, proses ini disebut heterofagi, sedangkan jika bahan berasal dari dalam sel, prosesnya disebut autofagi. Selain fungsi intraseluler tersebut, enzim lisosom juga dapat disekresikan ke luar sel untuk memfasilitasi pencernaan ekstraseluler. Hal ini terjadi terutama pada jaringan ikat hewan dan spesies jamur tertentu, yang selanjutnya menunjukkan peran

serbaguna lisosom dalam metabolisme seluler dan organisme. Terdapat beberapa mekanisme utama di mana lisosom bereaksi:

1. Pencernaan Heterofagi (Endositosis)

Pencernaan heterofagi terjadi Ketika bahan yang akan dicerna berasal dari luar sel. Proses ini awali dengan endositosis, membran sel melipat dan menangkap partikel atau molekul dari lingkungan ekstraseluler, membentuk vesikel yang disebut endosome. Endosome kemudian berfusi dengan lisosom primer, yang mengandung enzim hidrolitik. Enzim-enzim ini aktif dalam lingkungan asam yang dipertahankan oleh pompa proton (H^+ -ATPase) di membran lisosom. Dalam lisosom, bahan yang ditangkap diuraikan menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana yang dapat digunakan Kembali oleh sel atau dibuang. Hasil pencernaan menghasilkan lisosom sekunder yang kemudian menghasilkan sisa-sisa pencernaan yang akan dikeluarkan dari sel melalui proses eksositosis.

2. Pencernaan Autofagi

Pencernaan autofasi terjadi Ketika sel mencerna bagian-bagian dari komponen selnya sendiri. Proses dimulai dengan pembentukan sebuah struktur membran yang disebut fagofor, yang mengisolasi materi yang akan dicerna seperti organel yang usang atau tidak berfungsi optimal. Fagofor kemudian bergabung dengan lisosom, membentuk struktur yang disebut autolisosom. Di dalam autolisosom, enzim lisosom menguari materi yang terkandung di dalamnya, menghasilkan residu yang kemudian dikeluarkan dari sel.

3. Pencernaan Ekstraseluler

Lisosom juga berpartisipasi dalam proses pencernaan ekstraseluler dengan mengeluarkan enzim lisosom ke lingkungan sekitar sel. Ini terjadi pada jaringan pengikat pada hewan dan dalam beberapa jenis jamur. Enzim-enzim ini melakukan pencernaan substansi antar seluler seperti matriks ekstraseluler tulang dan tulang rawan, yang memainkan peran penting dalam proses fisiologis seperti peremajaan jaringan atau respon inflamasi.

Lisosom sebagai organel yang sangat dinamis dan penting dalam menjaga keseimbangan seluler, mengatasi stress oksidatif, dan mendukung proses-proses vital dalam sel. Gangguan dalam fungsi lisosom dapat menyebabkan berbagai penyakit, seperti penyakit stroge lisosom.

8.6 Enzim-Enzim Lisosom

Lisosom mengandung berbagai jenis enzim, dengan sekitar 50 enzim hidrolitik berbeda yang dihasilkan dalam retikulum endoplasma kasar. Enzim-enzim ini dikenal sebagai enzim lisozim dan memiliki kemampuan untuk menghidrolisis berbagai macam makromolekul, termasuk polisakarida, lipid, fosfolipid, asam nukleat, dan protein. Enzim-enzim bekerja paling baik pada pH asam yang dihasilkan oleh pompa proton di membran organel.

Enzim-enzim dalam lisosom dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori, seperti enzim fosfatase, nuclease, protease, dan enzim pemecah lipid. Di antara kelompok-kelompok enzim yang terdapat dalam lisosom, fosfatase asam adalah yang paling banyak jumlahnya. Enzim fosfatase lainnya

termasuk enzim monofosfatase dan fosfodiesterase asam yang masing-masing bekerja pada substrat berupa oligonukleotida dan diester fosfat. Substrat utama enzim ini adalah ester, enzim yang termasuk dalam kategori nuklease adalah RNAase, substratnya RNA dan DNAase substratnya adalah DNA. Lisosom yang mengandung enzim-enzim ini berasal dari jaringan hewan, tumbuhan, dan protista. Contoh enzim disajikan dalam table berikut.

Tabel 1. Enzim dan Substrat Lisosom

Enzim	Substrat
Fosfatase: Asam fosfatase Asam fosfodiesterase	Fosfomonoesterase Fosfodiester
Nuklease: Asam ribonuclease Deoksiribonuklease	RNA DNA
Protease: Cathepsin Kolagenase	Protein Collagen
Enzim penghidrolisis GAG: Iduronate sulfatase B-galactosidase Heparan N-sulfatase α -N-Acetylglucosaminidase	Dermatan sulfat Keratan sulfat Heparan sulfat Heparan sulfat
Polisakaridase dan Oligosakaridase: α -glukosidase Fukosidase α -manosidase Sialidase	Glycogen Fucosyloligosaccharidase Mannosyloligosaccharidase Sialyloligosaccharidase
Enzim penghidrolisis sphingolipid :	Ceramide

Enzim	Substrat
Ceramidase Glucocerebrosidase β -Hexosaminidase Arylsulfatase	Glucosylceramide GM2 ganglioside Galactosyl Sulfatide
Enzim hidrolisis lipid : Asam lipase Fosfolipase	Triasilgliserol Fosfolipid

Sumber : (Kurniati, 2020)

DAFTAR PUSTAKA

- Braulke, T., & Bonifacino, J. S. (2009). Sorting of lysosomal proteins. *Biochimica et Biophysica Acta - Molecular Cell Research*, 1793(4), 605–614.
<https://doi.org/10.1016/j.bbamcr.2008.10.016>
- de Duve, c., and Wattiaux, R., 1966, Functions of lysosomes, *Annu. Rev. Physiol.* 28:435-492.
- Hartono, Rodhi, Rudina Azimata. *Bahan Ajar Teknologi Bank Darah (TBD): Biologi Sel dan Genetika*. Jakarta: Pusat Pendidikan Sumber Daya Manusia Kesehatan, 2019.
- Huotari, J., & Helenius, A. (2011). Endosome maturation. *EMBO Journal*, 30(17), 3481–3500.
<https://doi.org/10.1038/emboj.2011.286>
- Kimbal, John. W. 2000. *Biologi edisi ke 5 jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- Kolter, T., & Sandhoff, K. (2005). Principles of lysosomal membran digestion: Stimulation of sphingolipid degradation by sphingolipid activator proteins and anionic lysosomal lipids. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 21, 81–103.
<https://doi.org/10.1146/annurev.cellbio.21.122303.120013>
- Kurniati, T. (2020). Biologi Sel dasar. In *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Saftig, P., & Klumperman, J. (2009). Lysosome biogenesis and lysosomal membran proteins: Trafficking meets function. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 10(9), 623–635.
<https://doi.org/10.1038/nrm2745>
- Sumadi dan Marianti, A., 2007. *Biologi Sel*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Yang, Z., & Klionsky, D. J. (2010). Mammalian autophagy: Core molecular machinery and signaling regulation. *Current Opinion in Cell Biology*, 22(2), 124–131.
<https://doi.org/10.1016/j.ceb.2009.11.014>

BAB 9

SENTRIOL

Oleh Nur Jati Jagad

9.1 Pendahuluan

Dalam kompleksitas yang tersembunyi di dalam sel, terdapat sentriol dengan strukturnya yang menarik serta memiliki peran penting didalam sel. Meskipun tampak sebagai unit sederhana dan sering kali diabaikan, ternyata sentriol memiliki peran penting dalam kehidupan seluler yang membuat peneliti tertarik untuk menggali informasi lebih dalam. Sebagai pusat kekuatan dan pengaturan, sentriol memiliki peran yang luas pada berbagai proses biologis, mulai dari pembelahan sel hingga pengendalian pertumbuhan dan diferensiasi sel.

Memahami struktur dan fungsi sentriol tidak hanya memberikan wawasan berharga mengenai mekanisme dasar kehidupan seluler, namun juga memberikan wawasan mengenai pengembangan terapi sehingga dapat diaplikasikan untuk penyakit yang berkaitan dengan kelainan sentriol. Penelitian terkini telah mengungkapkan beragam fungsi sentriol yang mempengaruhi berbagai aspek kehidupan sel. Meskipun kemajuan teknologi di bidang mikroskop dan biologi molekuler telah meningkatkan pemahaman kita tentang sentriol, namun terdapat banyak hal yang tersembunyi dibalik struktur ini sehingga masih banyak pertanyaan yang perlu dijawab dan dipelajari lebih dalam.

Tujuan bab ini adalah untuk mengkaji kompleksitas sentriol, mulai dari struktur dan fungsinya hingga peran pentingnya dalam proses seluler. Kita akan mengkaji bagaimana sentriol mempengaruhi berbagai aspek kehidupan seluler dan bagaimana penemuan terbaru telah menambah

wawasan yang komprehensif tentang struktur ini. Selain itu, kita akan mengeksplorasi tantangan yang masih dihadapi dalam memahami sentriol lebih lanjut dan potensi terhadap pengembangan terapi dan penelitian biomedis.

9.2 Pengenalan Sentriol

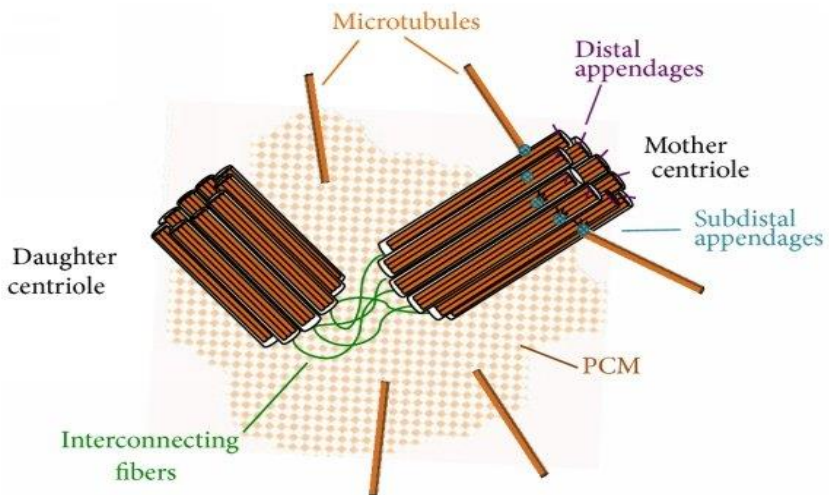
Sentriol merupakan salah satu struktur paling sederhana dalam sel eukariotik, namun mereka memainkan serangkaian peran yang sangat kompleks diantaranya membentuk sentrosom, silia, dan flagela. Sentrosom adalah pengatur mikrotubulus utama dalam sel hewan, berpartisipasi dalam berbagai proses mulai dari polarisasi sel hingga pembelahan sel, sementara silia dan flagela berkontribusi pada beberapa mekanisme dalam sel eukariotik mulai dari motilitas hingga penginderaan (Hatch. & Stearns, 2010).

Sentriol memiliki struktur silinder yang komposisinya berpasangan (sentriol ibu dan anak) dan tersusun secara ortogonal untuk membentuk Sentrosom. Sentriol terdiri dari sembilan mikrotubulus triplet yang dirangkai dalam struktur mirip silinder mikrotubulus yang tersusun dalam struktur silinder untuk membentuk sentriol. Ukuran diameter sekitar 250 nm dan panjang sekitar 500 nm pada sel vertebrata. Sentriol pada hewan umumnya terdiri dari pasangan sentriol yang disusun dalam struktur yang disebut sentrosom dan letaknya berada di dekat inti sel. Sementara sentriol pada tumbuhan hanya terdapat pada tumbuhan tingkat rendah dan umumnya terletak di inti sel tanpa adanya struktur sentrosom yang terdefinisi dengan jelas (Rasmussen & Bellinger, 2018).

9.3 Struktur Sentriol

sentriol terdiri dari sembilan mikrotubulus triplet yang tersusun melingkar membentuk dinding . Mikrotubulus triplet mengandung 13 tubulus protofilamen A dan 10 tubulus protofilamen B dan C, dengan tubulus A dari satu triplet terhubung ke tubulus C dari triplet tetangga melalui

penghubung A-C. Ujung proksimal juga merupakan tempat pembuatan sentriol baru, menggunakan jungkir balik, yang terdiri dari sebuah hub di tengah dan sembilan jari-jari, masing-masing menghubungkan tubulus A dari mikrotubulus triplet untuk mengatur perakitan. Di dalam pusat sentriol dan ujung distal terdapat kepadatan lumen. Di bagian luar perancah mikrotubulus terdapat filamen yang menghubungkan dua sentriol dalam sentrosom serta pelengkap distal dan subdistal yang ditemukan secara eksklusif pada dua sentriol yang lebih tua. Kami akan mengeksplorasi fitur struktural ini secara lebih rinci dengan mengilustrasikan apa yang diketahui tentang ultrastrukturnya dibandingkan dengan berfokus pada komposisi molekulnya (Winey & O'Toole 2014).



Gambar 9. 1 Struktur Sentriol

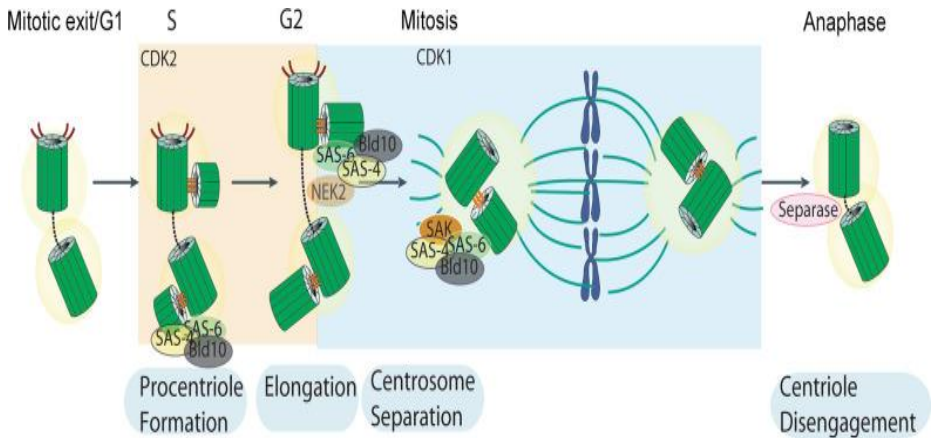
(Sumber : Barbelanne, 2014)

Sentriol terpolarisasi sepanjang sumbu proksimal-distal untuk fungsi yang berbeda. Ujung proksimal merekrut dan mengatur PCM yang diperlukan sentrosom untuk mengnukleasi mikrotube. Pada beberapa tipe sel vertebrata,

kumpulan kecil bahan berprotein yang disebut satelit sentriolar juga diamati di sekitar sentrosom. Satelit sentriolar mengarahkan komponen PCM ke sentrosom dan bertindak sebagai titik perakitan protein yang diperlukan untuk perakitan silia. Ujung distal dari sentriol yang matang sepenuhnya membawa sembilan pelengkap distal dan sejumlah pelengkap sub-distal yang bervariasi. Pelengkap distal diperlukan untuk pemasangan sentriol pada membran plasma selama proses ciliogenesis, sedangkan pelengkap sub-distal terlibat dalam penahan mikrotubulus dalam sentrosom interfase dan berkontribusi pada kohesi sentriol (9). Siklus sel mengontrol perakitan pelengkap sub-distal, karena mereka hilang dari sentriol selama mitosis dan disusun kembali di G1 (Winey & O'Toole 2014).

9.4 Duplikasi sentriol dan pembelahan sel

Pembelahan sel merupakan proses yang kompleks dimana proses ini dirancang dengan cermat untuk memastikan duplikasi dan distribusi materi genetik ke sel anak terdistribusi secara akurat. Hal ini dikaitkan dengan duplikasi sentriol karena pada proses pembelahan sel, Sentriol turut ikut andil dan memainkan peran penting sebagai pusat pengorganisasian mikrotubulus selama mitosis. Lokasi sentriol pada inti sentrosom menunjukkan peran struktur ini dalam pembelahan sel. Secara khusus, sentriol bertindak sebagai pusat pengorganisasian untuk merekrut faktor-faktor nukleasi mikrotubulus, seperti γ -tubulin, ke dalam fokus tunggal dalam sel, sehingga menciptakan sentrosom (Prigent & Uzbekov, 2022).



Gambar 9. 2 Siklus duplikasi sentriol dan replikasi kromosom

Dalam pembelahan sel, sentriol harus berduplikasi satu kali, dan hanya satu kali, selama setiap putaran pembelahan sel. Setelah diduplikasi, sentriol harus dipisahkan secara merata di antara dua sel anak. Sentriol melakukan hal ini dengan secara cepat merekrut 100 protein (secara kolektif disebut bahan pericentriolar—PCM) di sekelilingnya untuk membentuk sentrosom. PCM mengandung banyak protein yang mengatur mikrotubulus, sehingga sentrosom membentuk dua kutub gelendong mitosis, sehingga memastikan pemisahan yang akurat ke dalam dua sel anak baru (Prigent & Uzbekov, 2022).

Peran sentriol diawali pada fase G1/S dari siklus sel, sentriol yang baru lahir (prosentriol) terbentuk di ujung proksimal setiap sentriol induk. Pembentukan prosentriol terjadi setelah hilangnya konfigurasi ortogonal sentriol induk. Setiap pasangan sentriol ibu dan anak membentuk sentrosom baru. Di G2, sentriol berikatan dengan banyak protein sebagai persiapan mitosis, termasuk pengatur mikrotubulus dalam hal ini disebut pematangan sentrosom. Sentriol menginisiasi mikrotubulus dimana sentriol bertindak sebagai titik awal untuk polimerisasi

mikrotubulus, yaitu proses pembentukan mikrotubulus dari protein tubulin. Mikrotubulus ini merupakan komponen utama dari benang spindle mitosis, yaitu struktur seperti jaring yang bertanggung jawab untuk memisahkan kromosom selama pembelahan sel. Pada tahap ini sentriol bertanggung jawab menentukan arah pertumbuhan mikrotubulus sehingga sentrosom kemudian terpisah secara fisik pada saat memasuki tahap mitosis, masing-masing bermigrasi ke salah satu kutub gelendong. Pada tahap metafase, benang spindle yang terbentuk akan berinteraksi dengan kinetokor, yaitu kompleks protein yang melekat pada sentromer kromosom. Saat memasuki tahap sitokinesis maka setiap sentrosom akan memisah bersama dengan kromosom ke setiap sel anak (Prigent & Uzbekov, 2022).

9.5 Peran Sentriol pada Motilitas Sel

Peran sentriol yang tak kalah penting adalah sebagai badan basal bagi pertumbuhan flagel dan silia. Silia dan flagela adalah struktur berbentuk rambut yang menonjol dari permukaan sel dan berfungsi untuk pergerakan sel atau sirkulasi cairan di sekitar sel. Untuk menjalankan fungsi-fungsi ini di dalam sel, sentriol sering kali perlu dilokalisasi secara khusus. Oleh karena itu sentriol harus bermigrasi ke wilayah yang tepat pada permukaan sel tempat mereka akan berlabuh dan merakit silia. Kemudian setelah sentriol mencapai permukaan sel, sentriol harus terorientasi dengan benar sehingga dapat menciptakan arah gerakan yang tepat seperti pada kasus silia yang bergerak, atau agar sentriol terorientasi untuk berpartisipasi dalam pemberian sinyal seperti pada kasus silia primer. Pada kasus sel yang melapisi saluran, silia harus menghadap lumen saluran, sehingga memerlukan posisi sentriol yang spesifik pada area permukaan sel. Sentriol juga harus diposisikan dengan benar ketika berfungsi sebagai badan basal dalam sel multisilia seperti pada epitel trakea. Orientasi sentriol, dan keselarasan silia pernapasan yang

tepat, diperlukan untuk pembersihan lendir yang efektif di saluran napas (Nanjundappa et al., 2019).

Pada penjelasan diatas sangat jelas bahwa posisi sentriol sangat penting dalam banyak aspek perilaku sel, terutama dalam penempatan silia yang akan berinteraksi dengan lingkungan ekstraseluler. Namun posisi sentriol juga dapat berfungsi dalam peristiwa intraseluler. Ketika sentriol dilekatkan pada sitoskeleton selama G1, sentriol dapat bertindak sebagai seperangkat “pegangan” stabil yang dengannya sentrosom dapat direposisi untuk mengarahkan sitoskeleton, dan mungkin juga struktur seluler lainnya (Breslow & Holland, 2019).

9.6 Sentriol pada Sel Tumor

Secara umum sebagian besar bidang kanker berfokus pada pemahaman tentang kerusakan gen tertentu yang menyebabkan kanker. Namun beberapa studi menjelaskan bahwa kelainan sentriol berperan dalam tumorigenesis. Pendapat tersebut dikuatkan kembali dengan pengamatan bahwa knockdown dari penekan tumor p53 menyebabkan amplifikasi sentrosom pada fibroblas tikus dan tumor kulit. Ditemukan juga bahwa kelainan sentriol umum terjadi pada berbagai tumor manusia, seperti payudara, prostat, paru-paru, usus besar dan otak. Analisis ekstensif terhadap berbagai tumor padat dan keganasan hematologi semakin memperkuat pengamatan ini (Marteil et al., 2018).

Secara umum, kelainan sentrosom dapat diklasifikasikan sebagai penyimpangan struktural atau numerik. Cacat struktural, kemungkinan besar disebabkan oleh perubahan ekspresi protein sentriol yang menyebabkan pembesaran sentrosom secara tidak normal dan peningkatan atau pengurangan nukleasi mikrotubulus. Eksperimen lebih lanjut menunjukkan bahwa pemanjangan sentriol yang berlebihan dapat mendorong amplifikasi melalui fragmentasi sentriol dan pembentukan prosentriol ektopik. Efek lain yang ditunjukkan

dari sentriol yang mengalami pemanjangan berlebih akan membentuk sentrosom yang terlalu aktif sehingga menghasilkan lebih banyak mikrotubulus, yang diketahui menyebabkan sifat invasif, dan mengganggu segregasi kromosom (Marteil et al., 2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Prigent. C and Uzbekov. R (2022) Duplication and Segregation of Centrosomes during Cell Division. *Cells* 11(15):2445
- Breslow. DK and Holland. AJ (2019). Mechanism and regulation of centriole and cilium biogenesis. *Annu Rev Biochem.* 88: 691–724.
- Hatch. E and Stearns. T (2010). The Life Cycle of Centrioles. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 75:425-31
- Marteil. G, Guerrero. A, Vieira. AF, Almeida. BPE, Machado. P, Mendonça. S, Mesquita. M, Villarreal. B, Fonseca. I, Francia. ME, Dore. K, Martins. NP, Jana. SC, Tranfield. EM, Barbosa-Morais. NL, Paredes. J, Pellman. D, Godinho. SA & Bettencourt-Dias. M (2018) Over-elongation of centrioles in cancer promotes centriole amplification and chromosome missegregation. *Nature Communications* volume 9, Article number: 1258.
- Nanjundappa R, Kong D, Shim K, Stearns T, Brody SL, Loncarek J, Mahjoub MR (2019) Regulation of cilia abundance in multiciliated cells *eLife* 8:e44039. <https://doi.org/10.7554/eLife.44039>
- Winey. M and O'Toole. E (2014). Centriole structure. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* doi: 10.1098/rstb.2013.0457
- Rasmussen, C. G., & Bellinger, M. (2018). An overview of plant centrioles in light of the ultrastructural diversity of animal centrioles. *Protoplasma*, 255(3), 677-686

BAB 10

INTI SEL

Oleh Sultan Adi Pratama

10.1 Pendahuluan

Semua makhluk hidup terdiri dari sel-sel, yang merupakan ruang-ruang kecil yang diselubungi oleh membran. Sel-sel ini mengandung cairan kimia pekat yang terlarut dalam air serta berbagai komponen penting lainnya yang menyusun sel (Harissya, et al., 2023). Sel adalah entitas kehidupan paling dasar yang memiliki variasi bentuk dan ukuran tergantung pada tempat dan fungsi dalam jaringan di mana mereka terbentuk. Sel adalah elemen dasar dari struktur dan fungsi dalam tubuh semua makhluk hidup, termasuk baik yang bersifat prokariotik maupun eukariotik. Sel eukariotik ditandai dengan kehadiran inti sel, sementara sel prokariotik tidak memiliki inti sel tersebut (Taupiqurrohman, 2014)

Inti sel, atau nukleus, merupakan komponen yang sangat vital dalam sel eukariotik karena berperan sentral dalam mengendalikan dan mengatur aktivitas seluler. Fungsi utama inti sel adalah menyimpan dan mengatur materi genetik sel, yang terdiri dari DNA yang terorganisir dalam bentuk kromosom. Struktur ini menjadi ciri khas utama yang membedakan sel eukariotik dari sel prokariotik yang tidak memiliki inti sel sejati. Inti sel tidak hanya sebagai penyimpan informasi genetik, tetapi juga berperan dalam berbagai proses penting bagi kelangsungan hidup dan fungsi sel. Salah satu proses utama yang dikendalikan oleh inti sel adalah replikasi DNA, di mana DNA direplikasi untuk mempersiapkan sel untuk pembelahan seluler atau untuk reproduksi. Proses transkripsi, di mana informasi dari DNA ditranskripsi menjadi RNA, juga terjadi di dalam inti sel. Selain

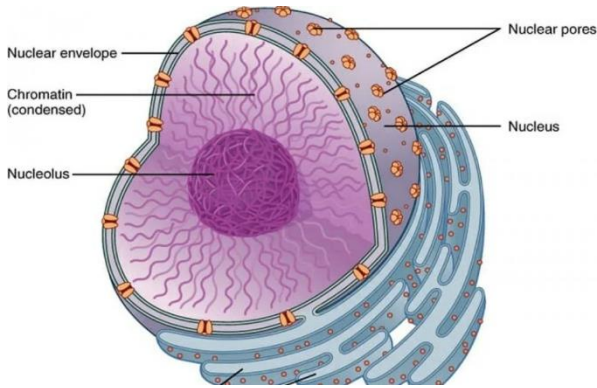
itu, inti sel juga memiliki peran dalam regulasi ekspresi gen, mengatur bagaimana dan kapan gen-gen tertentu diekspresikan dalam respons terhadap kondisi lingkungan atau permintaan seluler (Agustina, Zen, Sahrir, & Et al, 2021). Pemahaman yang mendalam tentang struktur dan fungsi inti sel sangat penting dalam biologi sel modern karena memberikan wawasan tentang bagaimana informasi genetik dikendalikan dan ditransmisikan dari satu generasi sel ke generasi sel berikutnya. Dengan memahami inti sel, ilmuwan dapat mengembangkan pengetahuan yang lebih baik tentang proses-proses seluler dan potensinya untuk aplikasi dalam berbagai bidang, termasuk bioteknologi, pengobatan, dan kesehatan manusia secara umum.

Selama beberapa dekade terakhir, berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengungkap misteri inti sel. Metode-metode kuantitatif seperti spektroskopi, mikroskopi resolusi tinggi, dan analisis genomik telah memberikan banyak informasi berharga (Kurniati, 2020). Namun, metode kualitatif juga memainkan peran penting dalam memahami kompleksitas inti sel. Melalui pendekatan kualitatif seperti observasi langsung, wawancara dengan para ahli, dan analisis literatur mendalam, kita dapat memperoleh wawasan yang lebih kaya dan terperinci mengenai aspek-aspek struktural dan fungsional inti sel yang mungkin terlewatkan oleh pendekatan kuantitatif.

10.2 Inti sel

Salah satu struktur yang tampak dominan didalam sel eukariot adalah nukleus atau inti sel. Inti sel terdiri dari membran inti, nukleoplasma, dan nukleolus. Inti sel disebut sebagai otak sel yang berfungsi untuk pengaturan pembelahan sel, pengendalian aktivitas sel, dan sebagai tempat penyimpanan informasi genetik. Nukleus berbentuk bola atau gelendong (Kurniati, 2020). Inti sel sering disebut sebagai tempat di mana kromosom berada. Di dalam kromosom, terdapat DNA yang terdiri dari banyak gen,

yang berfungsi sebagai pembawa sifat keturunan dari orang tua ke keturunannya (Nurhayati & Darmawati, 2017).



Gambar 10. 1 Struktur inti sel

Sumber: (Fajri, 2023)

Nukleus menunjukkan berbagai variasi dalam ukuran, jumlah dalam setiap sel, pola kromatin, serta letaknya di dalam sel. Variasi ini menyebabkan perbedaan penampilan nukleus antara satu jaringan dengan jaringan lainnya, serta antara satu jenis sel dengan sel lainnya. Meskipun begitu, secara umum nukleus memiliki membran inti, kromatin, nukleoplasma, dan satu atau lebih nukleolus (Harissya, et al., 2023). Nukleus mengandung molekul-molekul deoxyribo nucleic acid (DNA) linier yang berbentuk heliks ganda. Materi genetik ini berada di dalam inti dalam bentuk kromatin, bersama dengan protein dasar yang disebut histon, yang berikatan dengan DNA melalui interaksi ionik (Nurdin & et al, 2022)

10.3 Struktur Inti Sel

A. Membran Inti

Membran inti terdiri dari dua lapisan lipid bilayer yang mengelilingi inti sel dan memisahkannya dari sitoplasma. Struktur ini memiliki pori-pori inti yang berfungsi sebagai jalur transportasi molekul antara inti

dan sitoplasma. Teori tentang struktur membran inti pertama kali diusulkan berdasarkan observasi mikroskop elektron, yang menunjukkan adanya dua lapisan lipid yang mengelilingi inti. Pori-pori inti ini memiliki kompleks protein yang dikenal sebagai kompleks pori inti (NPC) yang mengatur masuk dan keluarnya molekul (Sumitro, Widyarti, & Permana, 2017).

Observasi menggunakan mikroskop elektron menunjukkan bahwa membran inti terdiri dari dua lapisan lipid bilayer yang memisahkan isi inti dari sitoplasma. Membran ini memiliki pori-pori inti yang memungkinkan pertukaran materi antara inti dan sitoplasma (Sumitro, Widyarti, & Permana, 2017). Membran sel bertindak sebagai penghalang semipermeabel yang hanya memungkinkan molekul-molekul tertentu untuk melaluinya, sementara senyawa organik yang dihasilkan di dalam sel tetap tertahan dan tidak bisa keluar. Membran terdiri dari dua lapisan lipid yang berlawanan arah, dengan fosfolipid sebagai molekul utama pembentuknya (Nurdin & et al, 2022). Temuan ini konsisten dengan literatur yang menyatakan bahwa pori-pori inti mengatur transportasi molekul RNA dan protein

B. Nukleolus

Nukleolus adalah substruktur dalam inti yang bertanggung jawab atas produksi ribosom. Teori tentang fungsi nukleolus dikembangkan dari observasi bahwa nukleolus mengandung RNA ribosomal (rRNA) dan protein yang terlibat dalam sintesis dan perakitan ribosom. Nukleolus tidak memiliki membran sendiri tetapi terlihat sebagai daerah yang padat dalam inti di bawah mikroskop cahaya dan elektron. Nukleolus tersusun dari protein (84%) dan mengandung RNA (11%)

berupa filamen dan granula, serta DNA (5%) (Harissya, et al., 2023). Nukleolus adalah tempat utama untuk produksi rRNA. Nukleolus adalah struktur di dalam inti sel (nukleus) yang berperan dalam menyalin DNA menjadi RNA ribosom dan merakit rRNA menjadi subunit ribosom (Waluyo, 2019).

C. Kromatin

Kromatin terdiri dari DNA yang dibungkus oleh protein histon, membentuk struktur yang memungkinkan penyimpanan DNA dalam bentuk yang lebih kompak. Kromatin adalah bentuk tidak beraturan dari DNA yang ditemukan didalam membrane inti (Waluyo, 2019). Teori tentang struktur kromatin pertama kali diusulkan berdasarkan studi pada tahun 1970-an, yang menunjukkan bahwa DNA membungkus histon untuk membentuk nukleosom. Kromatin dibagi menjadi dua jenis utama: eukromatin, yang aktif dalam transkripsi, dan heterokromatin, yang lebih padat dan tidak aktif transkripsi. Struktur dan fungsi kromatin telah menjadi fokus penelitian genomik dan epigenetik untuk memahami bagaimana regulasi genetik terjadi (Irawan , 2021).

Kromatin, yang terdiri dari DNA dan protein histon, ditemukan dalam dua bentuk utama: heterokromatin (padat dan tidak aktif transkripsi) dan eukromatin (lebih longgar dan aktif transkripsi) (Waluyo, 2019). Analisis literatur dan observasi menunjukkan bahwa organisasi kromatin berperan penting dalam regulasi genetik dan bahwa perubahan dalam struktur kromatin dapat mempengaruhi ekspresi gen.

10.4 Fungsi Inti Sel

1. Penyimpanan dan Ekspresi Genetik

Inti sel berfungsi sebagai pusat penyimpanan informasi genetik dalam bentuk DNA. Proses ekspresi genetik melibatkan transkripsi DNA menjadi RNA dan translasi RNA menjadi protein. Teori sentral dalam biologi molekuler, dikenal sebagai Dogma Sentral, menyatakan bahwa informasi genetik mengalir dari DNA ke RNA ke protein. Regulasi ekspresi gen dikendalikan oleh berbagai mekanisme, termasuk modifikasi histon, metilasi DNA, dan faktor transkripsi. Studi oleh Watson dan Crick pada struktur DNA memberikan dasar bagi pemahaman tentang replikasi dan transkripsi DNA (Kurniati, 2020).

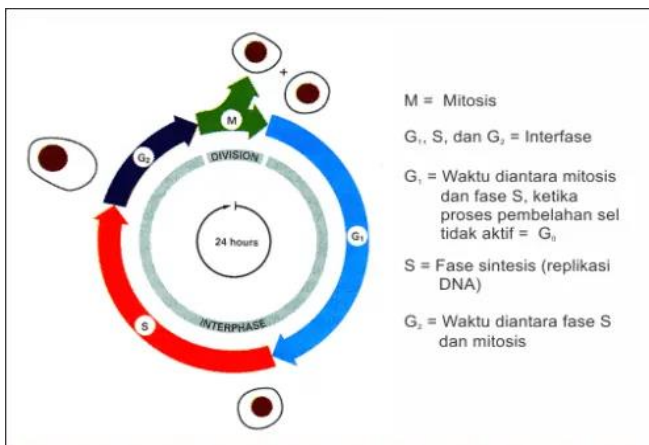
Inti sel merupakan tempat utama penyimpanan informasi genetik dalam bentuk DNA (Kurniati, 2020). Observasi langsung dan analisis literatur mengungkapkan bahwa proses ekspresi genetik diatur dengan kompleks melalui interaksi antara faktor transkripsi, modifikasi histon, dan struktur kromatin. Proses ini esensial untuk regulasi respons seluler terhadap lingkungan eksternal dan internal.

2. Regulasi Siklus Sel

Siklus sel terdiri dari serangkaian tahap yang dilalui oleh sel untuk tumbuh dan membelah. Tahapan pertumbuhan sel dapat dikelompokkan menjadi tiga fase utama yaitu pertama fase G1 (Gap 1) adalah sel mempersiapkan diri untuk sintesis DNA dengan menambah jumlah organel dan protein. Ini adalah fase di mana sel tumbuh secara aktif dan melakukan fungsi-fungsi metaboliknya. Kedua fase S (Sintesis) adalah sel-sel melakukan replikasi atau penggandaan DNA mereka. Pada akhir fase S, setiap kromosom akan terdiri dari dua kromatid identik yang dihubungkan oleh sentromer.

Ketiga fase G₂ (Gap 2) adalah setelah sintesis DNA selesai, sel mempersiapkan diri untuk pembelahan sel. Sel melakukan pertumbuhan tambahan, sintesis protein, dan mempersiapkan segala sesuatu yang diperlukan untuk fase mitosis.

Setelah fase-fase pertumbuhan ini, sel memasuki tahap pembelahan sel yang dinamakan fase M (Mitosis). Dimana pada fase M meliputi dua proses utama yaitu pertama kariokinesis adalah pembagian inti sel (kromosom) yang dilakukan melalui serangkaian tahap, termasuk profase, metafase, anafase, dan telofase, yang menghasilkan dua inti sel anak yang identik. Dan kedua sitokinesis adalah pembagian sitoplasma yang mengakibatkan terbentuknya dua sel anak yang sepenuhnya terpisah secara fisik. Pada akhir fase mitosis, setiap sel anak akan memiliki jumlah kromosom yang sama dengan sel induknya, karena pembagian kromosom terjadi dengan cara yang terkoordinasi dan akurat (Sobur, 2020).



Gambar 10. 2 Siklus Sel
(Sobur, 2020)

Siklus sel adalah proses penting dalam perkembangbiakan sel yang terdiri dari tahapan-tahapan tertentu yang harus dilalui oleh sel. Gangguan dalam mekanisme kontrol ini dapat menyebabkan berbagai penyakit, khususnya kanker, yang terjadi akibat ketidakmampuan sel untuk mengatur siklus sel dengan benar (Sobur, 2020). Teori tentang regulasi siklus sel didasarkan pada studi protein-protein seperti siklin dan kinase yang mengendalikan transisi antar fase siklus sel (G1, S, G2, dan M). Penelitian oleh Leland H. Hartwell, R. Timothy Hunt, dan Paul Nurse, yang mendapatkan Nobel pada tahun 2001, mengungkapkan peran kunci dari protein-protein ini dalam regulasi siklus sel. Mutasi atau disfungsi dalam regulasi siklus sel dapat menyebabkan penyakit seperti kanker (Hartwell, Hunt, & Nurse, 2001). Sekarang jelas bahwa banyak kanker melibatkan kelainan dalam siklus sel dan titik pemantauan siklus sel: aktivasi protein kinase yang bergantung pada siklin, serta kekurangan dalam titik pemantauan siklus sel (Pommier & Kohn, 2003).

Inti sel memainkan peran sentral dalam regulasi siklus sel, termasuk fase G1, S, G2, dan M. Analisis kualitatif dari literatur mengidentifikasi protein kunci seperti siklin dan kinase yang terlibat dalam pengendalian transisi fase siklus sel (Sobur, 2020). Wawancara dengan ahli biologi molekuler mengkonfirmasi bahwa mutasi atau disfungsi protein-protein ini dapat menyebabkan kelainan seperti kanker.

10.5 Dinamika Inti Sel

Dinamika inti sel melibatkan interaksi yang terus-menerus dengan sitoplasma melalui pori-pori inti. Observasi menunjukkan bahwa molekul-molekul sinyal dari sitoplasma dapat masuk ke inti untuk mempengaruhi aktivitas genetik, sementara RNA dan protein yang disintesis di inti diekspor ke

sitoplasma untuk fungsi seluler lainnya. Inti sel berinteraksi secara dinamis dengan sitoplasma melalui pori-pori inti. Molekul sinyal dari sitoplasma dapat masuk ke inti untuk mengatur aktivitas genetik, sementara RNA dan protein yang disintesis di inti diekspor ke sitoplasma untuk fungsi seluler lainnya. Teori komunikasi antara inti dan sitoplasma pertama kali dikembangkan dari studi tentang transportasi nuklear dan peran kompleks pori inti (NPC).

Proses ini penting untuk respons sel terhadap sinyal eksternal dan internal, yang memungkinkan adaptasi dan regulasi fungsi seluler. Dinamika inti sel melibatkan interaksi yang terus-menerus dengan sitoplasma melalui kompleks pori inti. Studi ini menunjukkan bahwa molekul sinyal dari sitoplasma dapat mempengaruhi aktivitas genetik di inti, sementara RNA dan protein yang disintesis di inti diekspor ke sitoplasma untuk fungsi seluler lainnya. Observasi langsung dan analisis literatur memberikan wawasan mendalam tentang mekanisme komunikasi ini (Sumitro, Widyarti, & Permana, 2017)

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, D., Zen, S., Sahrir, D., & Et al. (2021). *TEORI BIOLOGI SEL*. Aceh: Yayasan Penerbit Muhammad Zaini.
- Fajri, D. (2023, Januari 24). *Pengertian, Bagian, dan Fungsi Nukleus Sel Tumbuhan*. Retrieved from katadata.co.id: https://katadata.co.id/lifestyle/varia/63cfbc80e920c/pengertian-bagian-dan-fungsi-nukleus-sel-tumbuhan#goog_rewarded
- Harissya, Z., Setiorini, A., Rahayu, M., Supriyanta, B., Asbath, Mahata, L., ... Batubara, F. (2023). *ILMU BIOMEDIK UNTUK PERAWAT*. Purbalingga: CV.EUREKA MEDIA AKSARA.
- Hartwell, L., Hunt, R., & Nurse, P. (2001). *PRIX NOBEL DE MÉDECINE 2001. médecine/sciences*.
- Irawan, B. (2021). *Genetika molekuler edisi 2*. Surabaya: Airlangga Univesity Press.
- Kurniati, T. (2020). *BIOLOGI SEL*. Bandung: CV CENDEKIA PRESS.
- Murti, H., Boediono, A., Setiawan, B., & Sandra, F. (2007). *Regulasi Siklus Sel: Kunci Sukses Somatic Cell Nuclear Transfer. academia*.
- Nurdin, G., & et al. (2022). *KONSEP DASAR BIOLOGI*. Makassar: Cendekia Publisher.
- Nurhayati, B., & Darmawati, S. (2017). *BIOLOGI SEL DAN MOLEKULER*. Jakarta Selatan: Pusat pendidikan sumber daya manusia kesehatan.
- Pommier, Y., & Kohn, K. (2003). *Cycle cellulaire et points de contrôle en oncologie : nouvelles cibles thérapeutiques. MEDECINE/SCIENCES*.

- Sobur, C. S. (2020, Maret 21). *Siklus Sel / Jalur Sinyal dan Mekanisme Regulasi dari Siklus Sel*. Retrieved from Caiherang Sains & Kedokteran: <https://caiherang.com/siklus-sel/>
- Sumitro, S., Widyarti, S., & Permana, S. (2017). *BIOLOGI SEL : sebuah prespektif memahami sistem kehidupan*. Malang: UB press.
- Taupiqurrohman, O. (2014). SEL TUMBUHAN. *Jurnal Pascasarjana Bioteknologi Universitas Padjadjaran Bandung*.
- Waluyo, A. (2019). IMPLEMENTASI MEDIA ANIMASI 3 DIMENSI UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR PESERTA DIDIK PADA KONSEP STRUKTUR DAN FUNGSI SEL. *Skripsi(S1) thesis, FKIP UNPAS*.

BAB 11

KLOROPLAST

Oleh Annisa Nasywa Fahira

11.1 Pendahuluan

Kloroplas adalah satu diantara dari banyak model organel yang diketahui dalam sel tumbuhan. Mereka diperkirakan berevolusi dari cyanobacteria endosimbiotik. Mitokondria diperkirakan berasal dari peristiwa endosimbiotik serupa di mana prokariota aerobik ditelan. Asal usul kloroplas ini pertama kali dijelaskan oleh ahli biologi Rusia Konstantin Mereshkovsky pada tahun 1905 setelah Andreas Franz Wilhelm Simper mengamati pada tahun 1883 bahwa kloroplas sangat mirip dengan sianobakteri yang diusulkan. Kloroplas hanya terdapat pada tumbuhan, alga, dan tiga spesies amuba - *Paulinella chromatophora*, *P. Mikropora* dan laut *P. longichromatophora*.

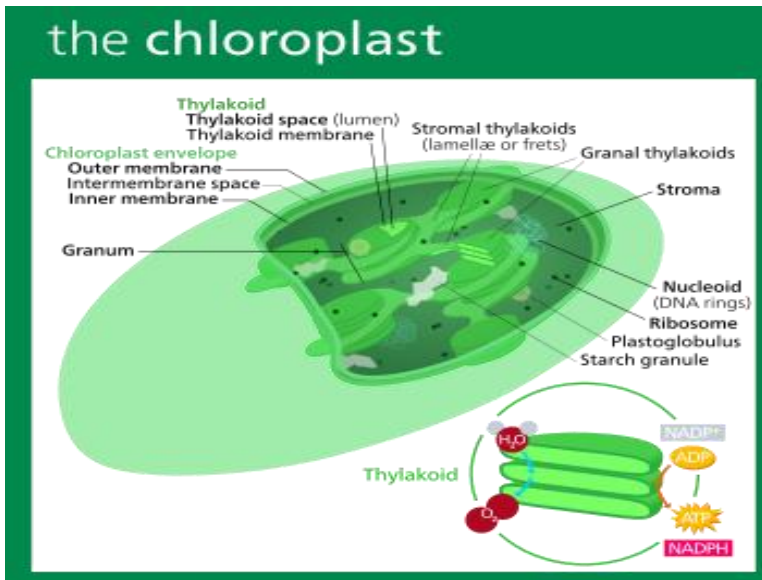
Kloroplas juga berperan dalam sintesis protein dan biosintesis asam lemak, asam amino, porfirin, isoprenoid, dan metabolit sekunder. Struktur kloroplas terdiri dari membran dalam dan luar, stroma, tilakoid, dan grana. Membran tilakoid mengandung klorofil dan pigmen fotosintesis lainnya yang bertugas menyerap energi cahaya. Kloroplas juga mengandung DNA yang mengkode sebagian besar protein kloroplas, yang disintesis sebagai prekursor di sitosol oleh ribosom dan dimasukkan ke dalam substruktur kloroplas yang sesuai. Kloroplas tidak hanya penting untuk fotosintesis, tetapi juga berperan dalam sintesis asam lemak, biosintesis asam amino, porfirin, isoprenoid, dan metabolit sekunder. Mereka juga

berkontribusi pada metabolisme sel. Kloroplas mengandung DNA yang mengkode sebagian besar protein kloroplas, yang disintesis sebagai prekursor di sitosol oleh ribosom dan dimasukkan ke dalam substruktur kloroplas yang sesuai.

11.2 Pengertian dan Struktur Kloroplas

Sumber energi terpenting bagi kehidupan di bumi adalah matahari dan energi tersebut dikumpulkan sebagai karbon yang bisa diperoleh menyusuri tahap yang disebut fotosintesis. Fotosintesis berlaku di organ sel khusus yang disebut kloroplas. Kloroplas adalah organ metabolisme dan sensorik unik yang hanya ditemukan dalam tumbuhan, alga dan sebagian protista.

Kloroplas cuma ditemukan pada sel tumbuhan dan alga tertentu. Di Dalam Sel Tumbuhan, kloroplas umumnya berbentuk cakram, diameter 5 sampai 8 μm dan tebal 2 sampai 4 μm . Masing-masing dilapisi dengan sepasang membran luar yang halus. Batas luar ini mengelilingi matriks cairan, interstitium, dan intima ekstensif. Membran bagian dalam ini dilipat berpasangan yang disebut lamela. Secara teratur, lamela ini membesar membangun vesikel datar yang dikelilingi oleh membran yang dinamai tilakoid. Rupa ini ditempatkan di tumpukan, mirip dengan tumpukan koin. Tumpukan koin ini disebut grana.



Gambar 11. 1 Susunan Tektur Kloroplas

Sumber: Wikipedia

Membran bagian pada kloroplas, seperti membran sel lainnya, kaya akan fosfolipid dan protein. Protein-protein ini teristimewa merupakan protein dan enzim unik seperti enzim sitokrom dan enzim penghasil ATP. Membran kloroplas juga memuat pigmen, yang terpenting yaitu klorofil, serta sejumlah karotenoid. Warna hijau klorofil menyatu dalam membran dan membagikan warna hijau pada kloroplas dan sel atau jaringan tumbuhan bila tersentuh sinar matahari.

Klorofil dan sel atau jaringan tumbuhan yang tersentuh sinar matahari. Klorofil mengambil sinar matahari dan menyediakannya untuk fotosintesis zat makanan. Oleh karena itu, kloroplas adalah tempat fotosintesis. Tanpa organ ini, kehidupan tidak akan ada. Partikel kloroplas berhubungan dengan partikel atas mitokondria. Stomata kloroplas juga mengandung banyak enzim. Ada juga DNA dan ribosom.

Ribosom kloroplas lebih kecil dari ribosom sitoplasma pada sel tumbuhan. Kehadiran DNA pada kloroplas mungkin menjelaskan mengapa organel ini (seperti mitokondria) bisa otonom (misalnya mitokondria). Hal ini dapat terjadi melalui pembelahan kloroplas menjadi dua kloroplas atau melalui pengembangan rupa otonom (misalnya mitokondria). Karena perkembangan struktur kecil tidak berwarna yang disebut kloroplas, atau proplastida disebut proplastid.

11.3 Fungsi Kloroplas

Tidak ada sel imun khusus pada tumbuhan dan semua sel tumbuhan terlibat dalam respon imun tumbuhan. Kloroplas bersama dengan inti sel, membran sel, dan retikulum endoplasma, memainkan peran penting dalam pertahanan melawan patogen. Karena peran kloroplas dalam respons imun sel tumbuhan, patogen sering kali menargetkan kloroplas.

Tumbuhan mempunyai dua respon imun utama. Salah satunya adalah respons hipersensitivitas, yaitu sel yang terinfeksi berhenti berfungsi dan mengalami kematian sel terprogram, dan yang lainnya adalah resistensi didapat secara sistemik, yaitu sel yang terinfeksi mengirimkan sinyal ke seluruh tanaman untuk mengingatkan mereka akan keberadaan patogen.

Kloroplas merangsang kedua reaksi tersebut dengan sengaja mengganggu sistem fotosintesis, sehingga menghasilkan spesies oksigen reaktif. Tingginya kadar spesies oksigen reaktif menyebabkan reaksi hipersensitivitas. Spesies oksigen reaktif juga secara langsung membunuh patogen apa pun di dalam sel. Berkurangnya kadar spesies oksigen reaktif menyebabkan resistensi sistemik dan memicu produksi molekul pertahanan di seluruh tanaman.

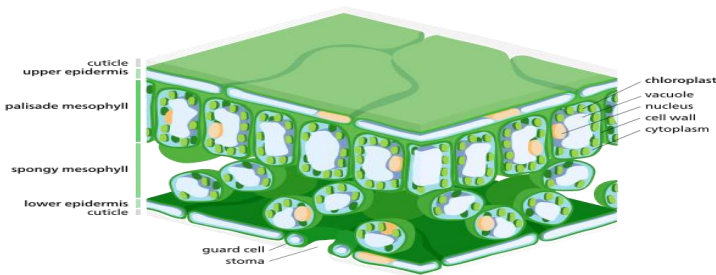
Pada beberapa tumbuhan, kloroplas diketahui bergerak lebih dekat ke tempat infeksi dan inti sel selama infeksi. Kloroplas memainkan peran sentral dalam fotosintesis teroksigenasi dan metabolisme primer. Selain fungsi-fungsi ini Kloroplas juga berfungsi sebagai sensor seluler. Ketika stres, yang mungkin disebabkan oleh patogen, terdeteksi di dalam sel, kloroplas mulai memproduksi molekul seperti asam salisilat, asam jasmonat, oksida nitrat, dan spesies oksigen reaktif yang bertindak sebagai sinyal pertahanan.

Spesies oksigen reaktif sebagai sinyal sel merupakan molekul yang tidak stabil, sehingga mereka dapat meneruskan sinyal ke molekul pembawa pesan kedua yang tidak diketahui tanpa meninggalkan kloroplas. Semua molekul ini memulai sinyal retrograde, sinyal dari kloroplas yang mengatur ekspresi gen di dalam inti sel. Selain sinyal pertahanan, kloroplas membantu sintesis asam jasmonat, molekul pertahanan penting, dengan bantuan peroksisom. Kloroplas mensintesis semua asam lemak dalam sel tumbuhan. Asam linoleat, asam lemak, adalah prekursor asam jasmonat.

11.4 Lokasi Kloroplas

Bukan semua sel pada tumbuhan multiselular menyimpan kloroplas. Semua bagian tumbuhan yang berwarna hijau mengandung kloroplas dan lebih khusus lagi, klorofil yang terkandung dalam kloroplas memberikan warna hijau pada bagian fotosintesis tumbuhan. Sel tumbuhan yang mengandung kloroplas biasanya merupakan sel parenkim, tetapi kloroplas juga dapat terdapat pada jaringan bulu. Sel tumbuhan yang menyimpan kloroplas dinamai sel kloroplas. Sel kloroplas khas pada tumbuhan darat mengandung sekira 10 hingga 100 kloroplas.

Penampang daun menunjukkan kloroplas di dalam sel mesofil. Sel penjaga stomata juga mempunyai kloroplas, namun jumlahnya jauh lebih kecil dibandingkan sel mesofil. Pada beberapa tumbuhan, seperti kaktus, kloroplas terdapat pada cabang, akan tetapi dalam separuh besar tumbuhan, kloroplas terfokus pada daun. Satu milimeter persegi jaringan daun dapat menyimpan sepotong-sepotong juta kloropla



Gambar 11. 2 Lokasi Kloroplas
Sumber: Wikipedia

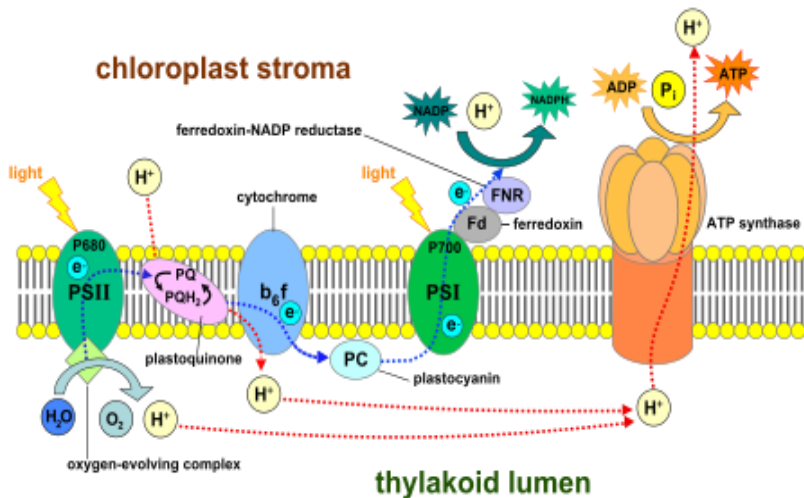
Pada daun, kloroplas terutama terdapat pada lapisan mesofil daun dan sel penjaga stomata. Sel mesofil palisade dapat mengandung 30 hingga 70 kloroplas per sel, sedangkan sel penjaga stomata mengandung kloroplas jauh lebih sedikit, dengan hanya sekitar 8 hingga 15 per sel. Kloroplas juga terdapat pada sel selubung berkas daun, terutama pada tumbuhan C4 yang melaksanakan siklus Calvin di dalam sel selubung berkas. Seringkali tidak terdapat pada epidermis daun.

11.5 Cara Kerja Kloroplas

Satu diantara fungsi utama kloroplas yaitu perannya pada fotosintesis. Fotosintesis merupakan metode dimana cahaya diubah menjadi energi kimia untuk menghasilkan makanan dalam bentuk gula. Fotosintesis menggunakan air (H_2O) dan karbon dioksida (CO_2), dan gula serta oksigen (O_2) dihasilkan dari

energi cahaya. Fotosintesis dibagi menjadi dua tahap: reaksi terang, yang memecah air untuk menghasilkan oksigen, dan reaksi gelap, atau siklus Calvin, yang membentuk molekul gula dari karbon dioksida. Kedua fase tersebut dihubungkan oleh pembawa energi adenosin trifosfat (ATP) dan nikotinamida adenin dinukleotida fosfat (NADP+).

A. Reaksi terang



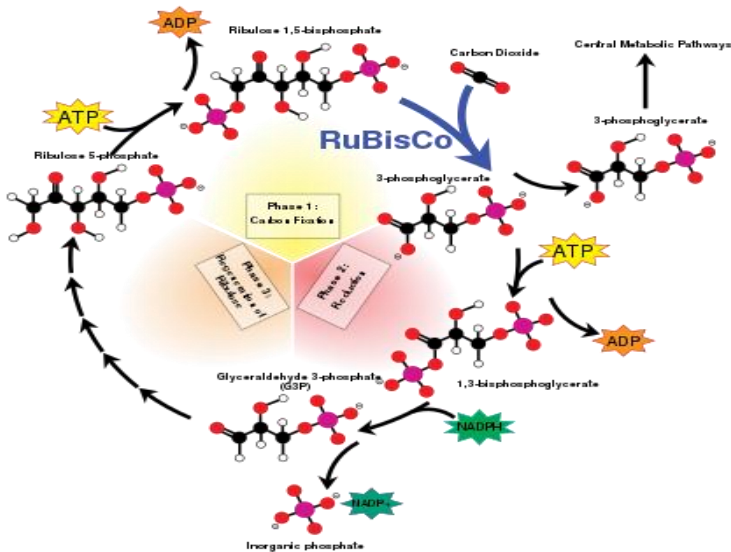
Gambar 11. 3 Reaksi terang

Sumber: Wikipedia

Reaksi terang terjadi pada membran tilakoid. Mereka menyerap energi cahaya dan menyimpannya dalam NADPH, sejenis NADP+, dan ATP, yang meningkatkan respons gelap. ATP adalah versi terfosforilasi dari adenosin difosfat (ADP), yang menyimpan energi di dalam sel dan meningkatkan sebagian besar aktivitas seluler. ATP adalah bentuk yang kaya energi, sedangkan ADP adalah bentuk yang (sebagian) habis. NADP+ adalah pembawa elektron yang mengangkut elektron

berenergi tinggi. Selama reaksi terang, ia direduksi menjadi NADPH dan memperoleh elektron.

B. Reaksi gelap



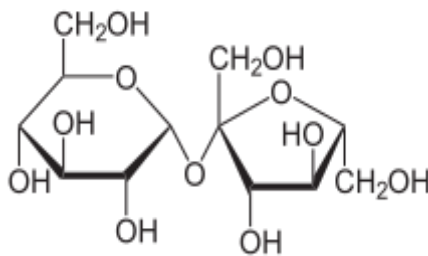
Gambar 11. 4 Reaksi Gelap

Sumber: Wikipedia

Siklus Calvin, juga dikenal sebagai reaksi gelap, adalah serangkaian reaksi biokimia yang mengikat CO_2 dengan molekul gula G3P dan memanfaatkan energi dan elektron dari ATP dan NADPH yang diproduksi pada reaksi terang. Siklus Calvin berlaku di stroma kloroplas. Meskipun reaksi ini disebut "reaksi gelap", reaksi ini berlaku pada sebagian besar tumbuhan di bawah cahaya karena reaksi gelap bergantung pada produk reaksi terang. Fiksasi karbon dan sintesis G3P Siklus Calvin diawali dengan fiksasi CO_2 dalam molekul ribulosa difosfat (RuBP) lima karbon menggunakan enzim RuBisCO. Hasilnya adalah molekul

enam karbon tidak stabil yang dengan cepat terpecah sebagai molekul tiga karbon yang dinamai asam 3-fosfoglisarat (3-PGA).

ATP dan NADPH yang diproduksi pada fotoreaksi diterapkan demi mengubah 3-PGA membentuk molekul gula gliseraldehida-3-fosfat, atau G3P. Meskipun sebagian besar molekul G3P didaur ulang menjadi RuBP mengonsumsi lebih banyak energi ATP, satu dari enam molekul yang dihasilkan keluar dari siklus dan menjadi produk akhir dari reaksi gelap.



Gambar 11. 5 Gula dan pati

Sumber: Wikipedia

Gliseraldehida-3-fosfat dapat diperbanyak menjadi molekul gula yang lebih besar seperti glukosa dan fruktosa. Molekul-molekul ini diproses menjadi sukrosa yang lebih besar, suatu disakarida yang biasa disebut gula makanan, dan proses ini terjadi di sitoplasma di luar kloroplas. Alternatifnya, monomer glukosa dapat bergabung dalam kloroplas untuk membentuk pati dan terakumulasi dalam butiran pati yang terdapat dalam kloroplas. Dalam kondisi seperti konsentrasi CO_2 yang tinggi di atmosfer, butiran pati ini dapat menjadi sangat besar dan merusak grana dan tilakoid.

Butiran pati menggantikan tilakoid, namun tilakoid tetap utuh. Ketika akar tergenang air, pati dapat terakumulasi di kloroplas, mungkin karena lebih sedikit sukrosa yang dilepaskan dari kloroplas (lebih khusus lagi, sel tumbuhan). Hal ini

menghabiskan pasokan fosfat bebas tanaman dan secara tidak langsung merangsang sintesis pati kloroplas. Meskipun butiran pati sendiri dikaitkan dengan penurunan laju fotosintesis, butiran tersebut belum tentu mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi fotosintesis dan mungkin hanya merupakan efek samping dari inhibitor fotosintesis lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Berg J. M., Tymoczko J. L. Stryer L. (2002). *Biochemistry (5 ed)*. New York: W. H. Freeman.
- Carmi A, Shomer I. (1979). Accumulation and Photosynthetic Activity in Primary Leaves of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Annals of Botany*, 479-484.
- Champbell N. A., Williamson B., Heyden R. J. (2006). *Biology: Exploring Life*. Boston, Massachusetts: Pearson Prentice Hall.
- Champbell N. A., Reece J. B., Urry L. A., Cain M. L., Wasserman, Minorsky P. V. Jackson R. B. (2009). *Biology (8th ed.)*. Benjamin Cummnigs: Pearson.
- Gabr A., Grossman A. R., Bhattacharya D. (2020). Paulinella, a model for understanding plastid primary endosymbiosis. *J Phycol*, 837-843.
- Jagendorf A. T., Uribe E. (1966). ATP formation caused by acid-base transition of spinach chloroplasts. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 170-7.
- Padmanabhan M. S., Dinesh-Kumar S. P. (2010). All hands on deck- the role of chloroplasts, endoplasmic reticulum, and the nucleus in driving plant innate immunity. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 1368-80.
- Purnawingsih, Endang. (2022). *BIOLOGI SEL Buku ajar 1*. Jakarta: Universitas YARSI.
- Roberts K. (2007). *Handbook plant science*. England: Wiley. p.
- Wample R. L., Davis R. W. (1983). Effect of Flooding on Starch Accumulation in Chloroplasts of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Physiology*, 195-8.

BAB 12

RETIKULUM ENDOPLASMA KASAR DAN HALUS

Oleh Anggraini Putri Utami

12.1 Pendahuluan

Retikulum endoplasma (RE) adalah salah satu organel utama dalam sel eukariotik yang memainkan peran penting dalam berbagai proses seluler. Terdiri dari dua komponen utama, yaitu retikulum endoplasma kasar (REK) dan retikulum endoplasma halus (REH), organel ini memiliki struktur dan fungsi yang berbeda tetapi saling terkait dalam menjalankan aktivitas seluler yang vital.

Retikulum endoplasma kasar, yang ditemukan pada tahun 1945 oleh Keith Porter dan Albert Claude, memiliki ribosom terikat pada permukaannya yang memberikannya penampilan kasar. Ribosom ini bertanggung jawab atas sintesis protein yang diperlukan untuk fungsi seluler. Sebaliknya, retikulum endoplasma halus, yang pertama kali diidentifikasi pada tahun 1948 oleh Keith Porter dan George E. Palade, tidak memiliki ribosom terikat dan berperan dalam sejumlah proses, termasuk metabolisme lipid dan detoksifikasi zat-zat beracun.

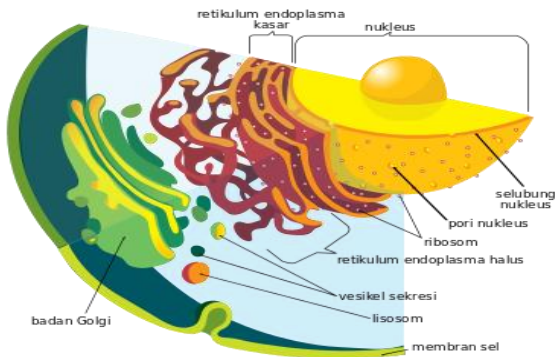
Pemahaman yang berkembang tentang struktur dan fungsi retikulum endoplasma telah memunculkan minat yang luas dalam memahami perannya dalam berbagai aspek biologi seluler, termasuk dalam konteks penyakit dan terapi. Penelitian terbaru telah mengungkapkan keterlibatan retikulum

endoplasma dalam patofisiologi berbagai kondisi penyakit, seperti diabetes, penyakit neurodegeneratif, dan kanker.

Dalam bab ini, kami akan menjelajahi secara rinci struktur dan fungsi kedua komponen retikulum endoplasma, serta pentingnya pemahaman ini dalam konteks perkembangan penyakit dan pengembangan terapi yang berpotensi. Melalui penelusuran literatur dan penelitian terbaru, kami akan menggambarkan peran vital retikulum endoplasma dalam menjaga keseimbangan seluler dan kesehatan secara keseluruhan.

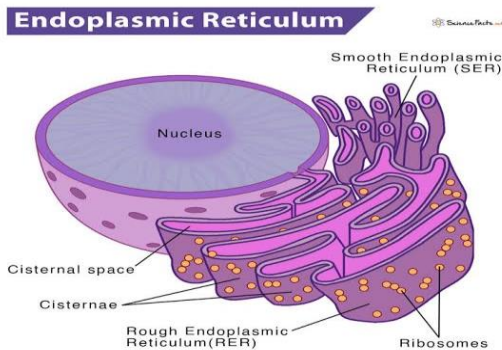
12.2 Struktur dan Fungsi Retikulum Endoplasma Kasar (REK)

Retikulum endoplasma kasar (REK) adalah salah satu komponen utama dari retikulum endoplasma yang dicirikan oleh keberadaan ribosom terikat pada permukaannya. Ribosom-ribosom ini merupakan tempat di mana terjadi sintesis protein, proses yang sangat penting dalam sel untuk memproduksi berbagai jenis protein yang diperlukan untuk fungsi seluler yang beragam. Proses ini dimulai dengan transkripsi DNA menjadi mRNA di inti sel, kemudian mRNA tersebut diangkut keluar inti ke REK, di mana ribosom-ribosom akan menerjemahkan urutan nukleotida mRNA menjadi rantai polipeptida yang akan membentuk protein baru.



Gambar 12. 1 Retikulum Endoplasma
Sumber: Wikipedia

Selain sintesis protein, REK juga memiliki peran dalam proses modifikasi dan pengepakan protein. Setelah protein disintesis, mereka mengalami sejumlah modifikasi post-translasional di REK, termasuk penambahan gugus gula dan lipida, lipatan, dan penggabungan dengan molekul lain untuk membentuk struktur tiga dimensi yang sesuai dengan fungsi protein tersebut. Setelah dimodifikasi, protein-protein ini kemudian dikemas dalam vesikel-vesikel transport dan dikirim ke tujuan mereka yang sesuai, baik itu ke dalam sel atau keluar dari sel.

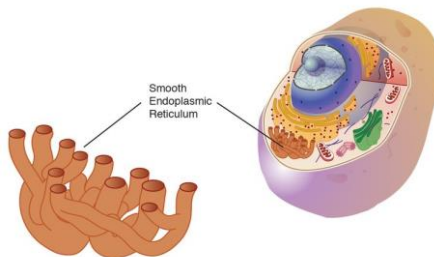


Gambar 12. 2 Retikulum Endoplasma Kasar

Sumber: bioearthworm

12.3 Struktur dan Fungsi Retikulum Endoplasma Halus (REH)

Berbeda dengan REK, retikulum endoplasma halus (REH) tidak memiliki ribosom terikat pada permukaannya, sehingga tampak lebih halus dibandingkan dengan REK. Meskipun tidak terlibat dalam sintesis protein, REH memiliki sejumlah fungsi yang sangat penting dalam sel. Salah satu fungsi utamanya adalah dalam metabolisme lipid. Enzim-enzim dalam REH bertanggung jawab atas sejumlah reaksi metabolik yang melibatkan lipid, termasuk sintesis lipid seperti fosfolipid dan kolesterol, serta degradasi lipid seperti beta-oksidasi asam lemak.

**Gambar 12. 3 Retikulum Endoplasma Halus**

Sumber: Kompas

Selain itu, REH juga berperan dalam detoksifikasi zat-zat beracun dalam sel. Enzim-enzim dalam REH, terutama yang termasuk dalam keluarga enzim sitokrom P450, dapat mengubah molekul-molekul beracun menjadi bentuk yang lebih mudah diekskresikan oleh sel atau bahkan mengubahnya menjadi molekul yang lebih mudah untuk dihilangkan oleh sistem kekebalan tubuh. Proses detoksifikasi ini sangat penting untuk

menjaga kesehatan sel dan mencegah kerusakan yang disebabkan oleh paparan berbagai zat beracun.

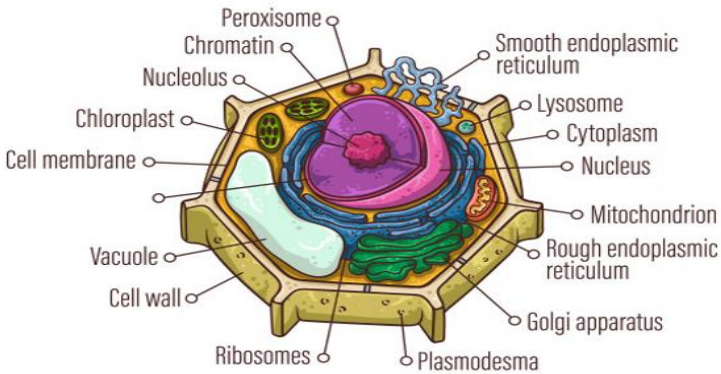
REH juga berperan dalam penyimpanan dan pelepasan kalsium. Kalsium merupakan ion penting dalam berbagai proses seluler, termasuk kontraksi otot, sekresi neurotransmitter, dan aktivasi enzim. REH berfungsi sebagai tempat penyimpanan kalsium di dalam sel, dan ketika diperlukan, kalsium dapat dilepaskan dari REH ke sitoplasma melalui sejumlah saluran kalsium yang terdapat dalam membran REH.

12.4 Interaksi Antara Retikulum Endoplasma Kasar dan Halus

Meskipun REK dan REH memiliki fungsi yang berbeda, keduanya sering kali berinteraksi dalam menjalankan aktivitas seluler yang kompleks. Misalnya, protein yang disintesis di REK sering kali membutuhkan modifikasi lanjutan di REH sebelum mereka dapat berfungsi sepenuhnya. Modifikasi ini bisa berupa penambahan gugus lipid atau gugus gula, atau penghapusan sejumlah asam amino yang tidak diinginkan.

Selain itu, vesikel transport yang membawa protein dari REK ke Golgi juga melewati REH, di mana mereka dapat mengalami penambahan lipid atau modifikasi lainnya sebelum mencapai tujuan akhir mereka. Interaksi antara REK dan REH juga penting dalam menjaga homeostasis seluler, di mana keduanya saling berkoordinasi untuk memastikan bahwa berbagai proses seluler berjalan dengan lancar dan efisien.

PLANT CELL STRUCTURE



Gambar 12. 4 Interaksi Retikulum Kasar dan Halus

Sumber: Kumparan

12.4 Peran Retikulum Endoplasma dalam Penyakit dan Terapi

Gangguan dalam fungsi retikulum endoplasma telah dikaitkan dengan sejumlah kondisi penyakit, termasuk diabetes, penyakit Alzheimer, dan kanker. Misalnya, stres oksidatif atau penumpukan protein yang abnormal dapat mengganggu fungsi normal REK dan REH, menyebabkan gangguan dalam sintesis protein, metabolisme lipid, atau detoksifikasi zat-zat beracun.

Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang struktur dan fungsi retikulum endoplasma sangat penting dalam konteks perkembangan penyakit dan pengembangan terapi. Penelitian yang terus menerus dalam bidang ini dapat membantu dalam mengidentifikasi target terapeutik baru dan mengembangkan strategi intervensi yang efektif untuk berbagai penyakit yang terkait dengan disfungsi retikulum endoplasma.

Dalam konteks ini, penelitian yang terus dilakukan di bidang biologi seluler dan biokimia membuka potensi untuk memahami lebih lanjut keterlibatan retikulum endoplasma dalam berbagai penyakit. Hal ini menunjukkan pentingnya pengetahuan yang lebih dalam tentang dasar-dasar mekanisme yang terlibat dalam fungsi retikulum endoplasma untuk pengembangan terapi yang lebih efektif.

Dengan demikian, pemahaman yang komprehensif tentang struktur, fungsi, dan interaksi antara REK dan REH memiliki implikasi yang luas dalam bidang biologi dan kesehatan. Melalui penelitian yang berkelanjutan, diharapkan kita dapat memperoleh pengetahuan yang lebih mendalam tentang retikulum endoplasma serta mengidentifikasi strategi intervensi yang inovatif dalam menjaga keseimbangan seluler dan mengatasi penyakit-penyakit yang berkaitan dengan disfungsi retikulum endoplasma.

DAFTAR PUSTAKA

- Porter, K.R., & Claude, A. (1945).
<https://www.pnas.org/content/31/2/50>
- Porter, K.R., & Palade, G.E. (1948). Retrieved from
<https://rupress.org/jcb/article/4/2/277/27841/The-Fine-Structure-of-Cells-Reticular-Structures>
- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., & Walter, P. (2002). *Molecular Biology of the Cell*. 4th edition. New York: Garland Science.
- Hetz, C. (2012). The unfolded protein response: controlling cell fate decisions under ER stress and beyond. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 13(2), 89-102.
- Mori, K. (2000). Tripartite management of unfolded proteins in the endoplasmic reticulum. *Cell*, 101(5), 451-454.

BAB 13

SITOSKELETON

Oleh Ravi Aulia Febrianty

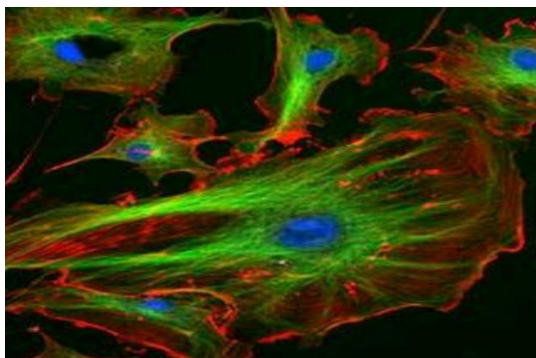
13.1 Pendahuluan

Struktur sel dibentuk dan ditopang oleh sitoskeleton, yang menyerupai kerangka baja yang kokoh. Ia terdiri dari jaringan serat protein halus yang sangat rumit yang terletak di seluruh sitoplasma dan mengisi ruang di antara organel sel. Struktur kompleks ini melakukan banyak fungsi penting untuk sel dan memberikan kekuatan struktural. Dalam biologi sel, penemuan sitoskeleton adalah kemajuan besar. Ilmuwan Keith Porter dan rekannya berhasil memvisualisasikan struktur ini pada tahun 1945 dengan menggunakan metode mikroskop elektron tegangan tinggi (HVEM). Anyaman protein halus yang mirip dengan jala-jala mikrotrabekula ditemukan dalam penelitian mereka. Mereka kemudian menyebutnya sitoskeleton.

Menurut penelitian lebih lanjut, sitoskeleton terdiri dari tiga jenis filamen utama: mikrofilamen, mikrotubulus, dan filamen intermediat. Masing-masing jenis filamen memiliki struktur dan peran khusus yang membantu berbagai proses seluler, seperti pergerakan sel, pembelahan sel, dan transportasi organel. Memahami bagaimana sitoskeleton terdiri dan berfungsi menawarkan cara baru untuk memahami bagaimana sel bekerja dan berinteraksi dengan lingkungannya. Pengetahuan ini tidak hanya penting untuk mempelajari biologi sel secara mendasar, tetapi juga berpengaruh pada kedokteran dan pengembangan obat baru (Bresnick, 2003).

13.2 Sitoskeleton

Organel merupakan bagian-bagian yang membentuk sel dan mirip dengan organ dalam tubuh. Pentingnya organel terletak pada kontribusinya dalam mendukung berbagai kegiatan dan fungsi sel secara keseluruhan. Salah satu contoh organel yaitu sitoskeleton (Peristiowati & Nurwijayanti, 2018). Sitoskeleton terdiri dari jaringan protein kompleks berbentuk benang yang disebut filamen. Istilah ini berasal dari kata Yunani “cyto”, yang berarti “sel”, dan “skeleton”, yang berarti “rangka”. Sitoskeleton merupakan kerangka sel yang terdiri dari jaringan kompleks protein berbentuk benang yang disebut dengan filamen. Filamen ini tersebar di seluruh sitoplasma dan membentuk anyaman atau jala yang memberikan dukungan struktural kepada sel. Filamen-filamen dalam sitoskeleton dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis: mikrotubulus, mikrofilamen, dan filamen intermediat. Ketiganya terdiri dari protein yang dinamis dan terlibat dalam pembentukan kerangka sel. Filamen-filamen ini saling terhubung membentuk struktur yang mendukung sitoplasma dan menjaga posisi inti sel (Yunita, 2016).



Gambar 13. 1 Sitoskeleton
(Sumber: Susilawati & Bakhtiar, 2018)

Menurut (Hartono & Azimata, 2019) penjelasan mengenai filamen-filamen dalam sitoskeleton sebagai berikut:

1. Mikrotubulus

Mikrotubulus terdiri dari mikrotubulin yang terdiri dari tiga belas protofilamen, alfa tubulin, dan beta tubulin, dan memiliki bentuk silinder berongga dengan diameter sekitar 23 nm. Menurut penelitian, protein-protein ini memiliki berat molekul sekitar 54.000 dalton dan terhubung dengan protein-protein purba yang berada pada tahap awal evolusi.

Mikrotubulus mengikat GTP untuk polimerisasi dan lebih stabil daripada aktin. Sentrosom sering mengontrol mikrotubulus, yang memiliki dua ujung: yang negatif terhubung ke pusat pengatur mikrotubulus dan yang positif terletak di dekat membran sel. Mikrotubulus dalam pola triplet membentuk flagela, sentriol, silia, dan struktur yang disebut sebagai “9+2”, yang diikat oleh protein dynein. Mikrotubulus juga berpartisipasi dalam sintesis dinding sel tumbuhan dan endositosis vakuola; membentuk dan mendukung sel; transportasi intraseluler; pengaturan posisi organel; mitosis spindle; dan pembentukan sentriol, flagela, dan silia.

2. Filamen Aktin (Mikrofilamen)

Mikrofilamen adalah filamen paling tipis dalam sitoskeleton yang terdiri dari protein globular bernama aktin, yang sering disebut sebagai filamen aktin. Mikrofilamen membentuk struktur tongkat solid dan berfungsi untuk membentuk permukaan sel. Karena keterikatannya yang kuat dengan protein pengikat silang, mikrofilamen cenderung membentuk jaringan yang kaku. Protein rho mengatur kontraksi filamen aktin-miosin

dengan mengontrol struktur mikrovili. Bakteri seperti *Listeria monocytogenes* menggunakan filamen aktin untuk berpindah dari satu sel ke sel lain dalam inangnya.

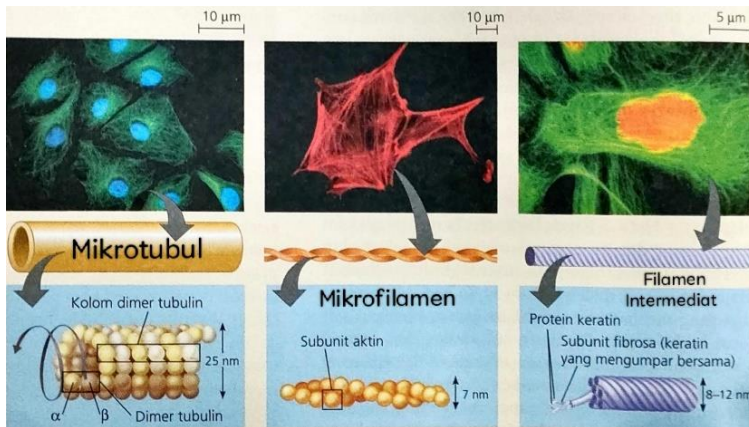
Mikrofilamen terdiri dari polimer linear subunit mikrovili yang memiliki fleksibilitas dan sering berbentuk jaring atau gel. Perpanjangan satu ujung mereka dan penyusutan ujung lainnya menghasilkan perpindahan molekul. Selain itu, mikrofilamen berfungsi sebagai jalur gerakan molekul miosin yang berjalan di sepanjangnya. Mikrofilamen melakukan banyak hal, seperti menahan tegangan, mempertahankan bentuk sel, membantu kontraksi otot, membentuk jaringan di bawah membran plasma untuk mendukung bentuk sel, dan berpartisipasi dalam sitokinesis, siklosis, pergerakan amuboid, dan fagositosis.

3. Filamen Intermediat (Filamen Menengah)

Filamen intermediat lebih stabil daripada mikrofilamen, memiliki bentuk serat mirip tali, dan memiliki diameter rata-rata sekitar 10 nm. Seperti semua filamen, filamen ini hanya ada di sitoplasma dan inti sel hewan. Seperti filamen lainnya, mereka membantu menjaga bentuk sel, membantu struktur internal sel, menahan organel, dan membentuk lamina nuklir dan sarkomer.

Mereka juga memberi sel kekuatan mekanis, membuatnya tahan terhadap tekanan dan peregangan. Polimerisasi terjadi selama pembentukan filamen intermediat. Dua monomer bergabung membentuk struktur coil, kemudian membentuk tetramer dengan posisi yang tidak paralel. Tetramer-tetramer ini kemudian

bergabung dengan tetramer lainnya untuk membentuk array heliks yang stabil.



Gambar 13. 2 Filamen-filamen Sitoskeleton
(Sumber: Campbell et al., 2010)

13.3 Sitoskeleton Sel Eukariotik dan Sel Prokariotik

Menurut (Rahmadina & Febriani, 2017) struktur internal sel eukariotik terdiri dari tiga jenis filamen sitoskeleton yang saling terhubung dan berkoordinasi yaitu mikrotubulus, mikrofilamen, dan filamen intermediat. Sedangkan, sel prokariotik dan sel eukariotik memiliki struktur dan fungsi sitoskeleton yang sama untuk menjaga bentuk sel. Berikut beberapa komponen sitoskeleton pada sel prokariotik:

1. FtsZ

FtsZ adalah protein awal dari sitoskeleton sel prokariotik. Seperti tubulin pada sel eukariotik, ia membentuk filamen, tetapi filamen ini tidak termasuk dalam tubulus. Ketika sel prokariotik membelah, FtsZ menjadi protein pertama yang masuk ke setiap bagian

sel dan membantu dalam pembentukan dinding sel antara sel yang sedang membelah.

2. MreB dan ParM

Protein prokariotik seperti MreB bertanggung jawab untuk mempertahankan bentuk sel. Semua bakteri bentuk tidak bulat memiliki gen yang mengkode aktin, dan protein ini terbentuk di bawah membran sel dan berpartisipasi dalam sintesis protein. Beberapa plasmid memiliki sistem partisipasi yang melibatkan aktivitas protein ParM. Filamen ParM yang dinamis dapat membantu plasmid DNA terpisah ke dalam sel yang berbeda dengan cara yang mirip dengan mikrotubulus selama proses mitosis sel eukariotik.

3. Kresentin

Kresentin adalah protein ketiga yang ditemukan di *Caulobacter crescentus*. Mekanisme kresentin masih belum sepenuhnya dipahami, tetapi ia berfungsi untuk mempertahankan bentuk sel seperti heliks dan vibrioid pada bakteri. Kresentin terkait dengan filamen pada sel eukariotik.

13.4 Peran Sitoskeleton

Menurut (Campbell et al., 2010) terdapat beberapa peran sitoskeleton sebagai berikut:

1. Penyokongan Sel

Sitoskeleton membantu sel menjaga bentuknya dan memberikan dukungan mekanis, terutama pada sel hewan yang tidak memiliki dinding sel. Struktur yang kuat dan fleksibel dari sitoskeleton disebabkan oleh arsitekturnya yang kompleks, mirip dengan kubah geodesi, yang menciptakan keseimbangan antara gaya-gaya yang berlawanan. Seperti rangka hewan yang menstabilkan tubuhnya, sitoskeleton juga menahan berbagai organel dan bahkan untuk molekul enzim di dalam sitosol. Namun,

berbeda dengan rangka hewan yang statis, sitoskeleton memiliki kemampuan dinamis untuk diuraikan dan dirakit kembali di lokasi yang baru, yang memungkinkan perubahan bentuk sel.

2. Motilitas Sel

Berbagai jenis motilitas (pergerakan) sel melibatkan sitoskeleton yang bekerja sama dengan protein motorik. Contoh pergerakan sel termasuk perubahan lokasi sel dan gerakan bagian-bagian sel yang lebih terbatas. Protein motorik bekerja dengan sitoskeleton dan molekul membran plasma untuk memungkinkan sel bergerak sepanjang serat di luar sel, seperti dalam pelengkungan silia dan flagela. Mikrofilamen juga terlibat dalam kontraksi sel otot. Di dalam sel, vesikel dan organel lain bergerak di sepanjang jalur sitoskeleton, seperti migrasi vesikel neurotransmitter ke ujung akson sel saraf. Sitoskeleton juga memengaruhi pembentukan vakuola makanan dan vesikel fagositik. Selain itu, motilitas sel disebabkan oleh sitoskeleton, atau aliran sitoplasma yang mengedarkan materi ke dalam sel tumbuhan yang sangat besar.

3. Regulasi Sel

Sitoskeleton mengatur aktivitas biokimia sel sebagai tanggapan terhadap rangsangan mekanis. Dalam suatu eksperimen, peneliti menggunakan alat mikromanipulasi untuk mengubah protein membran plasma yang terhubung dengan sitoskeleton. Gaya yang diterima dari molekul ekstraselular melalui protein permukaan sel tampaknya disebarkan ke dalam komponen sitoskeleton, bahkan mungkin mencapai nukleus. Akibatnya, nukleolus dan struktur lain dalam nukleus hampir segera disusun

ulang. Akibatnya, sitoskeleton dapat mengirimkan sinyal mekanis yang membantu mengatur dan mengatur respons sel.

DAFTAR PUSTAKA

- Bresnick, S. (2003). *Intisari Biologi*. Jakarta: Penerbit Hipokrates.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., & Jackson, R. B. (2010). *Biologi Jilid 2* (Kedelapan). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hartono, R., & Azimata, R. (2019). *Biologi Sel dan Genetika*. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Peristiwati, Y., & Nurwijayanti. (2018). *Biologi Dasar Manusia dan Biologi Perkembangan*. Sidoarjo: Indomedia Pustaka.
- Rahmadina, & Febriani, H. (2017). *Biologi Sel Unit Terkecil Penyusun Tubuh Makhluk Hidup*. Surabaya: CV. Selemba Papyrus.
- Susilawati, & Bakhtiar, N. (2018). *Biologi Dasar Terintegrasi*. Pekanbaru: Kreasi Edukasi.
- Yunita, O. (2016). *Biologi Sel: Pendekatan Aplikasi untuk Profesi Kesehatan*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

BIODATA PENULIS

Anggraini Putri Utami, S.Si., M.Si

Dosen Program Studi Bioteknologi
Institut Teknologi Kesehatan Muhammadiyah Kalimantan Barat

Penulis lahir di Pontianak tanggal 9 April 1997. Penulis menyelesaikan pendidikan S-1 Jurusan Biologi Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret pada tahun 2018 dan melanjutkan S-2 Bioteknologi di Institut Pertanian Bogor dan lulus pada tahun 2022. Penulis adalah dosen pada Program Studi Bioteknologi ITEKES Muhammadiyah Kalbar mata kuliah Biologi Sel. Buku ini merupakan buku kolaborasi pertama penulis. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: anggrainiputriutami@gmail.com

BIODATA PENULIS



Nur Jati Jagad, S.Pd., M.Sc

Dosen Program Studi Bioteknologi

Institut Teknologi Kesehatan Muhammadiyah Kalimantan Barat

Penulis lahir di Pontianak tanggal 24 Desember 1993. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Institut Teknologi Kesehatan Muhammadiyah Kalimantan Barat. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Ahmad Dahlan dan melanjutkan S2 pada Program Studi Magister Biologi di Universitas Gadjah Mada. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: nurjatijagad@gmail.com

BIODATA PENULIS**Dr. Hasria Alang, S.Si., M.Kes**

Dosen Program Studi Bioteknologi

Institut Teknologi Kesehatan Muhammadiyah Kalimantan Barat

Hasria Alang, lahir di Puundoho, 28 Maret 1985. Pendidikan S1 ditempuh pada Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin Makassar, lulus 2006. Menempuh S-2 di konsentrasi Mikrobiologi Program Studi Biomedik Universitas Hasanuddin Makassar dan lulus 2010. Menempuh pendidikan program doktor pada prodi Biologi Universitas Brawijaya Malang dan lulus tahun 2019. Tahun 2011 sampai 2023 sebagai dosen tetap pada Prodi Pendidikan Biologi P. MIPA STKIP Pembangunan Indonesia Makassar mata kuliah Mikrobiologi, Biologi Sel dan Biologi Molekuler. Kemudian tahun 2023 hingga sekarang menjadi dosen tetap pada prodi Bioteknologi ITEKES MU Kalbar. Menulis artikel dan buku, juga aktif dilakukan oleh penulis untuk menunjang Tridharmanya. Buku Biologi Sel merupakan buku kolaborasi yang kesembilan dari penulis. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi semua dan apa yang kita lakukan bernilai ibadah disisi Allah SWT. Aamiin YRA

BIODATA PENULIS



Yuyun Nisaul Khairillah, S.Si., M.Si

Dosen Program Studi Bioteknologi

Institut Teknologi dan Kesehatan Muhammadiyah Kalimantan
Barat

Penulis lahir di Kepahiang, pada tanggal 09 Maret 1995. Penulis telah menyelesaikan pendidikan sarjana pada Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu (UNIB) pada tahun 2017. Kemudian penulis telah menyelesaikan pendidikan magister pada Program Studi Mikrobiologi, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (IPB) pada tahun 2021. Selama menempuh masa perkuliahan penulis pernah menjadi asisten dosen, asisten riset, dan asisten praktikum beberapa mata kuliah seperti genetika populasi dan genetika manusia, Biokimia, Teknik Laboratorium, Mikologi Cendawan Endofit, Tropical Microbiology, dan Interaksi Mikrob dan Inang. Selain itu juga penulis terlibat dalam beberapa organisasi seperti Forum Mahasiswa Pascasarjana IPB (FORCA IPB), Himpunan Mahasiswa Muslim Pascasarjana IPB (HIMMPAS IPB), Generasi Saintis Islam Universitas Bengkulu (GSI UNIB), Himpunan Mahasiswa Biologi Abaka (HIMABIO-ABAKA UNIB),

Masyarakat Bioinformatika dan Biodiversitas Indonesia (MABBI) dan Ikatan Program Studi Bioteknologi Indonesia (IPSBI).

Saat ini penulis bekerja sebagai Dosen di Program Studi Bioteknologi, Institut Teknologi dan Kesehatan Muhammadiyah Kalimantan Barat pada September 2022 – sekarang. Penulis aktif mengikuti seminar, menulis, dan mempublikasi artikel pada jurnal nasional dan internasional bereputasi. Penulis juga telah melakukan riset terkait protein, protein lektin, senyawa aktif mikroorganisme, cendawan endofit, cendawan rhizosfer dan senyawa antibiotik bakteri mangrove, hingga sekarang.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail:
yuyunnisaulkhairillah@gmail.com

BIODATA PENULIS



Galih Dwiki Ramanda, S.Si., M.Si.

Dosen Program Studi Bioteknologi

Institut Teknologi Kesehatan Muhammadiyah Kalimantan Barat

Penulis lahir di Sintang pada tanggal 06 September 1999. Penulis merupakan salah satu tenaga pendidik pada Program Studi Institut Teknologi dan Kesehatan Muhammadiyah Kalimantan Barat. Penulis telah menyelesaikan Pendidikan S1 dan S2 di Program Studi Kimia Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Selama perjalanan kuliah saya pernah mengikuti berbagai kegiatan baik organisasi himpunan internal maupun eksternal. Pengalaman riset diawali dengan mengikuti PKM kewirausahaan pada awal perkuliahan, PKM penelitian ditahun kedua sebagai ketua tim, sebagai ketua tim riset yang membekali saya kesempatan untuk meningkatkan keterampilan komunikasi yang kuat dan kemampuan untuk bekerja secara kolaboratif dalam tim multidisiplin.

Selain itu, saya telah terlibat dalam berbagai proyek penelitian yang telah memperluas wawasan saya dalam bidang sains, sehingga telah membekali saya dengan kemampuan kritis, teknis menganalisis, dan kreatifitas. Pernah mengikuti *students mobility* di NANOCAT, Universiti Malaya, pengalaman mengikuti

conference yang dilaksanakan di dalam negeri maupun Internasional. Penulis dapat dihubungi melalui email : galih@itekesmukalbar.ac.id