



REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00201972739, 25 September 2019

## Pencipta

Nama : **Nurul Ummi Lathifah, S.Pd., Dr. Wiwi Isnaeni, M.S., , dkk**  
Alamat : Jl. Srandil No.216 RT 05/ RW 01, Adireja, Adipala, Cilacap, Jawa Tengah, 53271  
Kewarganegaraan : Indonesia

## Pemegang Hak Cipta

Nama : **Nurul Ummi Lathifah, S.Pd., Dr. Wiwi Isnaeni, M.S., , dkk**  
Alamat : Jl. Srandil No.216 RT 05/ RW 01, Adireja, Adipala, Cilacap, 9, 53271  
Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Atlas**

Judul Ciptaan : **Atlas Biologi Sel**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 22 April 2018, di Semarang

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.

Nomor pencatatan : 000155795

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL



Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001

**LAMPIRAN PENCIPTA**

No	Nama	Alamat
1	Nurul Ummi Lathifah, S.Pd.	Jl. Srandil No.216 RT 05/ RW 01, Adireja, Adipala
2	Dr. Wiwi Isnaeni, M.S.	Jl. Dewi Sartika III/32 Sukorejo, RT 03/ RW 04, Gunungpati
3	Drs. Bambang Priyono, M.Si.	Jl. Bakti II/ 2 Blok B Perum Trangkil Sejahtera, Sukorejo, Gunungpati

**LAMPIRAN PEMEGANG**

No	Nama	Alamat
1	Nurul Ummi Lathifah, S.Pd.	Jl. Srandil No.216 RT 05/ RW 01, Adireja, Adipala
2	Dr. Wiwi Isnaeni, M.S.	Jl. Dewi Sartika III/32 Sukorejo, RT 03/ RW 04, Gunungpati
3	Drs. Bambang Priyono, M.Si.	Jl. Bakti II/ 2 Blok B Perum Trangkil Sejahtera, Sukorejo, Gunungpati

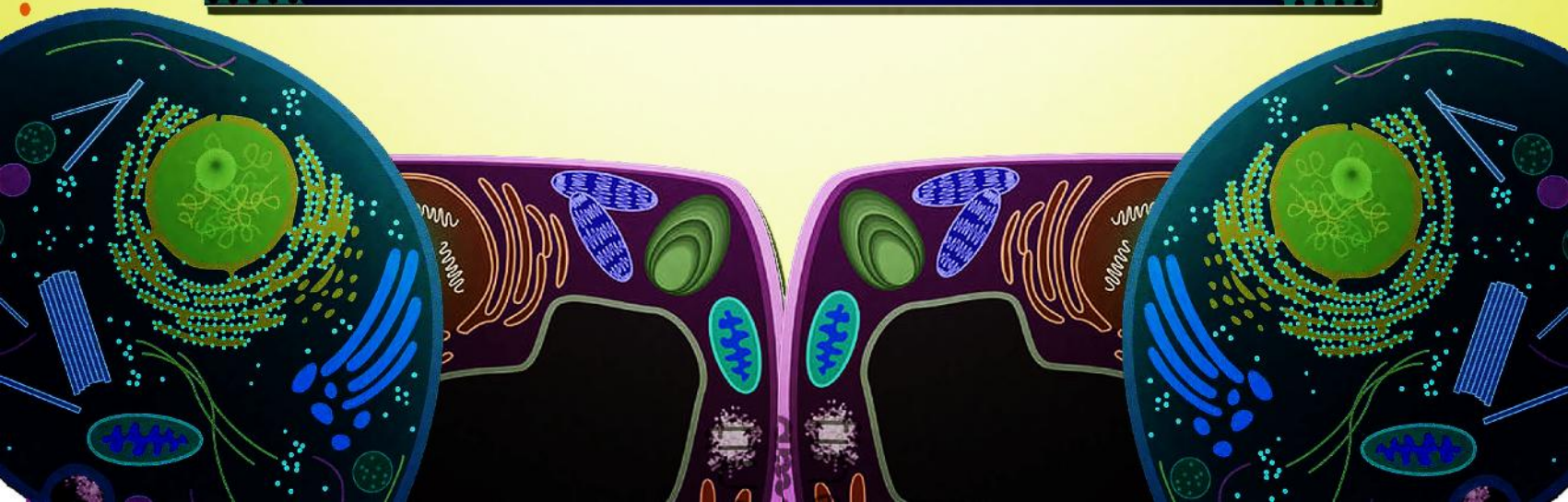




NURUL  
UMMI  
LATHIFAH  
Pend. Bio 2011

# ABISEL

{ATLAS BIOLOGI SEL}





# Atlas Biologi Sel

PENYUSUN

Nurul Ummi Lathifah

4401411100

Pendidikan Biologi

Universitas Negeri Semarang

Semarang

EDITOR

Dr. Wiwi Isnaeni, M. S

Drs. Bambang Priyono, M. Si

Jurusan Biologi

Universitas Negeri Semarang

Semarang



UNS



# ABISEL

Dibuat dengan menggunakan program Adobe Photoshop CS3, Paint, dan Xiu-xiu oleh Nurul Ummi Lathifah (2016-17)  
Dilarang keras memfotokopi atau memperbanyak Abisel dalam bentuk apapun, baik sebagian maupun keseluruhan isi atlas ini, serta memperjualbelikannya tanpa ijin dari penyusun.



## Kata pengantar

Atlas Biologi Sel (Abisel) merupakan buku yang disusun khusus sebagai media pembelajaran materi Struktur dan Fungsi Organel Sel untuk menambah pemahaman dan memperkaya pengetahuan siswa kelas XI. Selain berfungsi sebagai media pembelajaran, Abisel juga dapat digunakan sebagai sumber belajar kedua setelah buku teks dan dapat juga digunakan sebagai sarana pembandingan dari hasil praktikum pengamatan sel yang dilakukan siswa di laboratorium.

Abisel disusun sebagai salah satu terobosan untuk mewujudkan pembelajaran yang berorientasi pada salah satu kegiatan dari serangkaian *scientific approach* dalam kurikulum 2013, yaitu pengamatan. Pengamatan dalam kurikulum 2013 tidak hanya dimaksudkan untuk kegiatan praktikum di laboratorium dengan menggunakan mikroskop saja, namun untuk semua kegiatan yang melibatkan indra penglihatan seperti membaca teks maupun membaca gambar. Dalam silabus kurikulum 2013 mata pelajaran biologi, keanekaragaman sumber belajar sangat dibutuhkan. Salah satu tujuan dari disusunnya Abisel adalah untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Abisel berisi banyak gambar sel, gambar organel sel, dan keterangan pendukung. Jika pada buku teks pelajaran yang digunakan siswa kebanyakan hanya menampilkan gambar ilustrasi dari struktur sel, maka Abisel tidak hanya menyajikan gambar ilustrasi saja namun juga struktur yang dilihat dari mikroskop elektron yaitu SEM (*Scanning Electron Microscope*), TEM (*Transmission electron microscope*) dan gambar hasil mikroskop cahaya. Penambahan ketiga macam gambar tersebut selain untuk memperkaya pengetahuan siswa, juga untuk menjauhkan siswa dari kesan abstrak terhadap struktur sel karena selama ini yang siswa lihat hanyalah gambar skematisnya (ilustrasi) saja.

Penyusunan Atlas Biologi Sel (Abisel) ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Atas tersusunnya Atlas Biologi Sel ini penyusun mengucapkan terimakasih kepada ibu, bapak, eyang putri, dan adik, serta keluarga besar yang selalu mendoakan, memberikan dukungan moral, dan material kepada penyusun. Terimakasih kepada Ibu Wiwi Isnaeni dan Bapak Bambang Priyono selaku dosen pembimbing. Terimakasih kepada Ibu Siti Amirin dan siswa-siswi kelas XI MIPA 5 dan MIPA 4 2017/2018 SMA N 3 Cilacap, yang telah memberi banyak masukan selama kegiatan penelitian. Terimakasih juga penyusun ucapkan kepada semua pihak yang tidak dapat penyusun sebutkan yang telah membantu selesainya penyusunan atlas ini. Abisel ini tentunya jauh dari kata sempurna, oleh karena itu saran yang membangun sangat diperlukan untuk memperbaiki kekurangan Abisel agar menjadi lebih baik lagi.

Semarang, Januari 2018

Penyusun

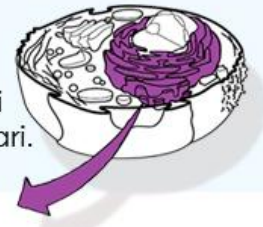
# Petunjuk pemakaian

Gunakan Atlas ini sebagai media belajarmu selama proses pembelajaran materi struktur sel maupun materi yang dirasa berhubungan dengan struktur sel. Atlas ini memuat gambar-gambar struktur sel dan struktur organel sel beserta keterangannya.

## Struktur Peroxisom

Perhatikan judul yang terdapat pada sudut atas tiap-tiap halaman. Judul menunjukkan topik atau identitas organel yang sedang kamu pelajari.

Gambar di samping menunjukkan lokasi organel dalam sel yang sedang dipelajari.



Organel peroksisom sel ginjal mamalia, bila dilihat menggunakan TEM dengan perbesaran 15000x

Ada dua jenis badan mikro, yaitu:

1) **Peroxisom** (badan mikro yang berisi enzim katalase dan oksidase. Umumnya terdapat pada sel-sel eukariotik mamalia, namun juga terdapat pada sel tumbuhan)

Keterangan gambar:  
a. Membran peroksisom  
b. Lipid bilayer  
c. Inti kristal  
d. Berbagai enzim

Saat mengamati gambar, perhatikan dan baca keterangan gambar yang ada. Keterangan tidak langsung ditulis pada gambar agar kamu mau membaca seluruh keterangan yang ada.

Sumber gambar:

- 1 Taiz Plant Physiology
- 2 Biologydiscussion
- 3 Daniel Friend - Fawcett
- 4 Campbell Biology 10th Edition

- 1.1 Simbol lingkaran kuning dengan titik di antara angka seperti contoh di samping menunjukkan bahwa gambar berasal dari *author* yang sama namun diperoleh dari *link* internet yang berbeda. Angka di depan titik
- 1.2 menunjukkan *author*, angka di belakang titik menunjukkan urutan *link* pada daftar pustaka online gambar.

Nomor-nomor dengan lingkaran kuning menunjukkan urutan sumber pustaka gambar/*author*.

Simbol pohon, hewan (burung, monyet, dll), dan bakteri, menunjukkan organel tersebut berada di dalam sel apa.

- Simbol pohon menunjukkan bahwa organel tersebut hanya dimiliki oleh sel tumbuhan.
- Simbol hewan menunjukkan bahwa organel tersebut hanya terdapat pada sel hewan.
- Apabila dalam suatu halaman terdapat kedua simbol (tumbuhan dan hewan) maka organel tersebut dimiliki oleh sel tumbuhan dan sel hewan.
- Simbol bakteri menunjukkan bahwa organel tersebut hanya dimiliki oleh sel prokariotik (bakteri) saja.



# Daftar istilah

Dalam ilmu Biologi ada banyak istilah asing yang mungkin belum pernah kamu dengar.

Begitu juga dalam atlas ini ada banyak sekali istilah asing yang belum maupun sudah pernah kamu dengar. Sebelum kamu menggunakan atlas sebagai media belajarmu, alangkah baiknya jika kamu terlebih dahulu mengetahui arti dari beberapa istilah-istilah tersebut agar kamu tidak bingung.

Berikut merupakan penjelasan singkat mengenai beberapa istilah yang ada di dalam Atlas Biologi Sel ini:

## Mikroskop Cahaya (LM)

Mikroskop cahaya atau *Compound light microscope* adalah sebuah mikroskop yang menggunakan cahaya lampu sebagai pengganti cahaya matahari sebagaimana yang digunakan pada mikroskop konvensional.

## Mikroskop Elektron

Mikroskop elektron adalah sebuah mikroskop yang mampu untuk melakukan pembesaran objek sampai 2 juta kali, yang menggunakan elektro statik dan elektro magnetik untuk mengontrol pencahayaan dan tampilan gambar serta memiliki kemampuan pembesaran objek serta resolusi yang jauh lebih bagus daripada mikroskop cahaya. Mikroskop elektron ini menggunakan jauh lebih banyak energi dan radiasi elektromagnetik yang lebih pendek dibandingkan mikroskop cahaya.

## TEM

TEM singkatan dari *Transmission Electron Microscope* (mikroskop elektron transmisi) adalah sebuah mikroskop elektron yang cara kerjanya mirip dengan cara kerja proyektor slide, di mana elektron ditembuskan ke dalam obyek pengamatan dan pengamat mengamati hasil tembusannya pada layar.

## SEM

SEM singkatan dari *Scanning Electron Microscope* (mikroskop elektron payar/ mikroskop pemindai elektron) digunakan untuk studi detail arsitektur permukaan sel (atau struktur jasad renik lainnya), dan obyek diamati secara tiga dimensi.

## Prokariota

Prokariota adalah makhluk hidup yang tidak memiliki sel bernukleus dan organel bermembran. Organisme yang tergolong prokariota adalah organisme yang masih dalam domain Bakteri, Archaeobacteria, dan Cyanobacteria.

## Eukariota

Eukariota adalah makhluk hidup yang memiliki sel bernukleus dan organel bermembran lainnya. Organisme yang termasuk dalam eukariota adalah organisme dari kingdom protista, fungi, animalia dan plantae.

## Sel Prokariotik

Sel Prokariotik adalah sel dari organisme prokariota yang tidak memiliki nukleus dan materi genetiknya tidak diselubungi oleh membran, selain itu sel ini juga tidak memiliki organel bermembran.

## Sel Eukariotik

Sel Eukariotik adalah sel dari organisme eukariota yang memiliki nukleus yang dilindungi oleh membran ganda, dan memiliki organel bermembran.

## Organel

Organel adalah struktur yang diselubungi oleh membran, yang mempunyai fungsi terspesialisasi dan terletak di dalam sitosol sel eukariotik.

Catatan: hampir semua fotomikrograf di dalam atlas ini berwarna, hal ini dikarenakan adanya teknik pewarnaan preparat.



# Daftar isi

i	Title page	
ii	Copyright page	
iii	Kata pengantar	
iv	Petunjuk pemakaian	2
v	Daftar istilah singkat	1
vi	Daftar isi	2
55	Daftar pustaka	3
60	Tentang penyusun	4
61	Tentang pembimbing	5

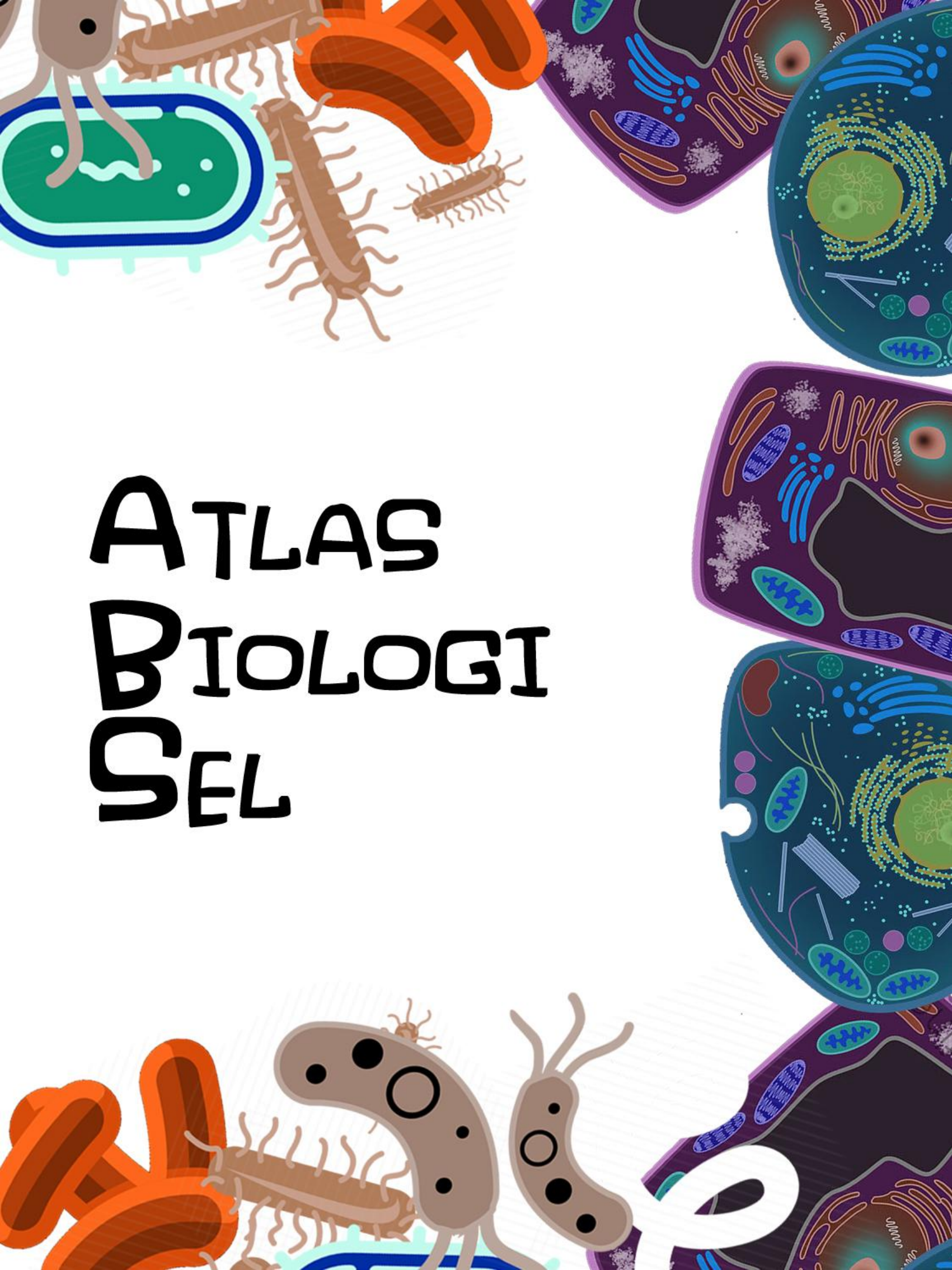
## Sel Prokariotik

	Struktur sel bakteri	
	SEM sel bakteri <i>Escherichia coli</i>	
	TEM sel bakteri <i>Escherichia coli</i>	
	Struktur dinding sel bakteri	
	Struktur membran sel bakteri	
	Struktur sitoskeleton sel bakteri	

## Sel Eukariotik

7	LM sel daun <i>Hydrilla verticillata</i>	32	Struktur membran nukleus
8	LM sel daun <i>Plagiomnium rostratum</i>	33	Struktur pori nukleus
10	SEM sel daun <i>Solanum nigrum</i>	34	Struktur lamina nukleus
12	SEM sel daun <i>Aconitum napellus</i>	35	Struktur nukleoplasma dan kromatin
13	TEM sel daun <i>Zinnia elegans</i>	36	Pengemasan kromatin
14	LM sel epitelium mukosa mulut manusia	38	Struktur nukleolus
15	SEM dan TEM sel purkinje	39	Struktur retikulum endoplasma
16	SEM sel hepatosit	41	Struktur badan golgi
18	SEM dan TEM sel tubulus proksimal nefron	43	Struktur ribosom
20	SEM dan TEM sel asinar	45	Struktur kloroplas
22	SEM dan TEM sel keratinosit	47	Struktur mitokondria
24	Ilustrasi struktur sel tumbuhan	49	Struktur vakuola sentral
25	Ilustrasi struktur sel hewan	50	Struktur lisosom
26	Struktur dinding sel tumbuhan	51	Struktur peroksisom
29	Struktur membran sel eukariotik	52	Struktur sitoskeleton
31	Struktur nukleus sel eukariotik	54	Struktur sentriol

# ATLAS BIOLOGI SEL





Struktur Ultramikroskopis

---

# Sel Prokariotik

- Sel Bakteri

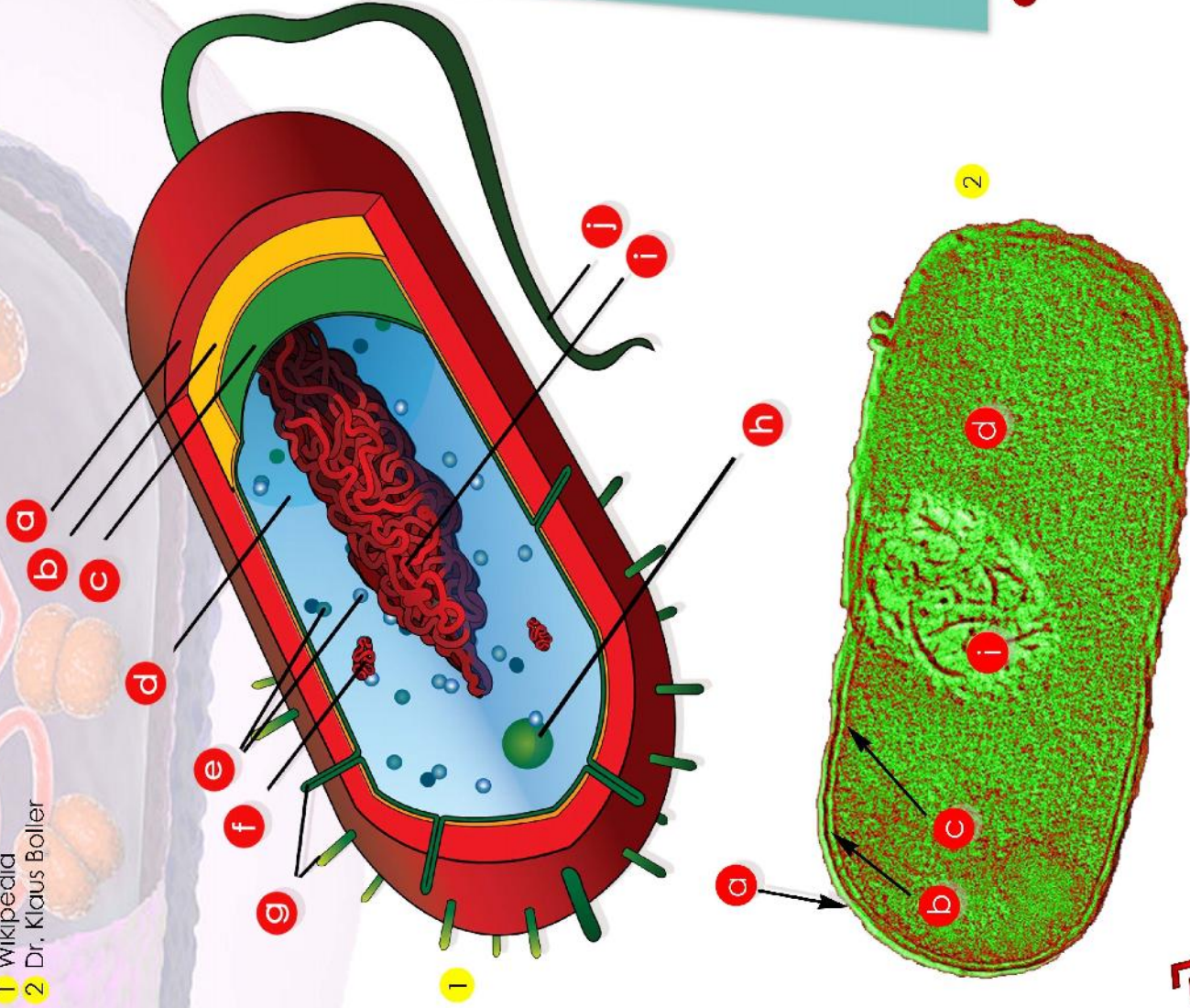
# Koloni bakteri *Escherichia coli* dilihat dari SEM

Koloni bakteri *Escherichia coli* tipe O157:H1 bila dilihat dari mikroskop pemindai elektron (SEM) pada perbesaran 10000x. Bakteri ini ditemukan pada usus besar manusia dan dapat mengeluarkan racun yang menyebabkan diare disertai darah.

Difoto oleh Eric Erbe  
Pewarnaan digital oleh Christopher Pooley  
Foto diterbitkan oleh Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture. 2005.



Sumber gambar:  
 1 Wikipedia  
 2 Dr. Klaus Boller



7

Sebuah bakteri *Escherichia coli* yang dilihat dari mikroskop elektron transmisi (TEM) pada perbesaran 14800x. Tidak semua bakteri memiliki struktur yang ditunjukkan oleh gambar ilustrasi, namun semua bakteri memiliki kapsul, membran sel, sitoplasma, ribosom, dan nukleoid yang mengandung DNA. Hampir semua bakteri memiliki dinding sel.

# Sel Bakteri

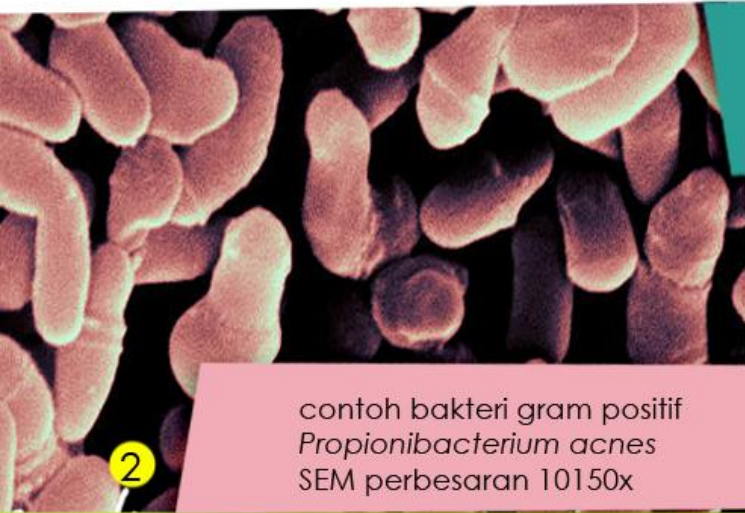
Keterangan :

- a. Kapsul selaput pelindung luar
- b. Dinding sel pada umumnya kaku dan terbuat dari peptidoglikan
- c. Membran sel menggilingi sitoplasma; mengendalikan gerakan zat kimia, air, dan zat sisa dari sel
- d. Sitoplasma cairan kompleks mengandung berbagai larutan zat
- e. Ribosom terikat dalam pembentukan protein
- f. Plasmid gulungan kecil berisi tambahan bahan genetik
- g. Pili struktur menyerupai rambut, kaku, dan kecil; melekat pada permukaan dan terlibat dalam pertukaran gen dengan bakteri lain
- h. Badan inklusio agregat nukleus atau sitoplasma berupa protein; berasal dari ekspresi gen yang berlebihan
- i. Nukleoid daerah yang mengandung paling banyak materi genetik
- j. Flagelum tonjolan menyerupai cambuk yang digetarkan untuk bergerak

- Struktur bakteri berbentuk batang (basi) umumnya memiliki membran sel yang menyelimuti sitoplasma dan organel tidak bermembran. Ribosom tersebar di dalam sitoplasma. Tidak seperti sel hewan, sel bakteri memiliki dinding sel kaku di luar membran selnya. Struktur bakteri jauh lebih sederhana daripada organisme bersel lainnya karena materi genetik (DNA) bakteri terletak bebas dalam sel, tidak disimpan dalam inti sel.

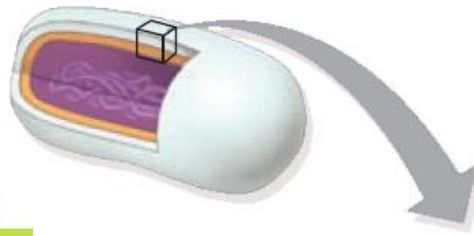


# Struktur Dinding Sel Bakteri



contoh bakteri gram positif  
*Propionibacterium acnes*  
SEM perbesaran 10150x

2



1

Dinding sel prokariotik berbeda dalam komposisi dan konstruksi molekular dari dinding sel eukariotik.

Keterangan:

A. Dinding sel bakteri gram positif

- a. Dinding sel
- b. Lapisan peptidoglikan
- c. Membran sel

B. Dinding sel bakteri gram negatif

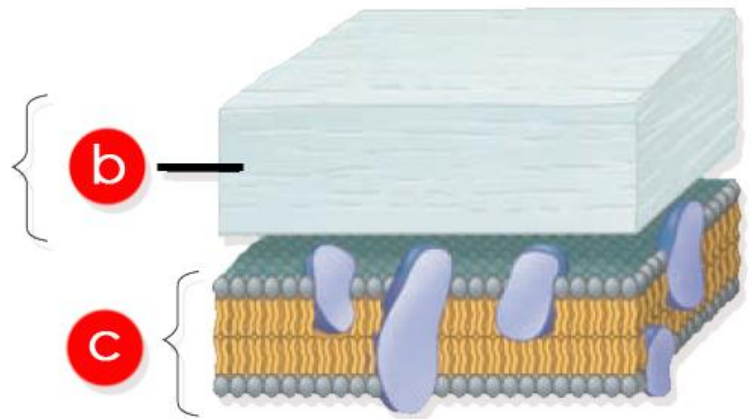
- a. Dinding sel
- b. Membran luar
- c. Lapisan peptidoglikan
- d. Membran dalam
- e. Lipopolisakarida (berwarna hijau)

Dengan adanya perbedaan komposisi peptidoglikan, bakteri dapat dibedakan menjadi bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Hal ini sangat bermanfaat bagi dunia kedokteran.

a

b

c

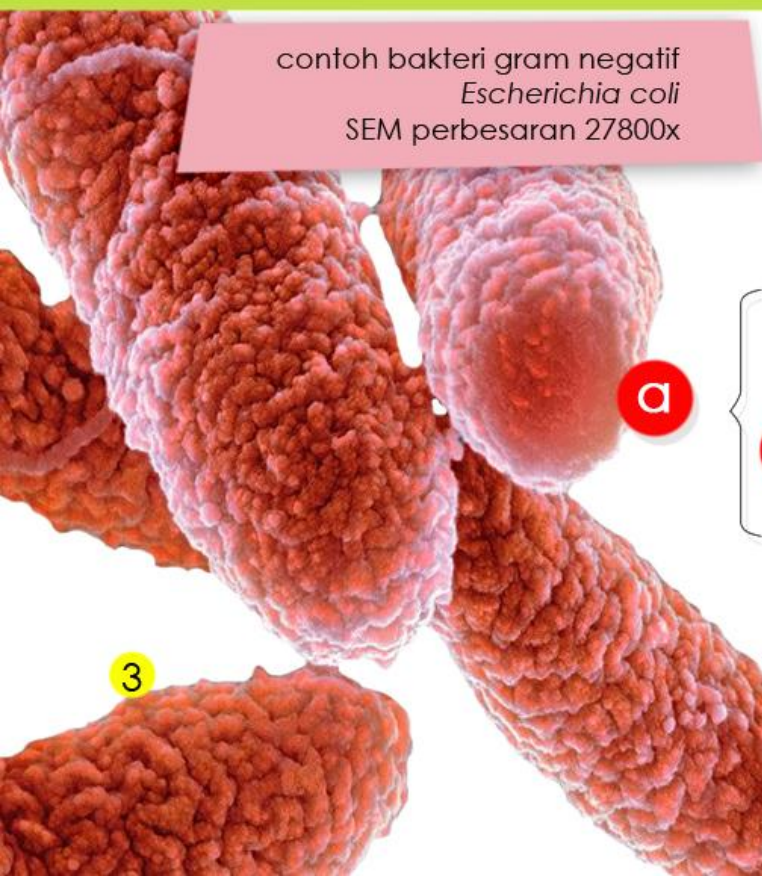
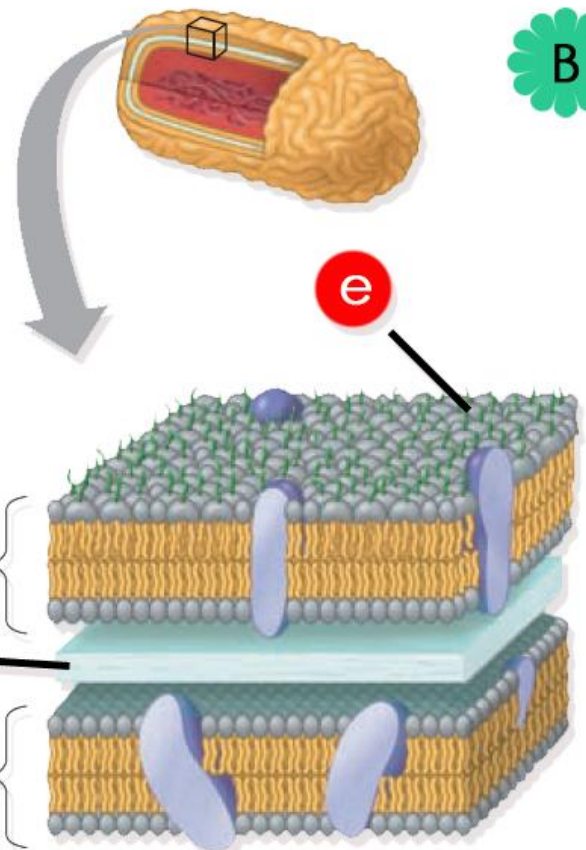


e

b

c

d



contoh bakteri gram negatif  
*Escherichia coli*  
SEM perbesaran 27800x

3

3

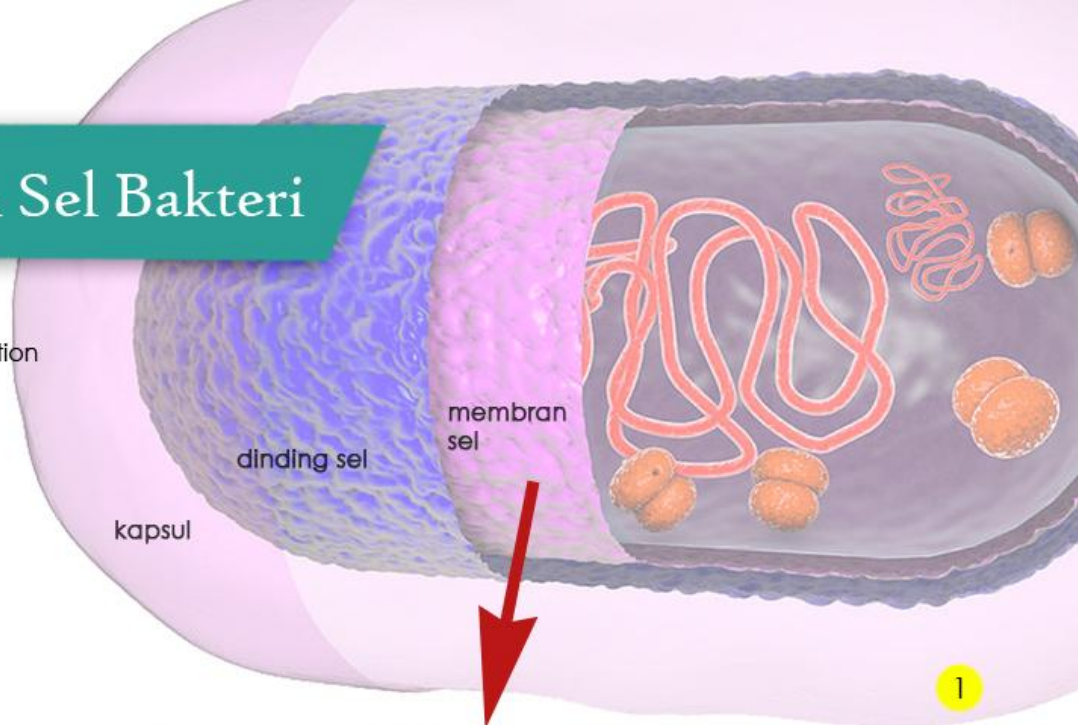
Sumber gambar:

- 1 Campbell Biologi edisi 10
- 2 Science Photo Library
- 3 Scimat

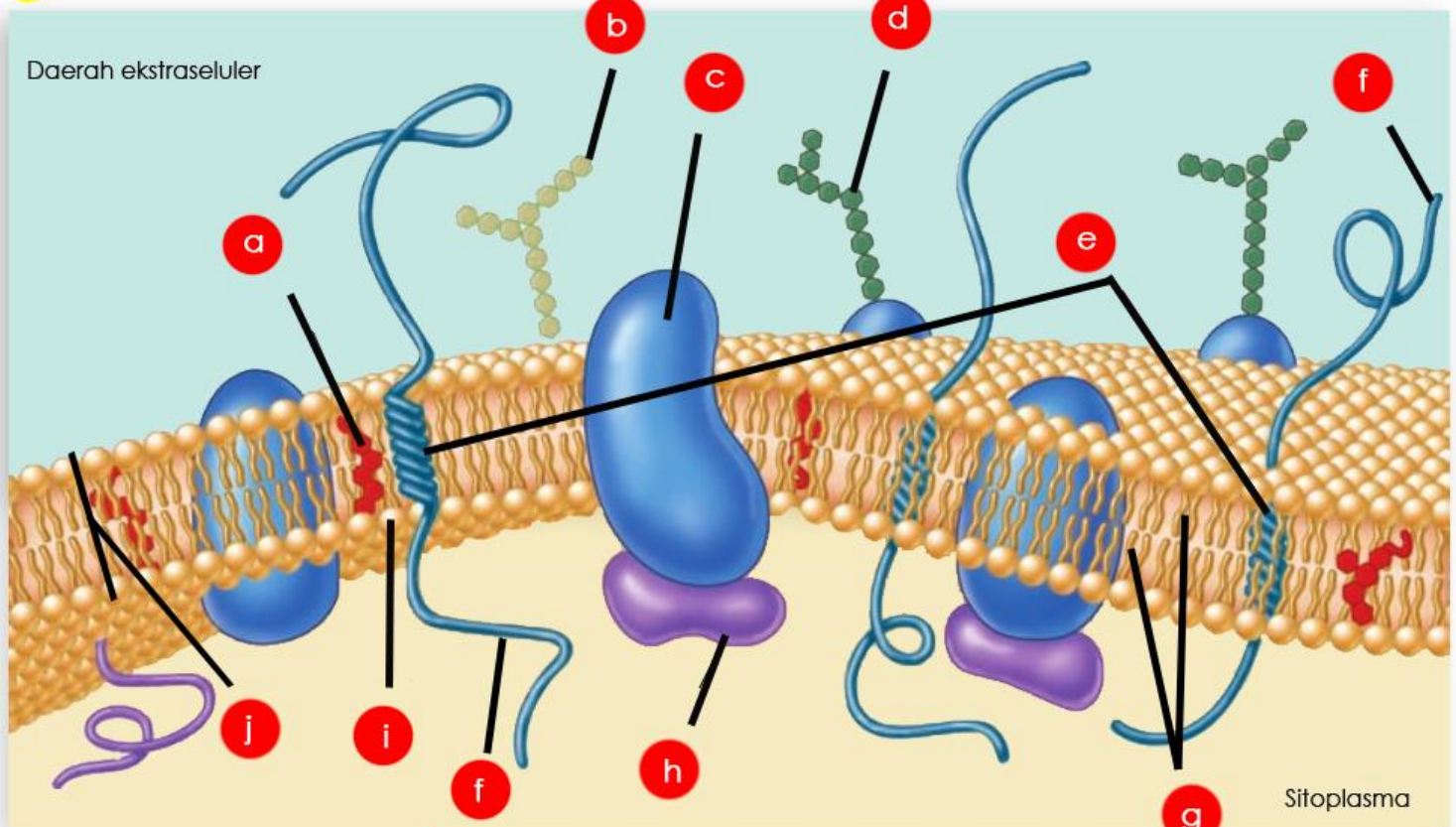
# Struktur Membran Sel Bakteri

Sumber gambar:

- 1 Katelyna Kon
- 2 Prescott, Harley, Klein's Microbiology 7th Edition



2



Keterangan gambar:

- a. Hopanoid
- b. Glikolipid
- c. Protein transmembran/integral (struktur globuler)
- d. Oligosakarida
- e. Protein hidrofobik a heliks
- f. Protein nonheliks
- g. Ekor hidrofobik (lipid)
- h. Protein permukaan
- i. Kepala hidrofilik (fosfat)
- j. Lapisan ganda fosfolipid

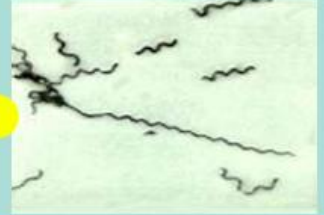
- Membran sel prokariotik tidak mengandung sterol, tetapi mengandung hopanoid. Hopanoid berperan dalam mempengaruhi fluiditas, permeabilitas, dan kekakuan membran sel prokariotik.
- Membran terspesialisasi pada sel bakteri fotosintetik (*Rhodospseudomonas viridis*) dan alga biru-hijau dapat melakukan fungsi fotosintesis.
- Protein transmembran/integral struktur heliks (e dan f) pada sel bakteri membentang ke kedua sisi membran sel. Protein integral yang berada di wilayah hidrofobik akan mengumpal menjadi heliks a, sedangkan protein integral yang berada di wilayah hidrofilik akan bersentuhan dengan larutan berair pada sisi ekstraseluler dan sisi sitoplasma sel.



# Struktur Sitoskeleton Sel Bakteri

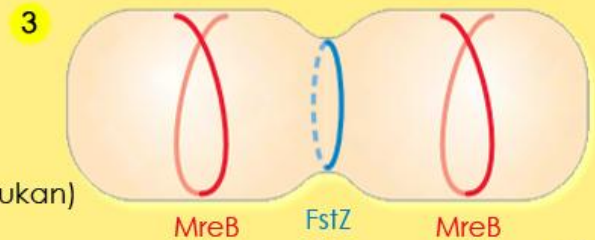
Meskipun dinding sel pada bakteri juga berfungsi sebagai pemberi bentuk tubuh, namun bagaimana bentuk sel juga dipengaruhi oleh sitoskeleton. Telah dituliskan pada halaman 2, bahwa tidak semua sel bakteri memiliki dinding sel. Bakteri yang demikian tetap memiliki bentuk berkat adanya sitoskeleton. Sitoskeleton sel bakteri berbeda tidak seperti sitoskeleton sel eukariotik. Penyusunnya bukan mikrotubulus, mikrofilamen dan filamen intermediet, tetapi protein-protein seperti diantaranya FstZ, MreB, dan Crescentin.

Bakteri *Spiroplasma citri*. Contoh bakteri yang tidak memiliki dinding sel, namun memiliki bentuk spiral. Hal ini disebabkan oleh adanya sitoskeleton berupa protein fibril yang tidak ditemukan pada organisme lainnya.



## FstZ

FstZ merupakan homolog dari tubulin penyusun mikrotubulus. FstZ dimiliki oleh semua sel prokariotik. FstZ melingkari leher (lekukan) dari sel yang akan membelah.



MreB

MreB merupakan homolog dari aktin penyusun mikrofilamen. MreB dimiliki oleh hampir semua sel prokariotik yang berbentuk batang. Selain memberi bentuk sel, MreB juga berperan sebagai pemandu bagi protein-protein yang terlibat dalam pembentukan dinding sel prokariotik.

## Crescentin

Selain ketiga bentuk umum sel bakteri (coccus, bacillus, dan spiral), sel bakteri juga ada yang berbentuk sabit (*crescent*) seperti pada bakteri *Caulobacter crescentus*. Sitoskeleton yang berperan dalam memberi bentuk sel ini adalah crescentin. Protein crescentin tidak dimiliki oleh bakteri lain. Crescentin merupakan homolog dari filamen intermediet. Protein ini terletak pada lengkungan sel.



2

Ilustrasi dari bakteri *Caulobacter crescentus*. Tidak hanya crescentin, bakteri ini juga memiliki protein MreB (warna orange)

Sumber gambar:

1 Onemicon

2 Nature vol 451/2008

3 Lodish et al. Molecular Cell Biology 5th Edition

4 Commons.wikimedia

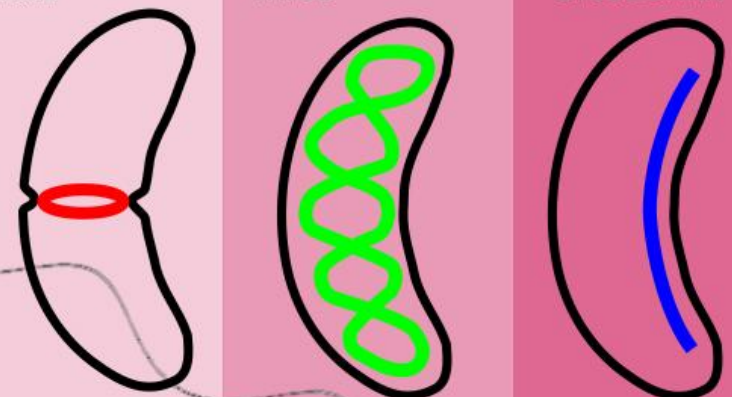
4

## Peta letak sitoskeleton pada sel bakteri

FstZ

MreB

Crescentin



5



Selain memberi bentuk sel, sitoskeleton pada sel bakteri juga berperan dalam proses pembelahan sel, pemanjangan sel, dan menentukan lebar dari sel.



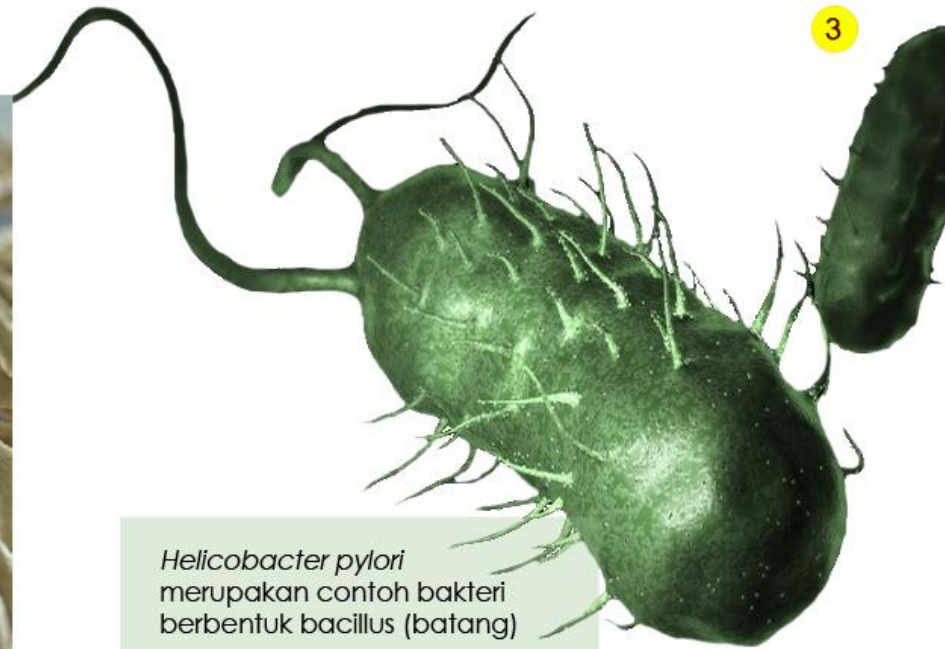
1

*Streptococcus pyogenes* merupakan contoh bakteri berbentuk coccus (bulat)

*Borrelia burgdorferi* merupakan contoh bakteri berbentuk spiral



2



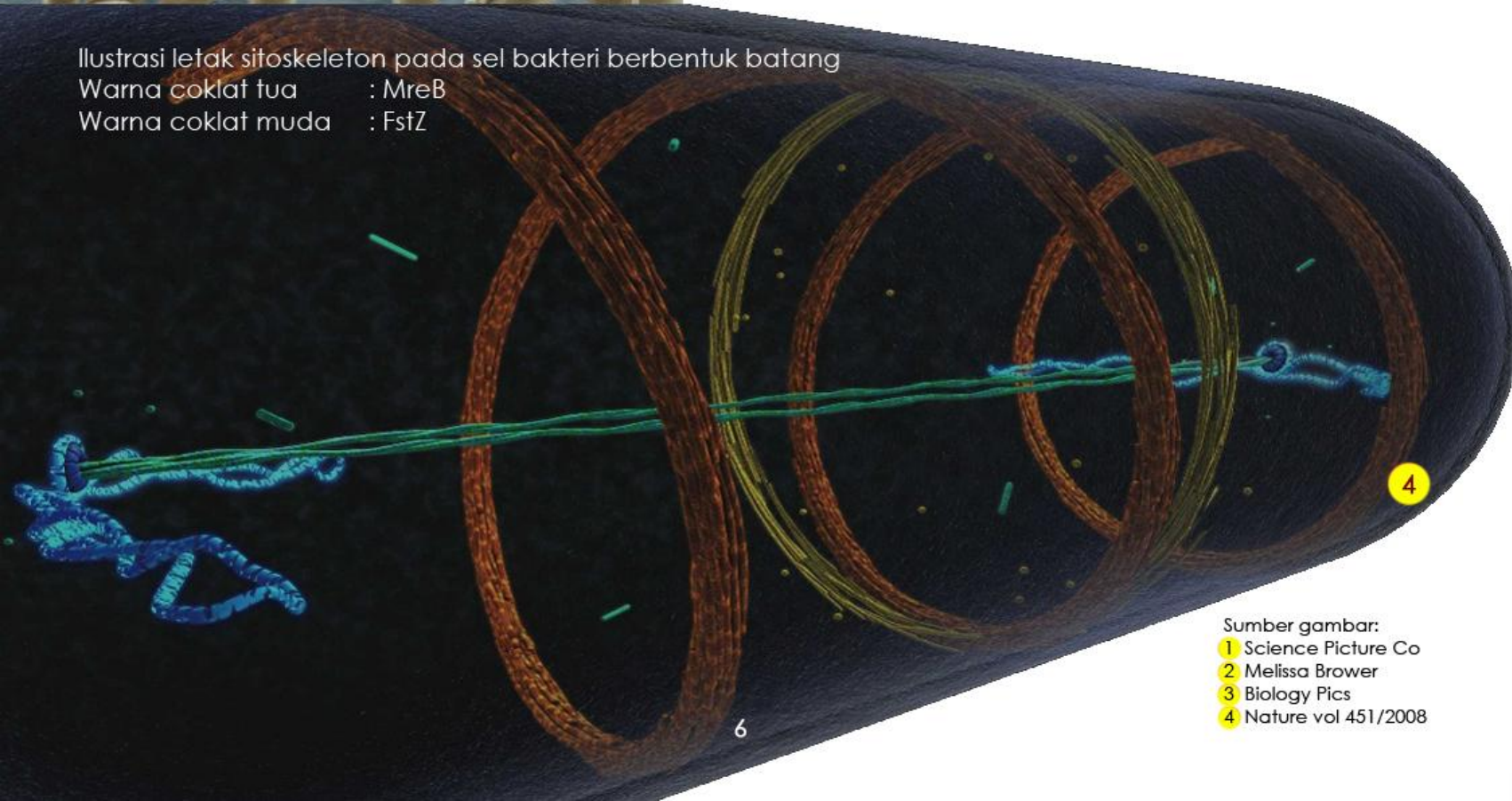
3

*Helicobacter pylori* merupakan contoh bakteri berbentuk bacillus (batang)

Ilustrasi letak sitoskeleton pada sel bakteri berbentuk batang

Warna coklat tua : MreB

Warna coklat muda : FtsZ



4

6

Sumber gambar:  
1 Science Picture Co  
2 Melissa Brower  
3 Biology Pics  
4 Nature vol 451/2008



# Sel Eukariotik

---

- Sel Tumbuhan
- Sel Hewan
- Organel Sel Eukariotik

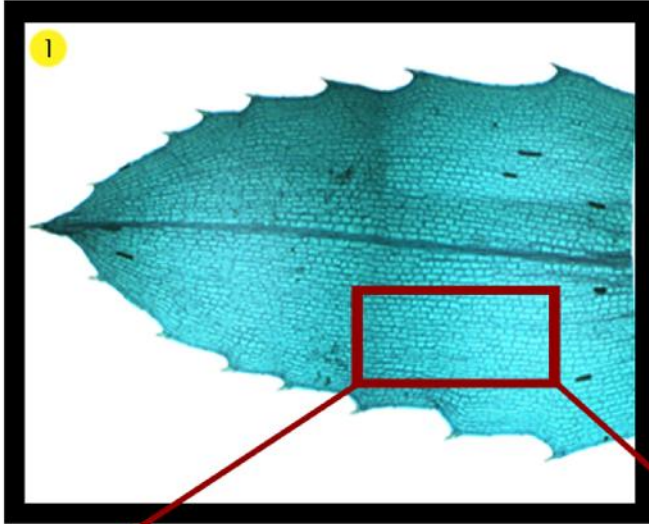


Struktur Mikroskopis dan Ultramikroskopis  
Sel tumbuhan

# Sel Daun Hydrilla Bila Dilihat dari Mikroskop Cahaya (LM)

2

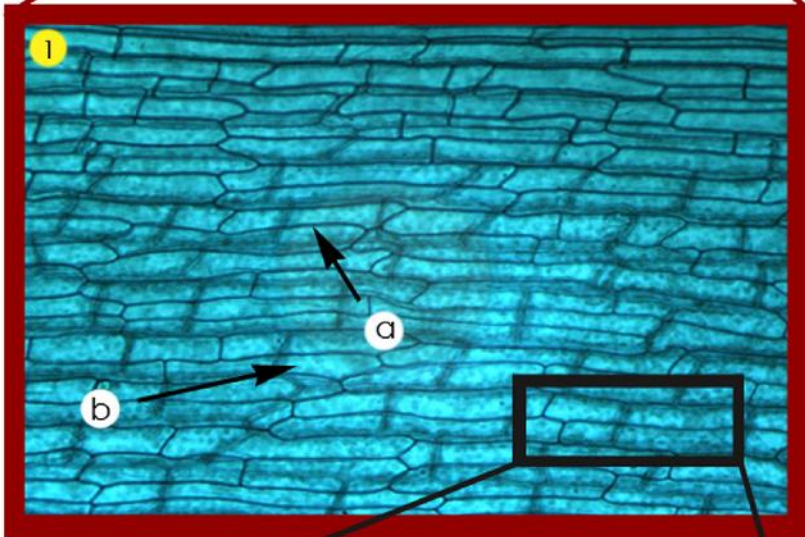
3



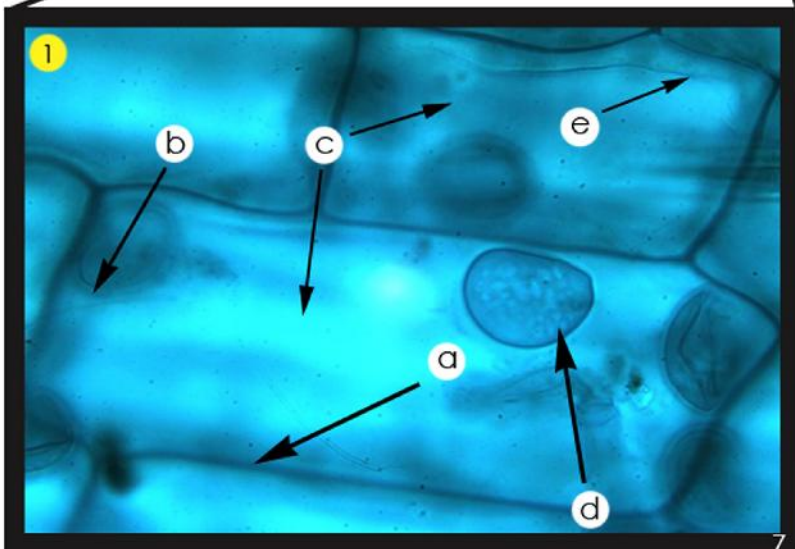
Preparat daun hydrilla diwarnai dengan pewarna *methylene blue* sehingga sel-sel penyusun daun menjadi berwarna biru.

Perbesaran 40x

Tumbuhan *Hydrilla verticillata*



Pada perbesaran 200x, dinding sel daun hydrilla akan tampak lebih jelas membatasi sel-sel. Selain memberikan batasan yang jelas antara sel satu dengan sel lainnya, dinding sel juga memberi dan mempertahankan bentuk pada sel, sehingga susunan sel-sel menjadi lebih teratur. Sel-sel daun hydrilla di samping tampak seperti susunan batu bata pada sebuah tembok.



Sel daun hydrilla yang diamati dengan mikroskop cahaya perbesaran 1000x. Keterbatasan kemampuan mikroskop cahaya tidak memungkinkan untuk dapat melihat organel-organel seperti retikulum endoplasma, mitokondria, dll.

Keterangan:  
 a. Dinding sel  
 b. Sitoplasma  
 c. Vakuola sentral  
 d. Nukleus  
 e. Tonoplas

Sumber gambar:

- 1 Touchspin
- 2 q-bank
- 3 Consciouslifestylemag

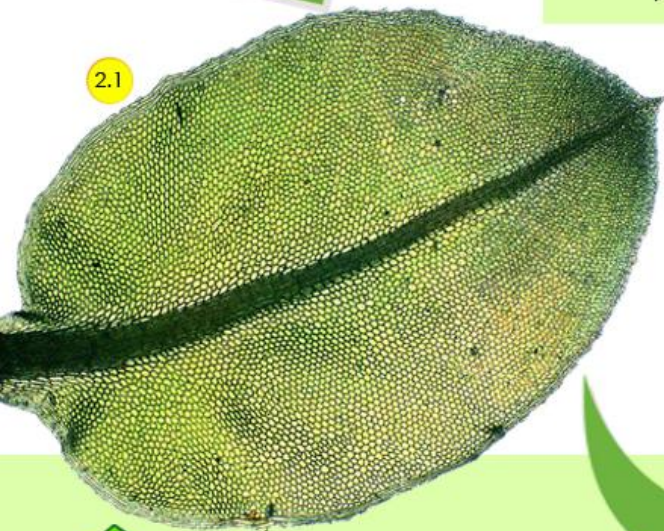
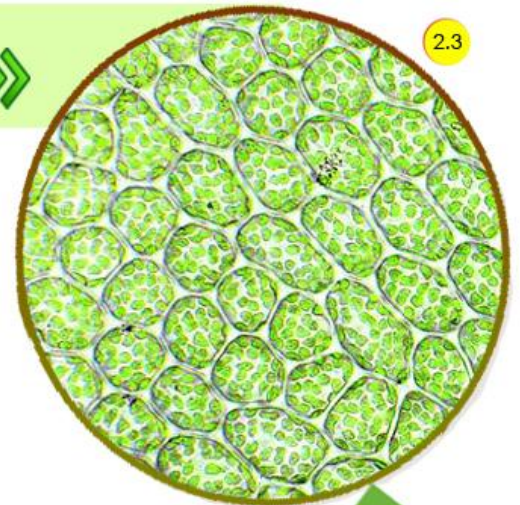
# Struktur Dinding Sel Tumbuhan Bila Dilihat dari Mikroskop Cahaya\* (LM)

\* mikroskop cahaya modern



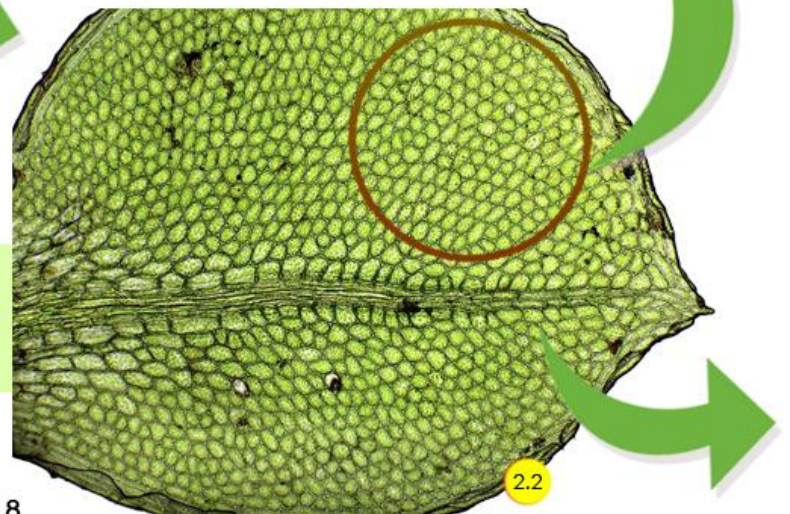
Tumbuhan lumut *Plagiomnium rostratum*

Jaringan mesofil daun *Plagiomnium rostratum* yang diamati dengan perbesaran 165x



Salah satu organ tumbuhan berupa daun dari tumbuhan lumut *Plagiomnium rostratum* yang diamati dengan mikroskop cahaya menggunakan teknik *Brightfield illuminated* perbesaran 19x.

Daun dari tumbuhan lumut *Plagiomnium rostratum* yang diamati dengan mikroskop cahaya menggunakan teknik *Brightfield illuminated* perbesaran 71x.

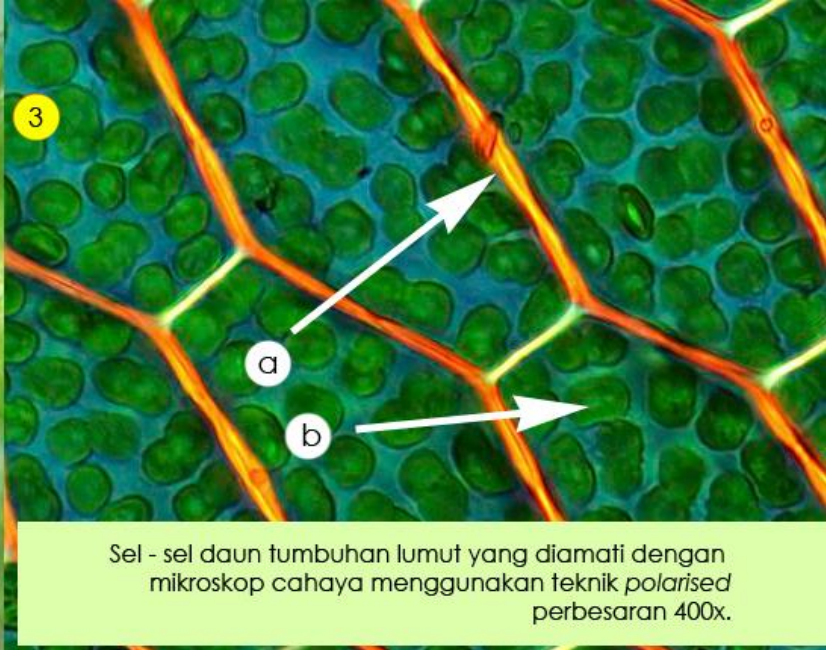


Sumber gambar :

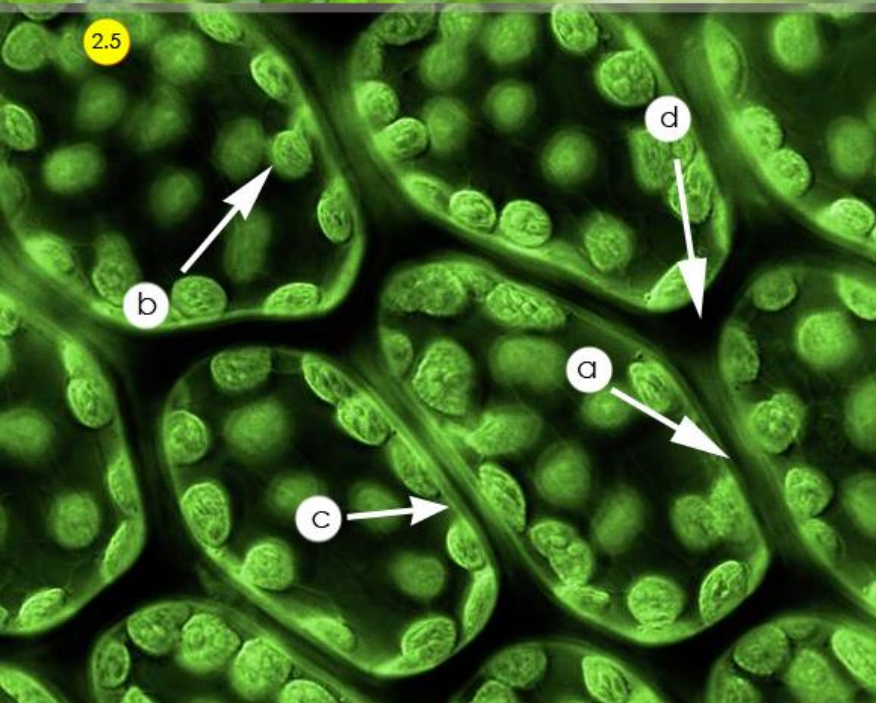
- 1 Gesnaveld Boogsterrenmos, Saxifraga-Rutger Barendse
- 2 John Durham
- 3 Science Photo Library



Sel - sel daun tumbuhan lumut yang diamati dengan mikroskop cahaya menggunakan teknik *Differential interference contrast* perbesaran 710x.



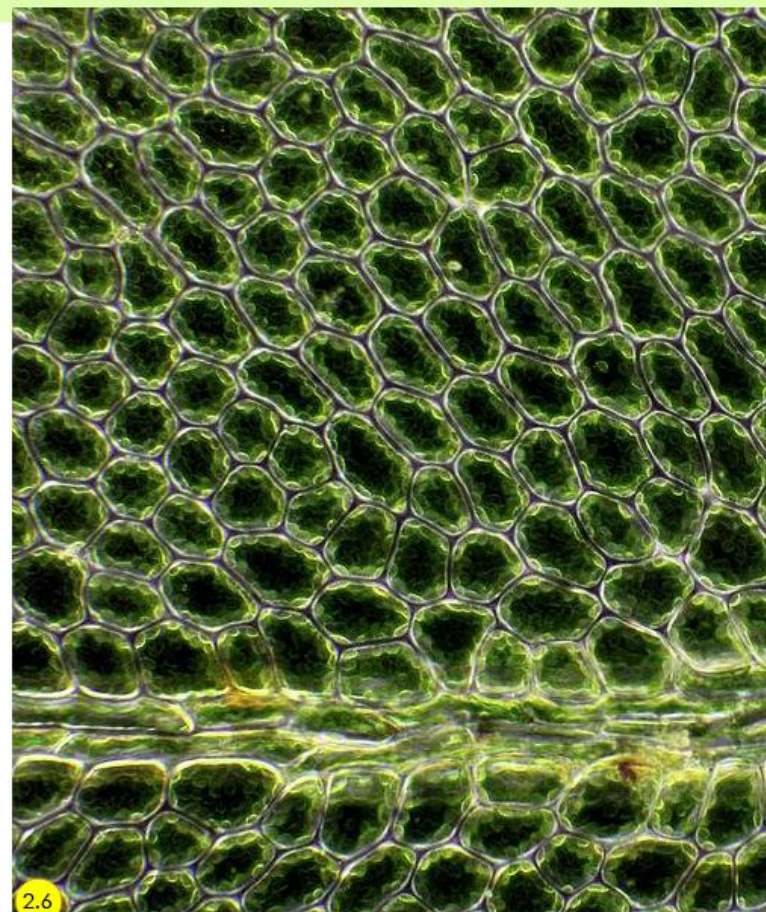
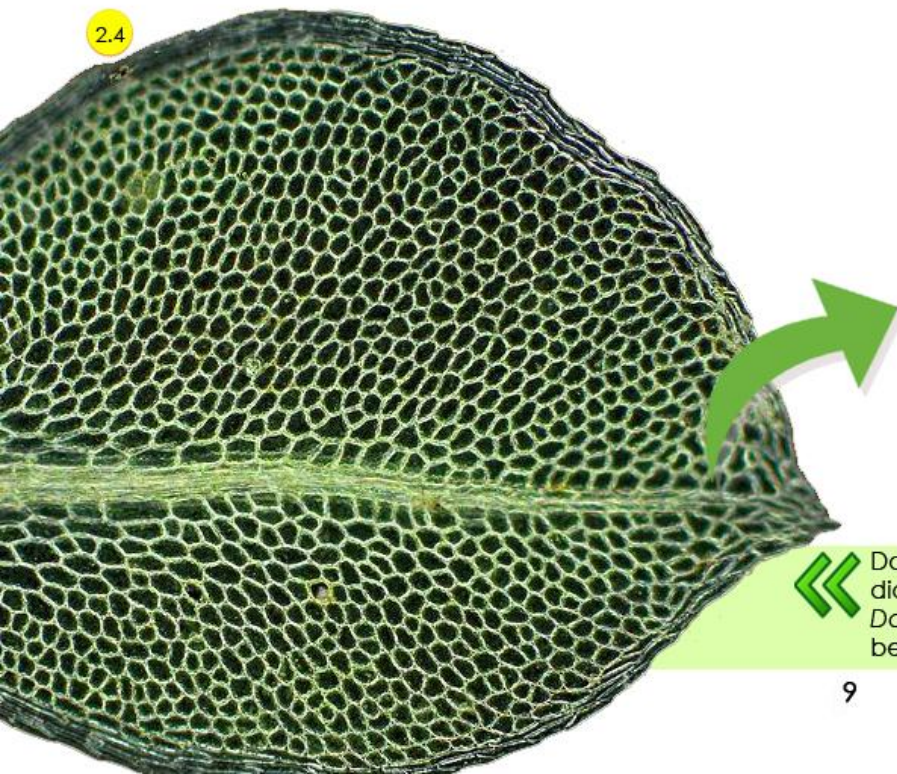
Sel - sel daun tumbuhan lumut yang diamati dengan mikroskop cahaya menggunakan teknik *polarised* perbesaran 400x.



Bagian yang ditunjuk oleh huruf (a) merupakan dinding sel, sedangkan struktur tipis yang hampir tidak kelihatan dan berbatasan langsung dengan sitoplasma sel adalah membran sel (c). Sel satu dengan sel lainnya direkatkan oleh lamela tengah (d). Kloroplas (b) ditunjukkan oleh struktur bulat dan berada di dalam sel. Berbagai macam teknik pencahayaan dalam mikroskop cahaya modern digunakan untuk dapat menunjukkan struktur sel daun.

Jaringan daun *Plagiomnium rostratum* yang diamati dengan mikroskop cahaya menggunakan teknik *Darkfield illuminated*. Perbesaran 165x.

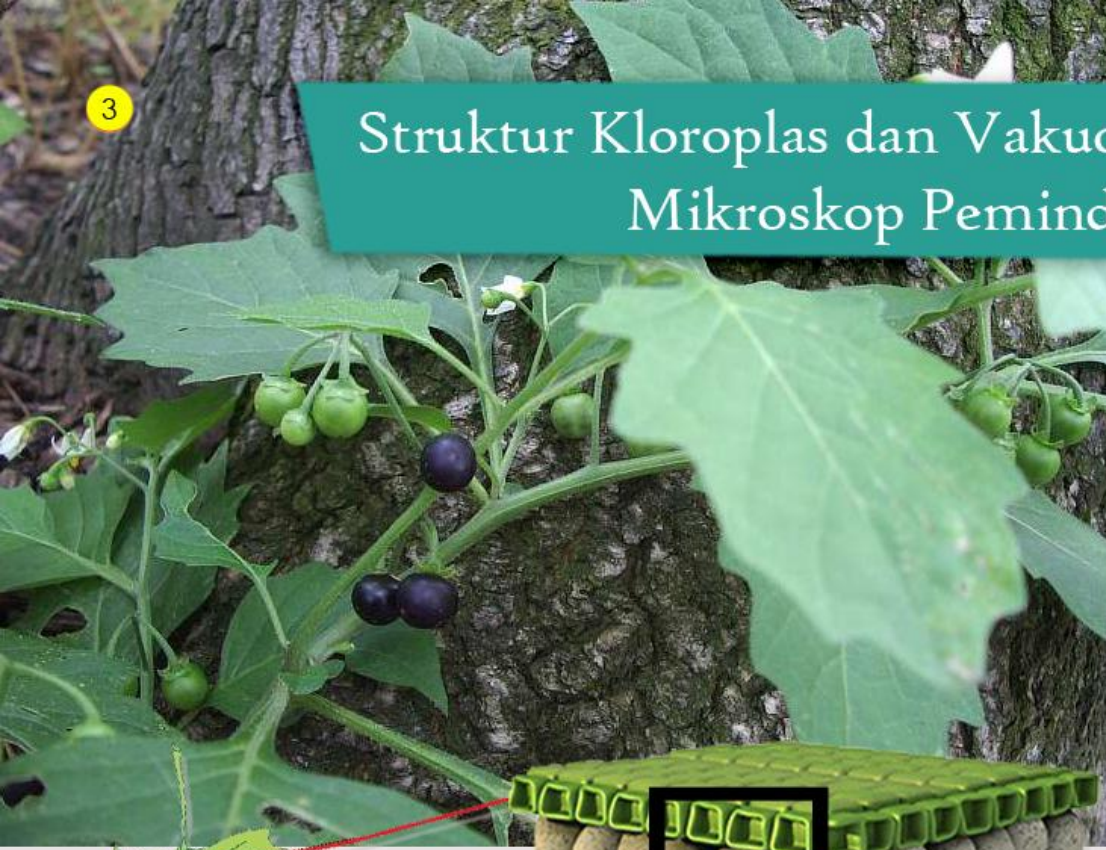
Sel - sel daun tumbuhan lumut yang diamati dengan mikroskop cahaya menggunakan teknik *Differential interference contrast* perbesaran 780x.



Daun dari tumbuhan lumut *Plagiomnium rostratum* yang diamati dengan mikroskop cahaya menggunakan teknik *Darkfield illuminated*. Perbesaran 39x. Terlihat banyak sekali sel berbentuk heksagonal yang menyusun jaringan daun.

3

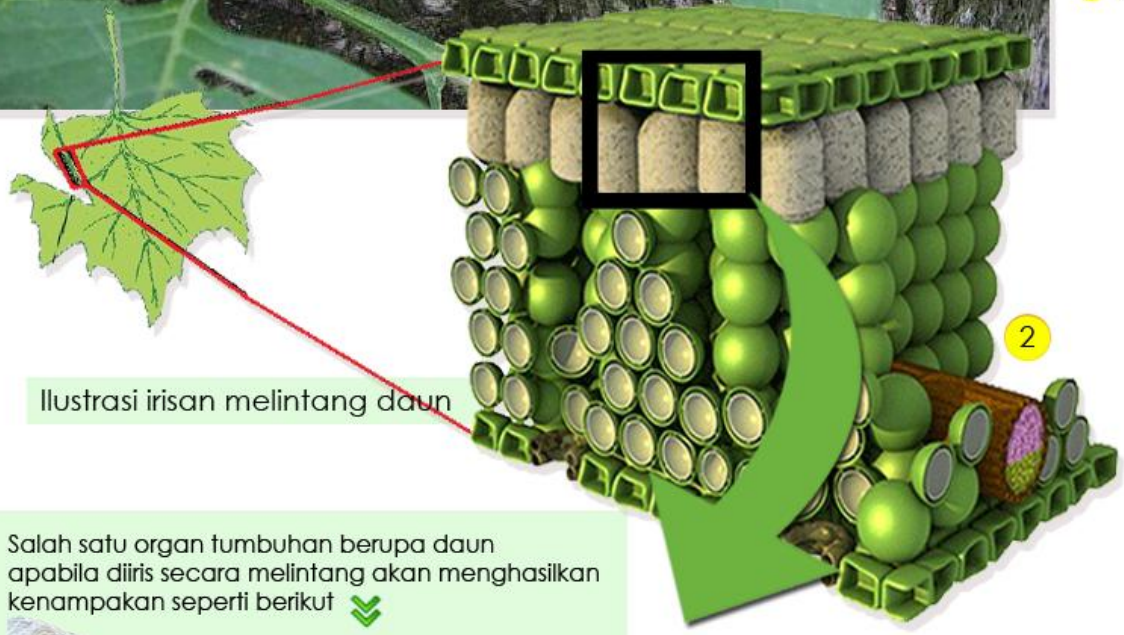
# Struktur Kloroplas dan Vakuola Bila Dilihat dari Mikroskop Pemindai Elektron (SEM)



Tumbuhan *Solanum nigrum*

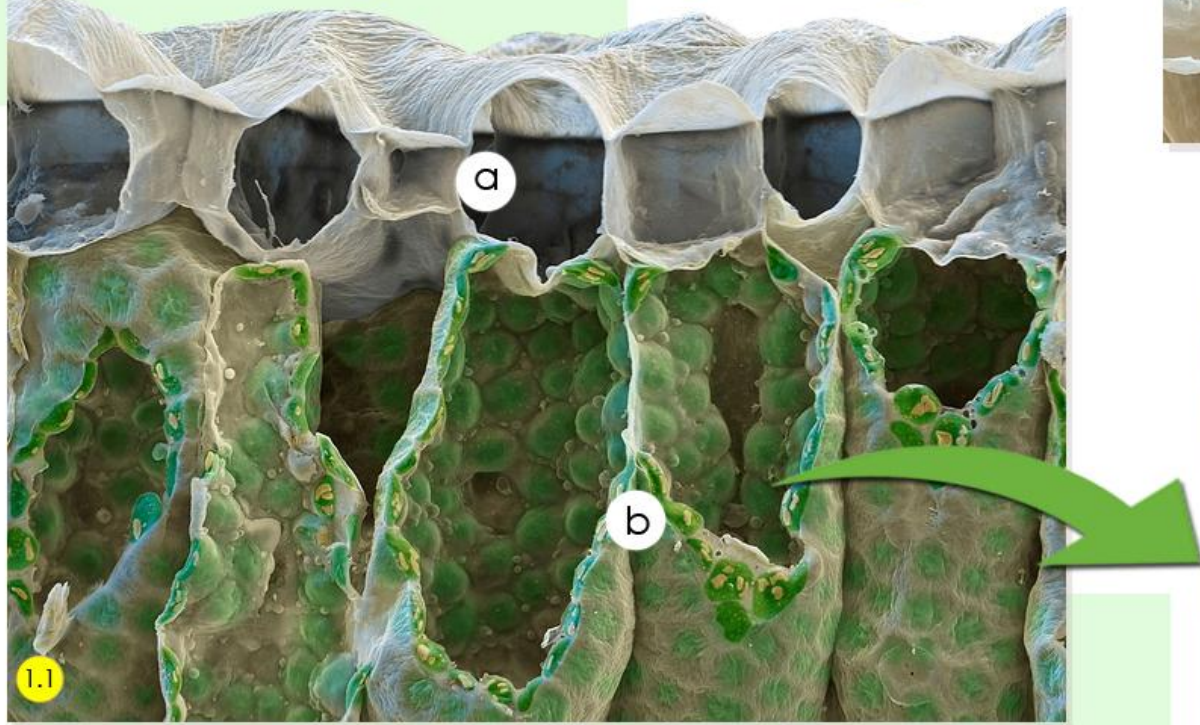
Warna hijau pada daun berasal dari klorofil; pigmen hijau yang terletak di dalam kloroplas. Kloroplas terutama ditemukan di sel mesofil. Sel mesofil biasanya memiliki sekitar 40 kloroplas. Klorofil berada di dalam membran tilakoid.

Sumber gambar:  
1 Eye of Science  
2 Quoracdn.net  
3 Harald Hubich

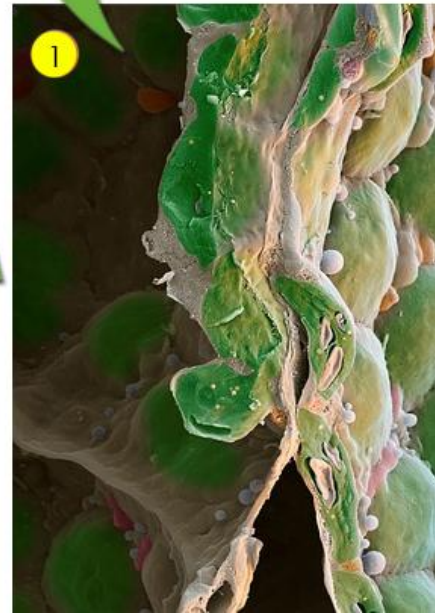



Ilustrasi irisan melintang daun

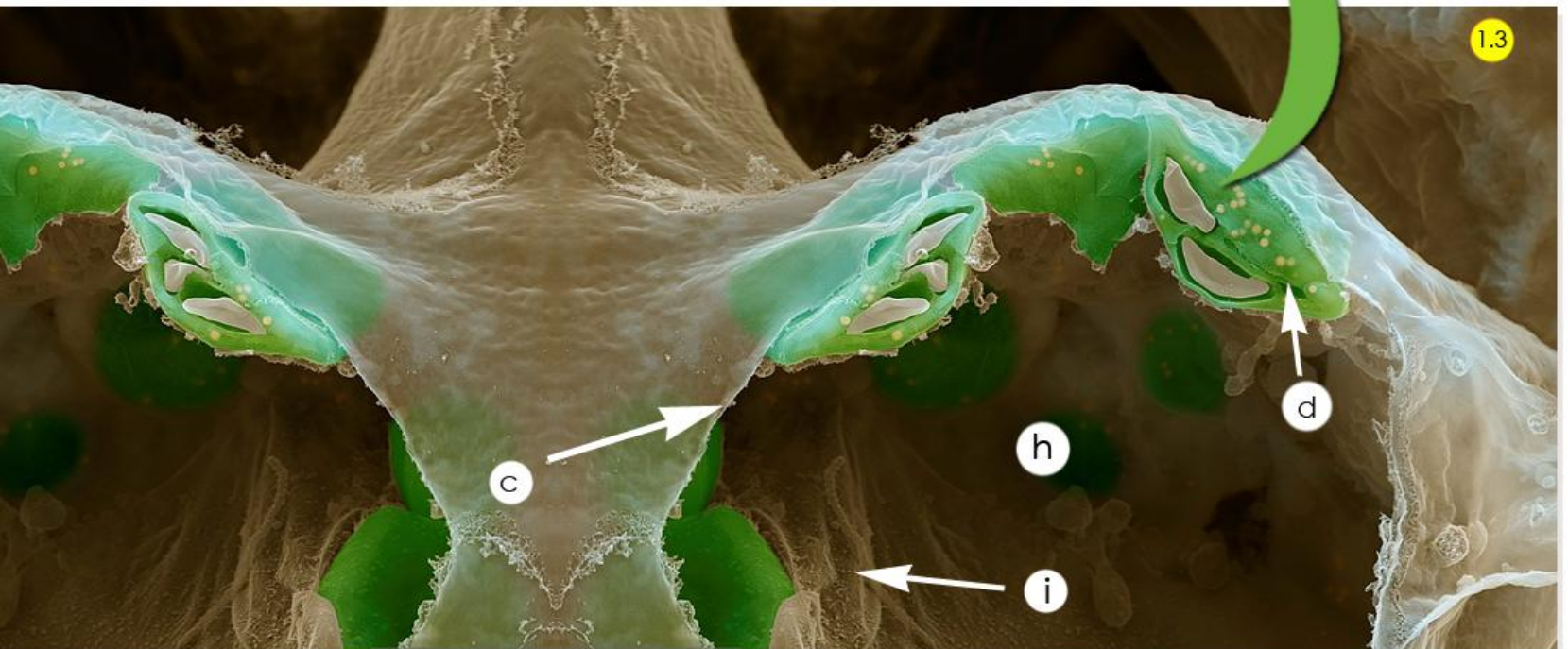
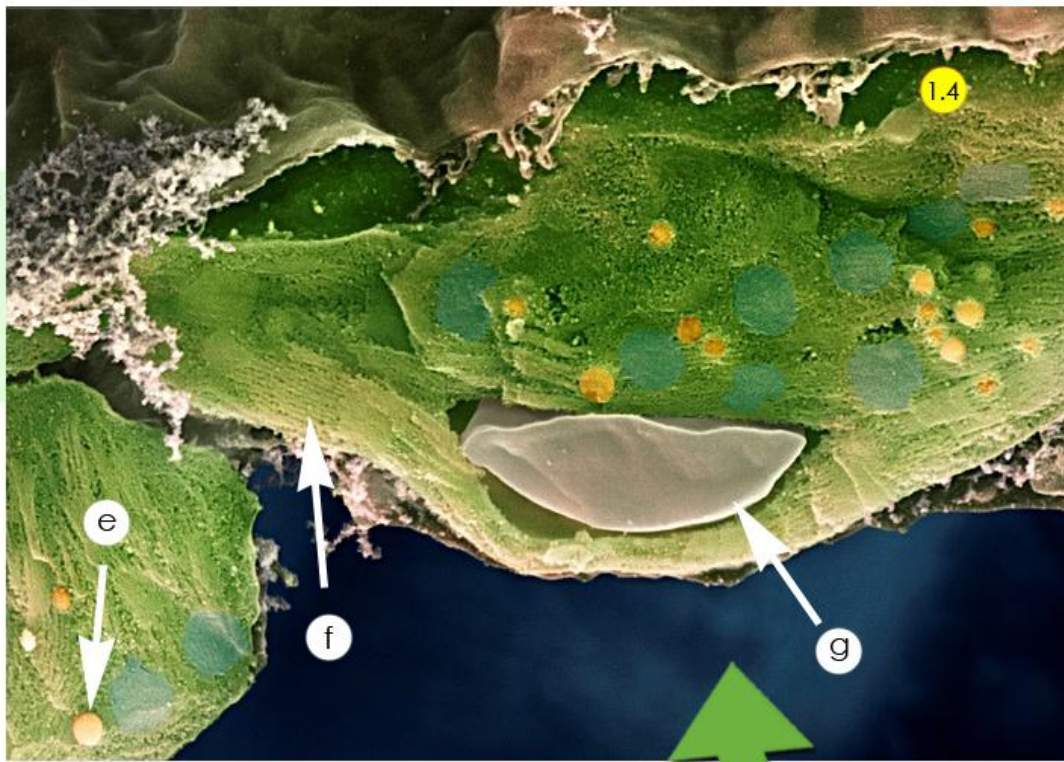
Salah satu organ tumbuhan berupa daun apabila diiris secara melintang akan menghasilkan kenampakan seperti berikut




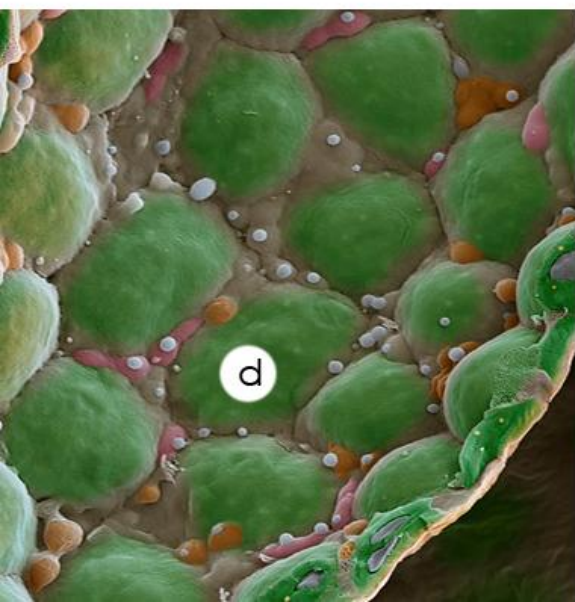
Gambar dari (a) jaringan epidermis atas yang tersusun dari sel-sel epidermis atas dan (b) jaringan palisade yang disusun oleh sel-sel mesofil. Di dalam sel mesofil jaringan palisade terdapat banyak kloroplas (struktur berwarna hijau). Perbesaran 670x




Struktur kloroplas bila dilihat lebih dekat.  Bagian yang ditunjuk oleh tanda panah berlabel (e) merupakan plastoglobul, (f) merupakan granum, sedangkan (g) merupakan granula pati dari daun. Perbesaran 13300x



Bagian yang ditunjuk oleh tanda panah berlabel (c) merupakan dinding sel, label (d) merupakan kloroplas,  label (h) merupakan vakuola sentral, dan (i) tonoplas (membran vakuola sentral). Perbesaran 4000x



 Salah satu sel mesofil palisade tumbuhan *Solanum nigrum* apabila dibelah akan nampak seperti pada gambar di samping. Terlihat banyak sekali kloroplas (d) yang berada di dalam sel. Perbesaran 1870x.



# Sel Daun *Aconitum napellus* Bila Dilihat dari Mikroskop Pemindai Elektron (SEM)



Tumbuhan *Aconitum napellus*

Sumber gambar:

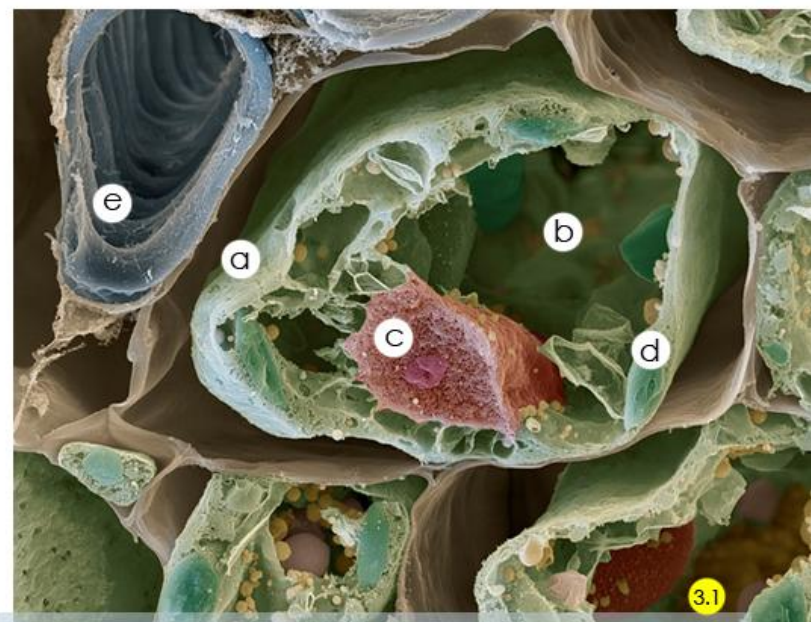
- 1 Fred Michel
- 2 Campbell Biology 11th Edition
- 3 Oliver Meckes & Nicole Ottawa
- 4 Amazonaws
- 5 Encrypted



Ilustrasi irisan melintang daun



Fotomikrograf irisan membujur daun *Aconitum napellus* dilihat dengan SEM, menunjukkan a) sel-sel mesofil jaringan palisade, (b) xilem, (c) sel-sel mesofil jaringan bunga karang

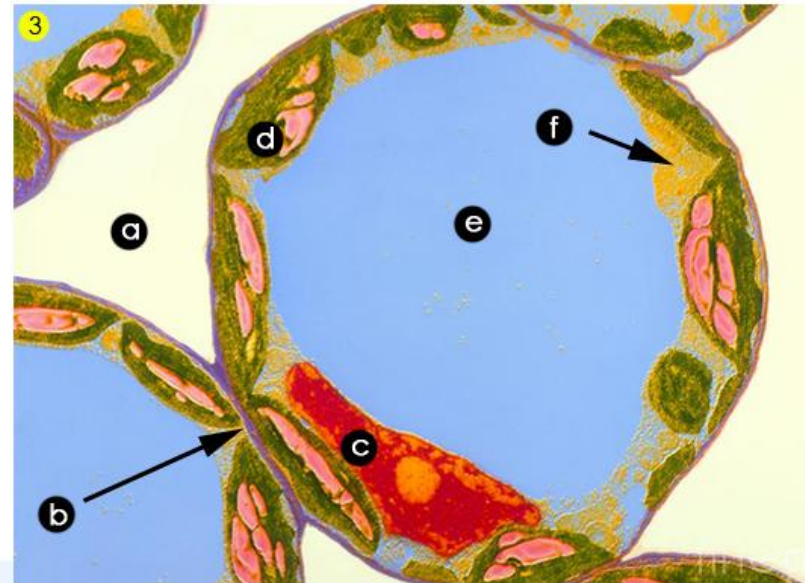


Fotomikrograf irisan melintang daun *Aconitum napellus* dilihat dengan SEM, menunjukkan sel mesofil dari jaringan bunga karang dan (e) xilem. Komponen sel mesofil yang terlihat yaitu (a) dinding sel, (b) vakuola sentral, (c) nukleus, dan (d) kloroplas

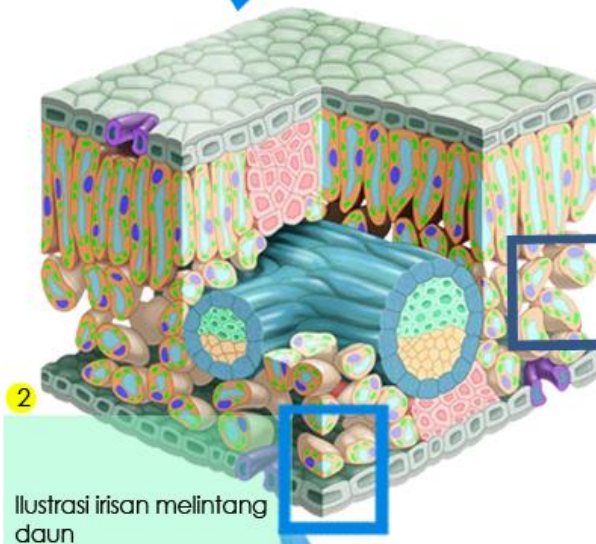
# Sel Daun *Zinnia elegans* Bila Dilihat dari Mikroskop Elektron Transmisi (TEM)



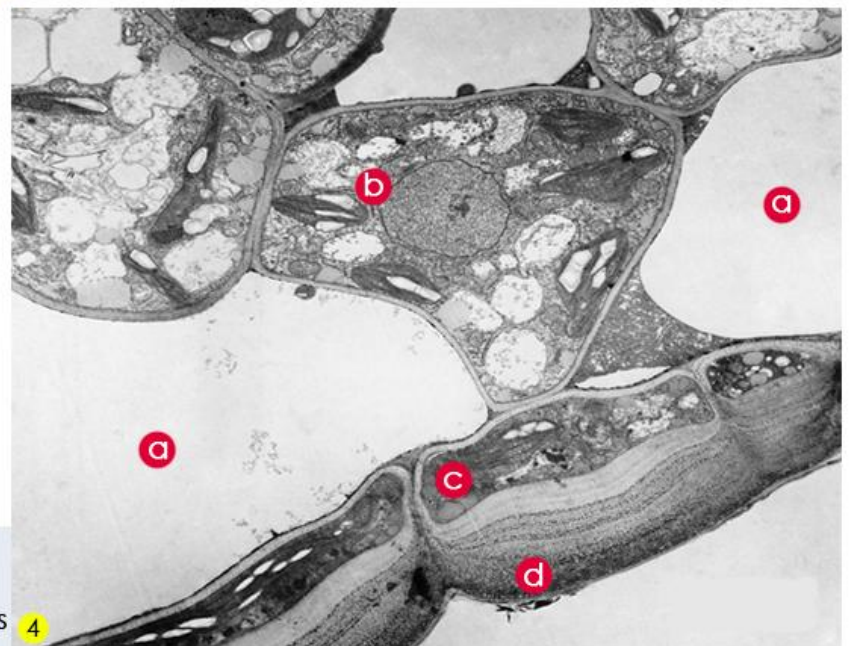
Tumbuhan *Zinnia elegans*



Fotomikrograf irisan melintang daun *Zinnia elegans* dilihat dengan TEM perbesaran 2000x, menunjukkan sel mesofil jaringan bunga karang dengan bagian-bagian (a) ruang antar sel, (b) dinding sel, (c) nukleus, (d) kloroplas, (e) vakuola sentral, dan (f) sitoplasma



Ilustrasi irisan melintang daun



Jaringan bunga karang dilihat dengan TEM perbesaran 6300x, menunjukkan (a) ruang antar sel, (b) sel mesofil jaringan bunga karang, (c) sel epidermis bawah daun, (d) kufikula

Sumber gambar:

- 1 Benary
- 2 Campbell Biology 11th Edition
- 3 Dr. Jeremy Burgess
- 4 Marilyn Schaller

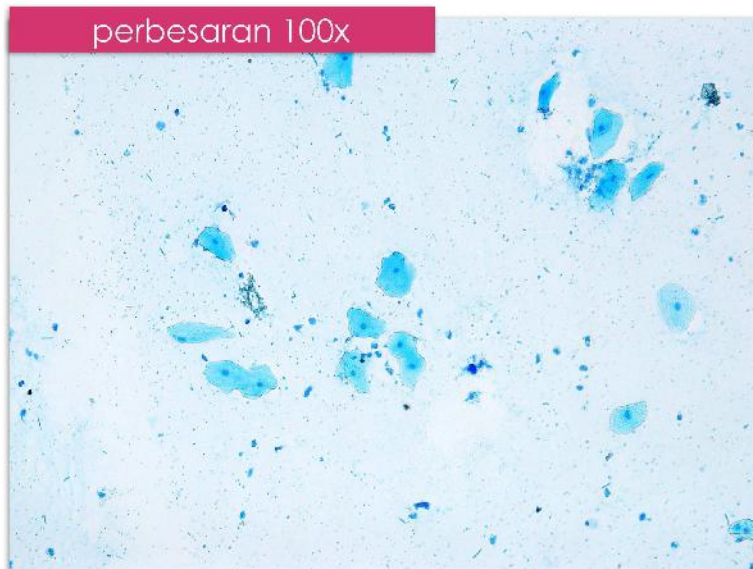


Struktur Mikroskopis dan Ultramikroskopis  
Sel hewan

# Sel Epitelium Mukosa Mulut Manusia Bila Dilihat dengan Menggunakan Mikroskop Cahaya (LM)

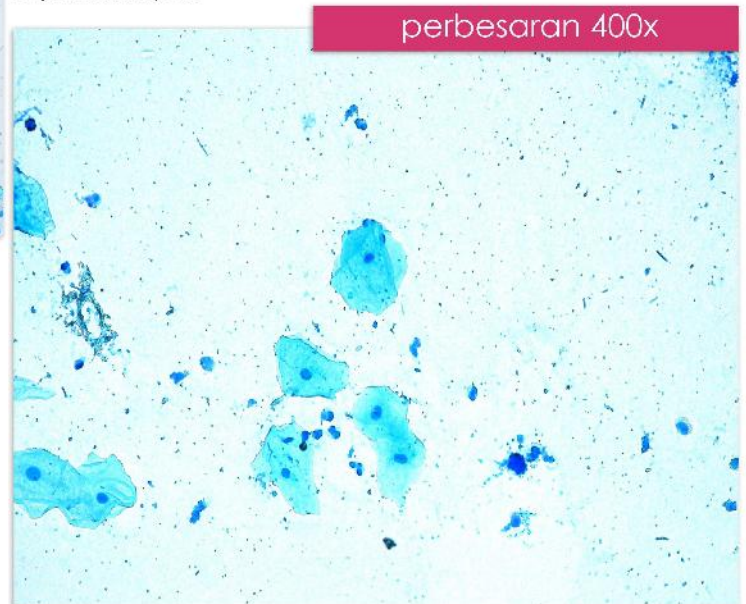
Sumber gambar : Paul Ehrlich

Sel epitelium mukosa mulut adalah salah satu contoh preparat sel hewan yang mudah diperoleh untuk diamati. Sel epitelium menjadi berwarna biru karena ketika pembuatan preparat, dilakukan pewarnaan dengan *methylene blue*. Nukleus sel epitelium berwarna lebih gelap dibandingkan dengan sitoplasma, hal ini dikarenakan nukleus yang bersifat asam menyerap dengan baik zat warna *methylene blue* yang bersifat basa. Selain sel epitelium, sel-sel bakteri *Streptococcus* juga menjadi terwarnai sehingga dapat diketahui bentuknya.



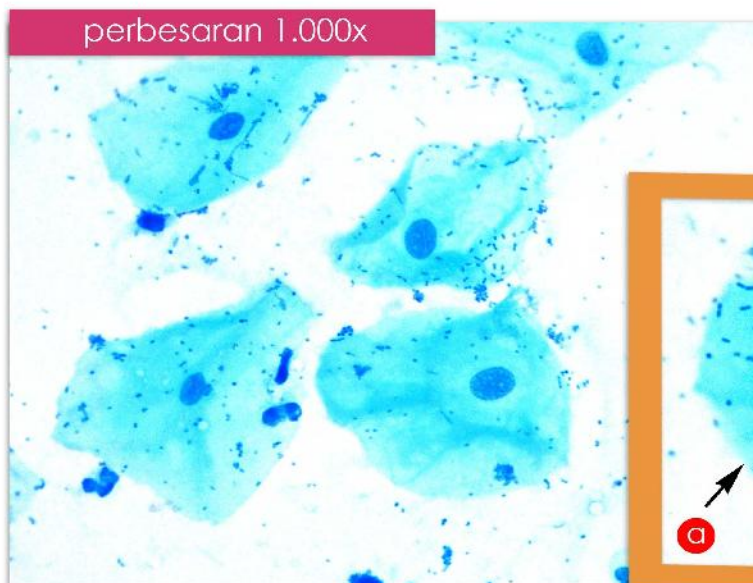
perbesaran 100x

Apabila diamati dengan mikroskop cahaya, bentuk sel epitelium mukosa mulut tampak tidak beraturan. Hal ini bukan berarti sel epitelium tidak memiliki bentuk. Sel epitelium mukosa mulut sendiri merupakan epitel pipih berlapis banyak yang berbentuk pipih. Hanya saja pada saat pembuatan preparat, banyak sel epitel yang tidak mampu mempertahankan bentuknya sehingga saat dilihat dengan mikroskop, akan tampak sel epitel yang bentuknya tidak beraturan bahkan ada sel yang terlihat seperti melipat.



perbesaran 400x

Sel epitelium mukosa mulut tidak memiliki dinding sel, oleh karena itu sel epitelium tidak mampu mempertahankan bentuk apabila diberi perlakuan seperti tekanan atau gesekan. Namun demikian, sel epitelium tetap memiliki sitoskeleton untuk tempat bertambatnya organel-organel sel dan proses reproduksi sel (pembelahan sel).



perbesaran 1.000x

Titik-titik kecil berwarna biru yang terdapat pada sitoplasma merupakan bakteri dari jenis *Streptococcus*. Organel yang dapat dilihat dengan jelas hanya nukleus.

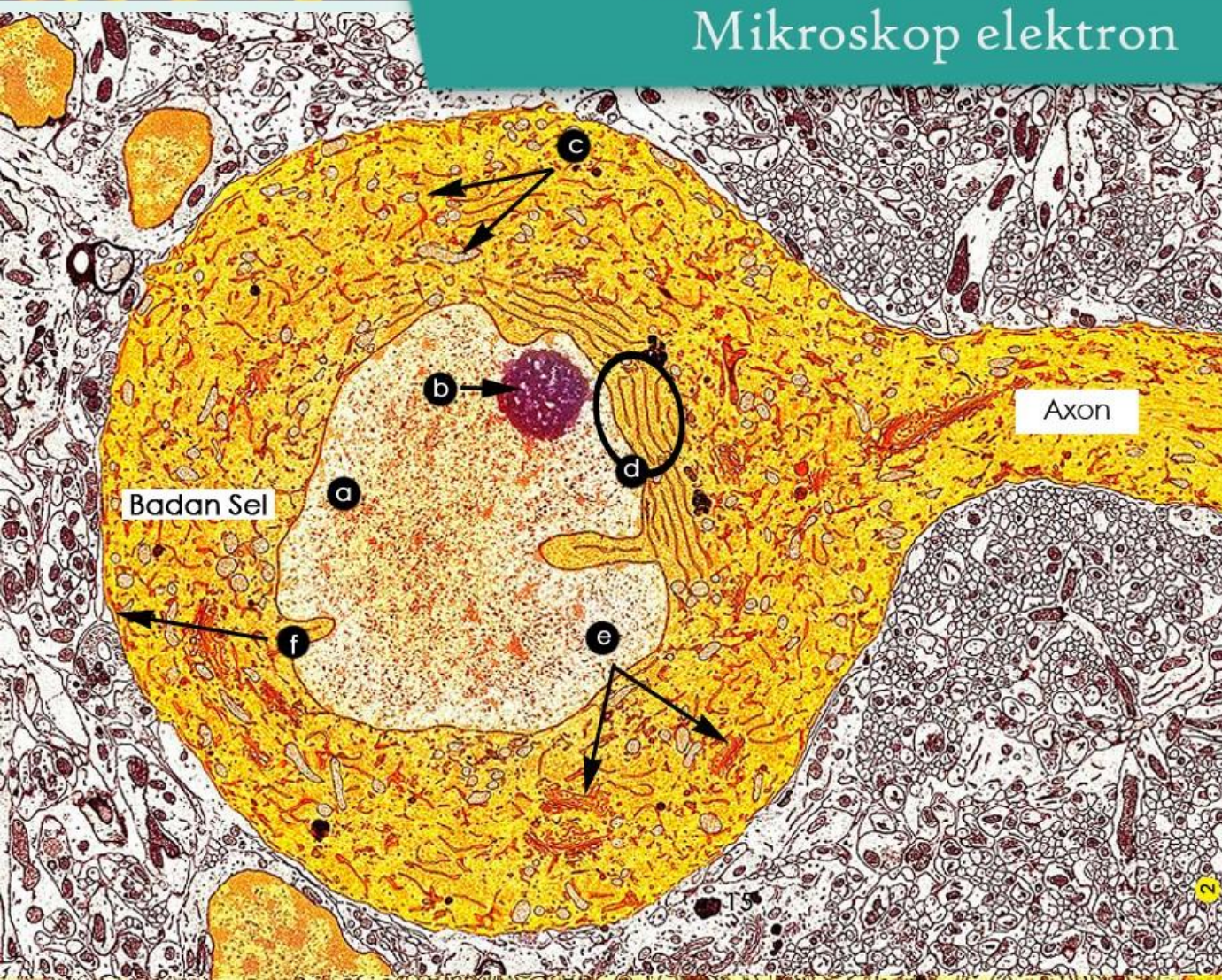
Keterangan:  
a. Membran plasma  
b. Sitoplasma  
c. Nukleus



Sel purkinje dilihat dari mikroskop pemindai elektron (SEM) perbesaran 1700x. Ada 100 miliar neuron (sel impuls otak) pada otak manusia. Neuron purkinje adalah yang terbanyak jumlahnya dan merupakan salah satu sel saraf terbesar ukurannya yang terdapat pada serebelum. Sel purkinje adalah masternya koordinasi motorik tubuh.

Sumber gambar: David Mccarthy

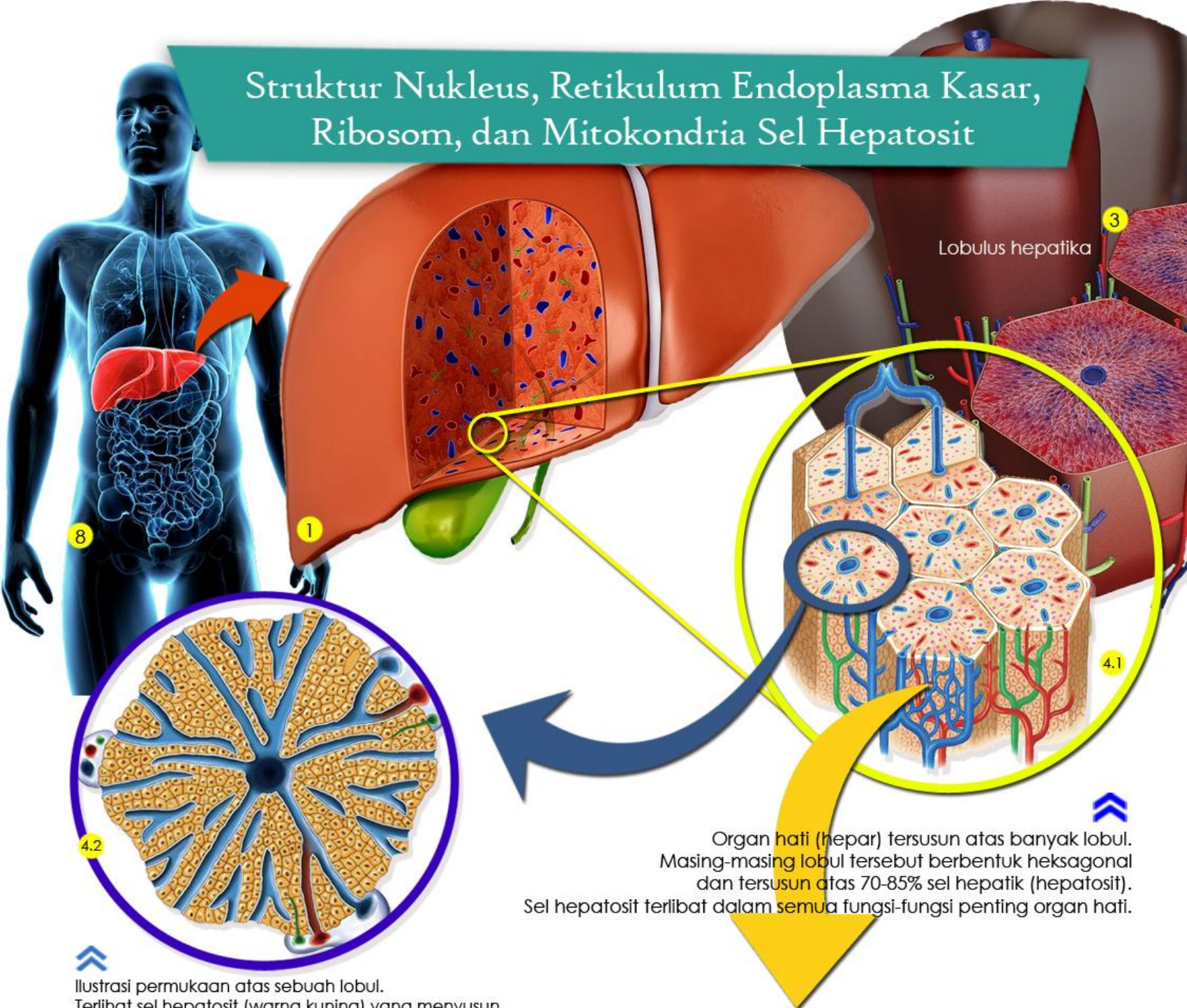
## Sel Purkinje dilihat dari Mikroskop elektron



Fotomikrograf dari sel purkinje dilihat dari mikroskop elektron transmisi (TEM) perbesaran 500x, menunjukkan bagian-bagian (a) nukleus, (b) nukleolus, (c) mitokondria, (d) retikulum endoplasma kasar, (e) badan golgi, (f) membran sel.

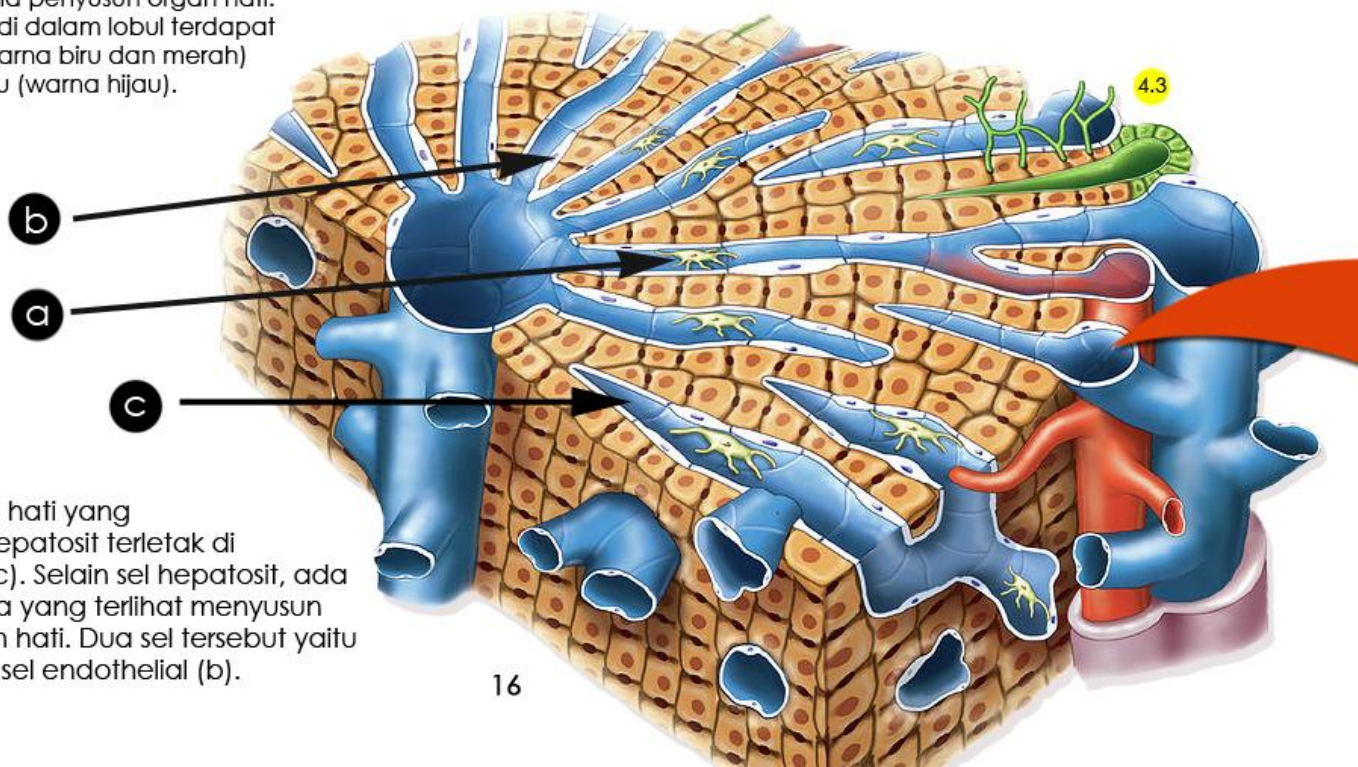
Sumber gambar: Science Photo Library

# Struktur Nukleus, Retikulum Endoplasma Kasar, Ribosom, dan Mitokondria Sel Hepatosit

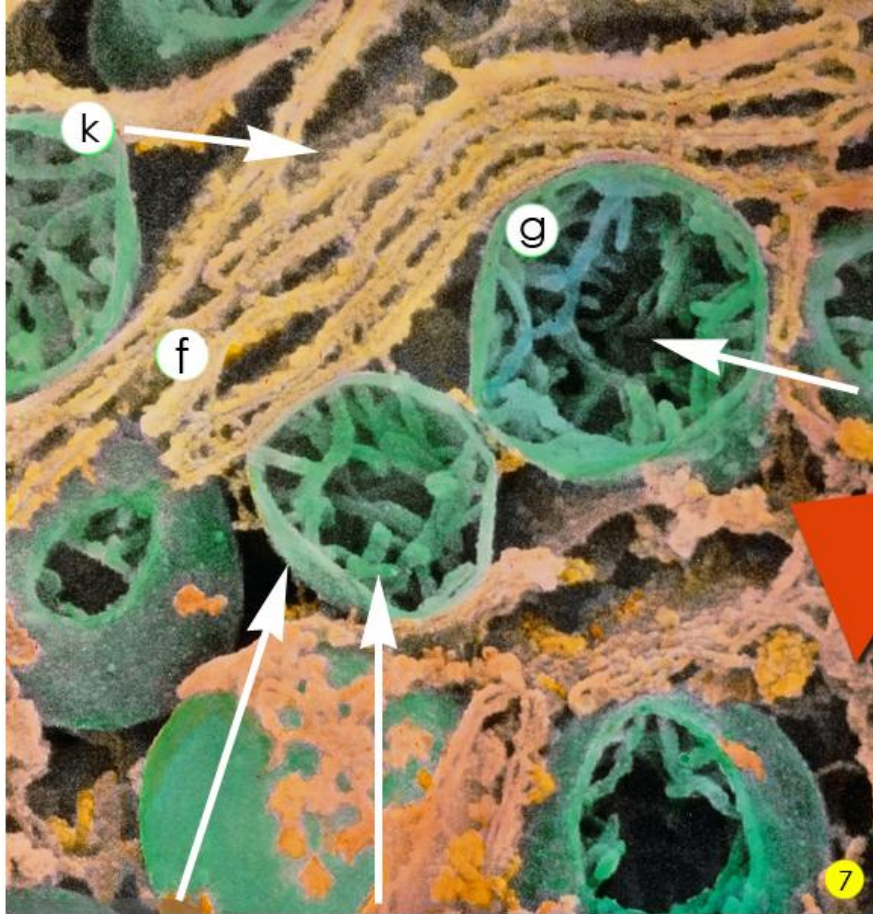


Organ hati (hepar) tersusun atas banyak lobul. Masing-masing lobul tersebut berbentuk heksagonal dan tersusun atas 70-85% sel hepatik (hepatosit). Sel hepatosit terlibat dalam semua fungsi-fungsi penting organ hati.

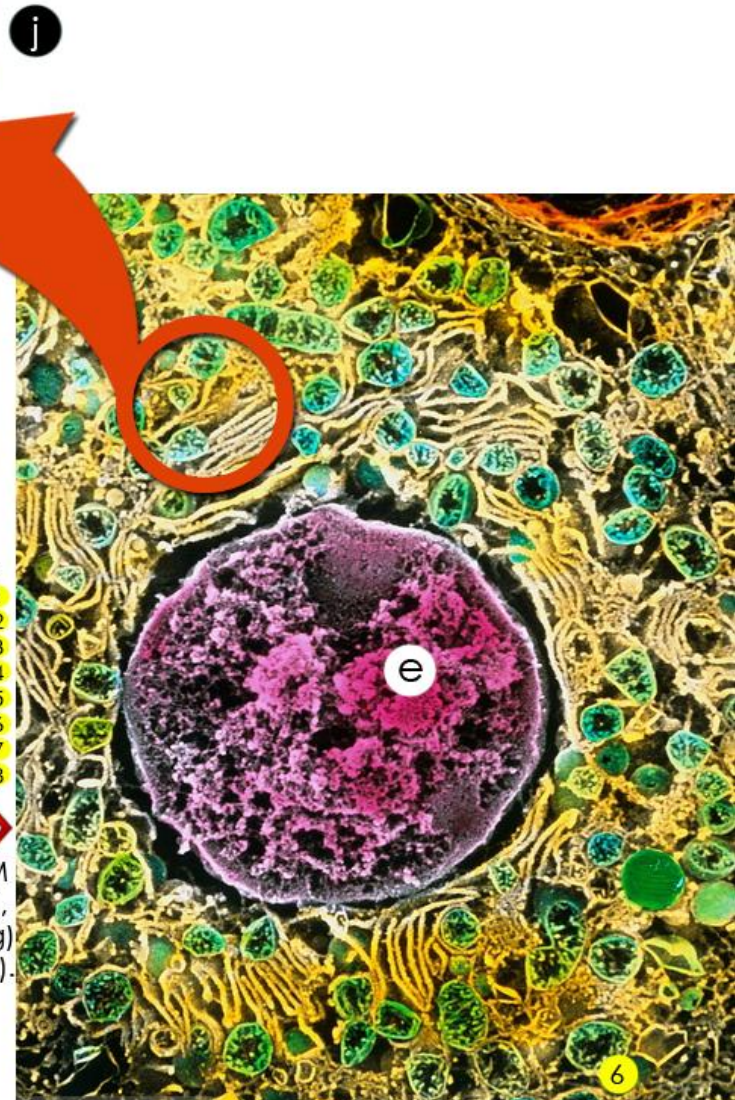
Ilustrasi permukaan atas sebuah lobul. Terlihat sel hepatosit (warna kuning) yang menyusun hampir seluruh lobul. Yang artinya sel hepatosit merupakan sel utama penyusun organ hati. Di antara lobul dan di dalam lobul terdapat pembuluh darah (warna biru dan merah) dan saluran empedu (warna hijau).



Ilustrasi lobul organ hati yang menunjukkan sel hepatosit terletak di sela-sela sinusoid (c). Selain sel hepatosit, ada dua jenis sel lainnya yang terlihat menyusun sebuah lobul organ hati. Dua sel tersebut yaitu sel Kupffer (a) dan sel endothelial (b).

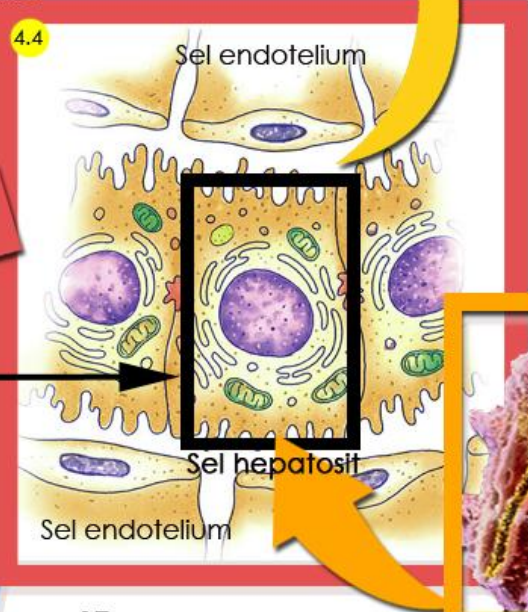
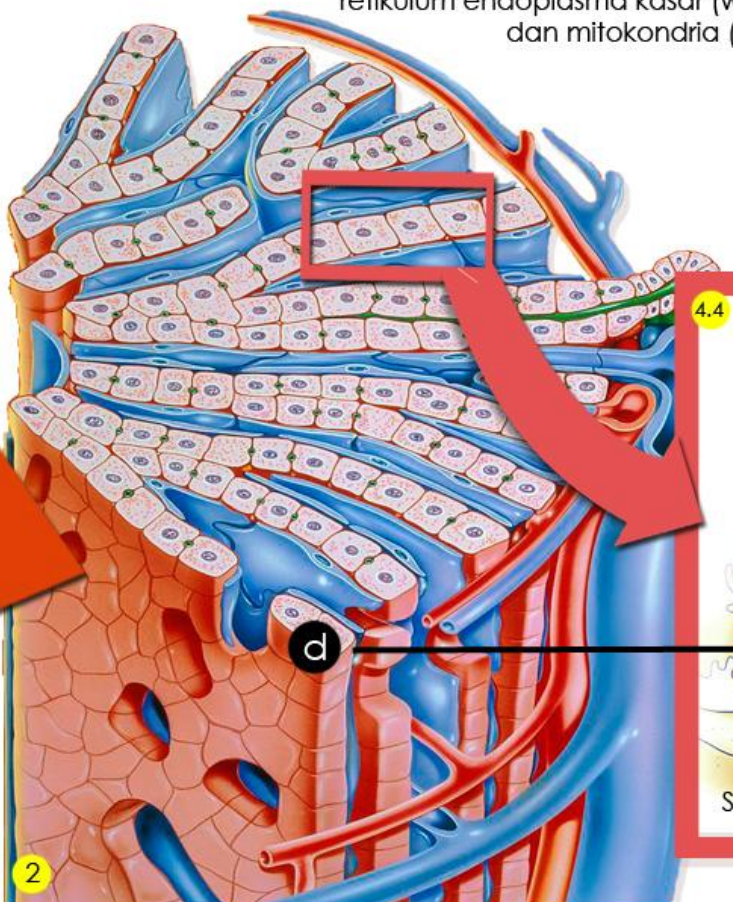


◀◀ Kenampakan organel mitokondria (g), retikulum endoplasma kasar (f) dan ribosom (k; tonjolan melekat pada REK). Dilihat dengan SEM, perbesaran 28000x. Dapat dilihat dengan jelas bagian-bagian dari mitokondria. Bagian yang ditunjuk dengan huruf masing-masing adalah (h) membran mitokondria, (i) krista mitokondria, dan (j) matriks mitokondria.

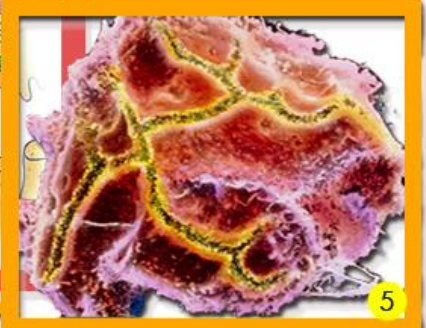


Sumber gambar :  
 Pixologistudio 1  
 John Bavosi 2  
 Dorling Kindersley/uig 3  
 Asklepios Medical Atlas 4  
 Professors P. M. Motta, T. Fujita & M. Muto 5  
 Professors P. M. Motta & T. Naguro 6  
 Professors P. M. Motta, G. Macchiarelli, & S.A Nottola 7  
 Sebastian Kaulitzki 8

▶▶ Isi sel hepatosit apabila diiris melintang dan dilihat dengan SEM perbesaran 11500x. Terlihat organel nukleus (e), retikulum endoplasma kasar (warna kuning) dan mitokondria (warna hijau).



Gambar di bawah ini merupakan gambar sebuah sel hepatosit (d) yang diamati dengan SEM perbesaran 1725x. Sel hepatosit berbentuk polihedral. Pada permukaan sel, terdapat kanalikuli empedu (garis kuning)



# Struktur Retikulum Endoplasma Kasar dan Halus Sel Tubulus Proksimal Nefron



5

6

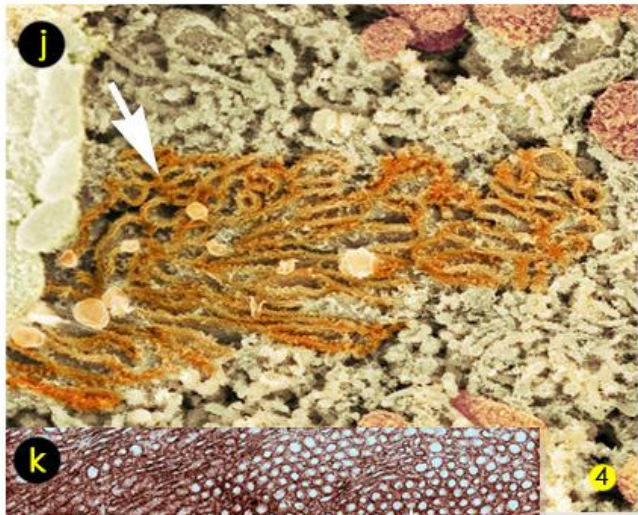
Manusia memiliki sepasang ginjal yang letaknya di belakang perut atau abdomen atau lebih tepatnya berada di kanan dan kiri tulang belakang, di bawah hati dan limpa.



1

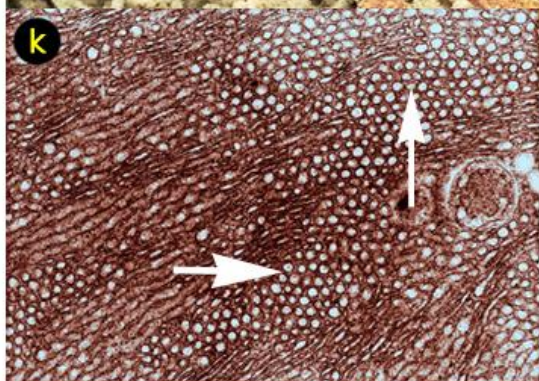
1

Gambar di atas merupakan struktur dari nefron; struktur dasar dan unit fungsional sebuah ginjal yang memiliki peran penting dalam proses penyaringan darah.



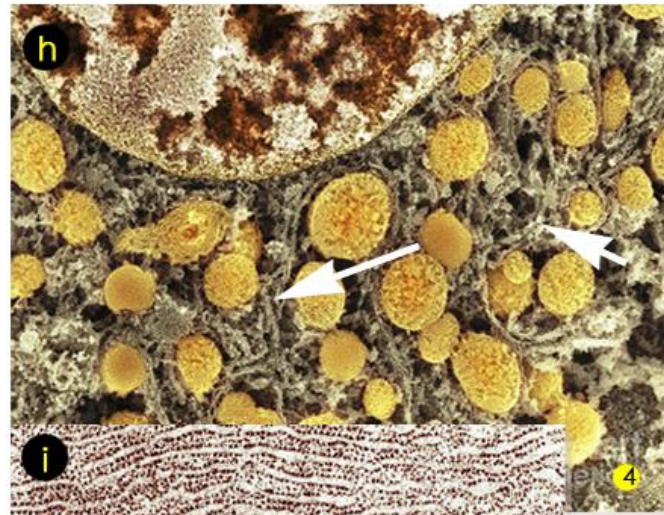
j

4



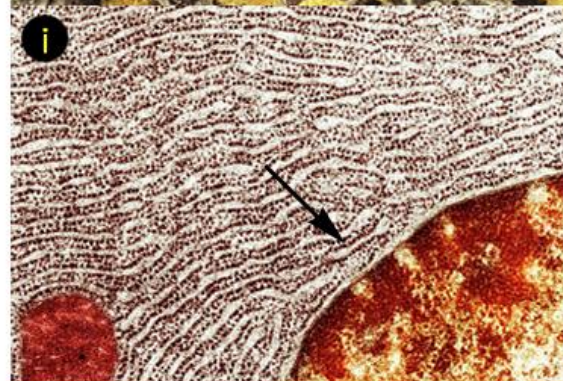
k

7



h

4

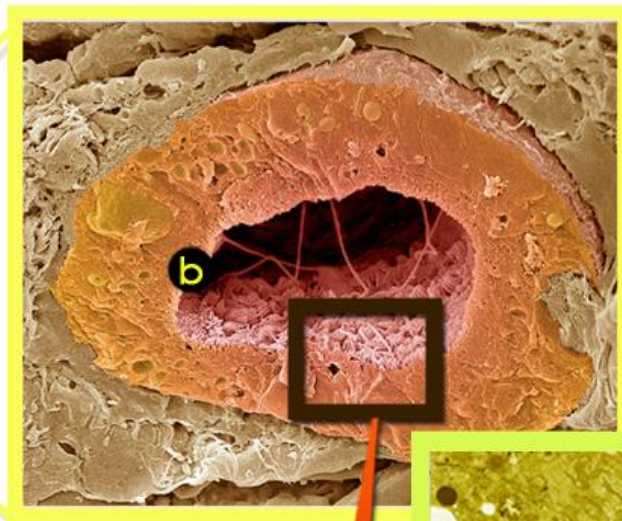
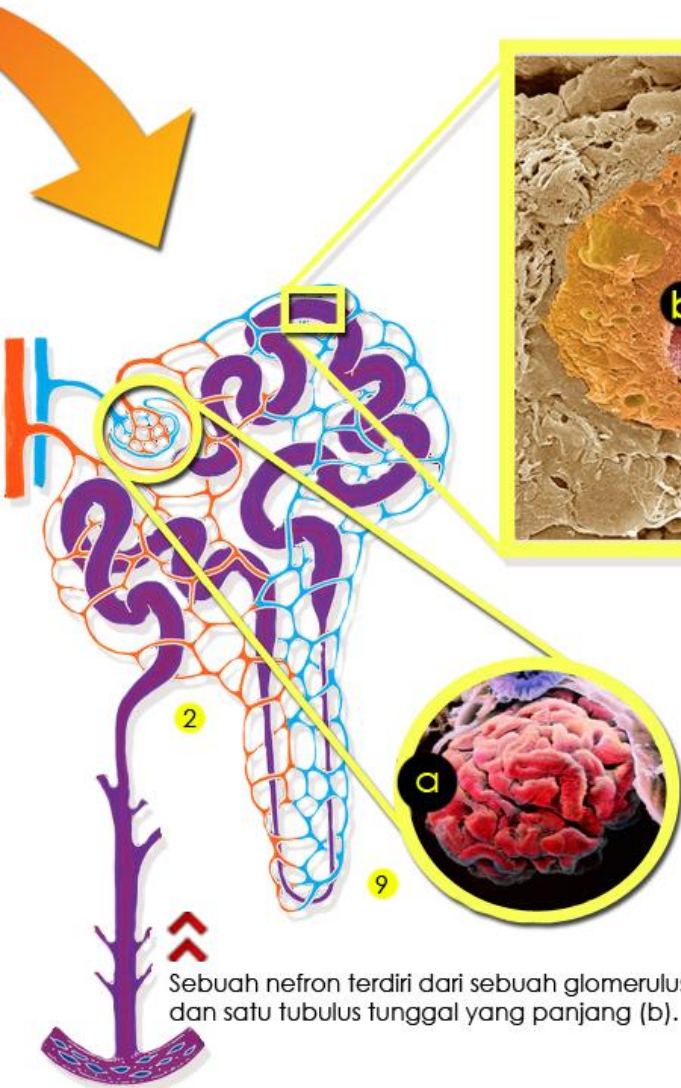


i

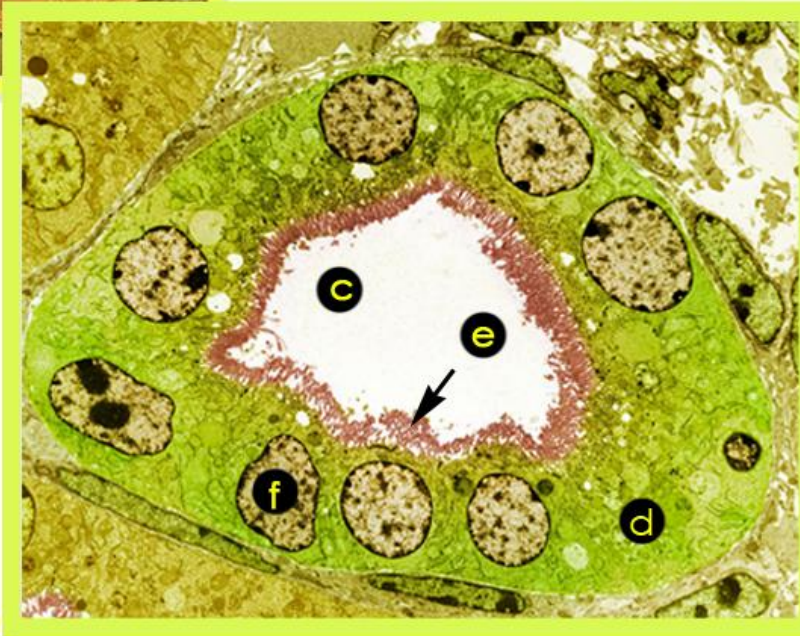
8

Struktur REH dilihat dengan SEM (gambar j) dan REH yang dilihat dengan TEM perbesaran 45000x (gambar k). Struktur REH tampak seperti lingkaran-lingkaran kecil hal ini dikarenakan preparat yang diamati berupa penampang melintang. Lingkaran-lingkaran kecil tersebut merupakan tubulus dengan diameter kecil. Gambar h menunjukkan struktur REK yang dilihat dengan menggunakan SEM, sedangkan gambar i adalah REK yang dilihat dengan menggunakan TEM pada perbesaran 28600x. Titik-titik yang terlihat pada REK adalah ribosom yang melekat pada permukaan luar membran REK.

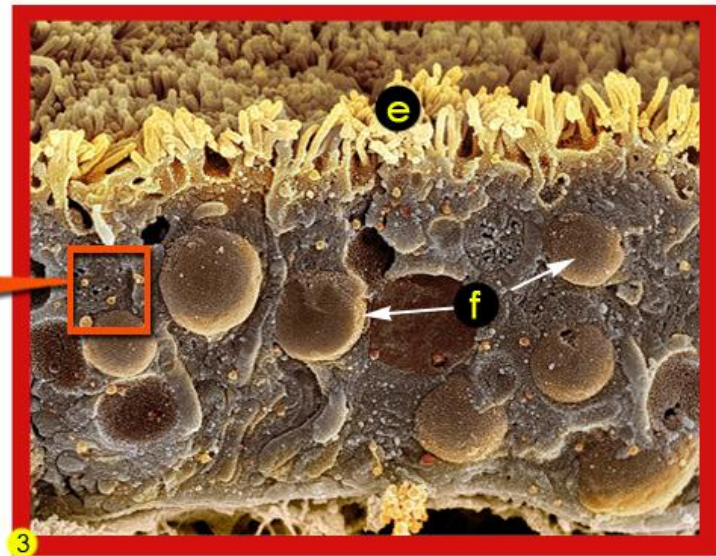




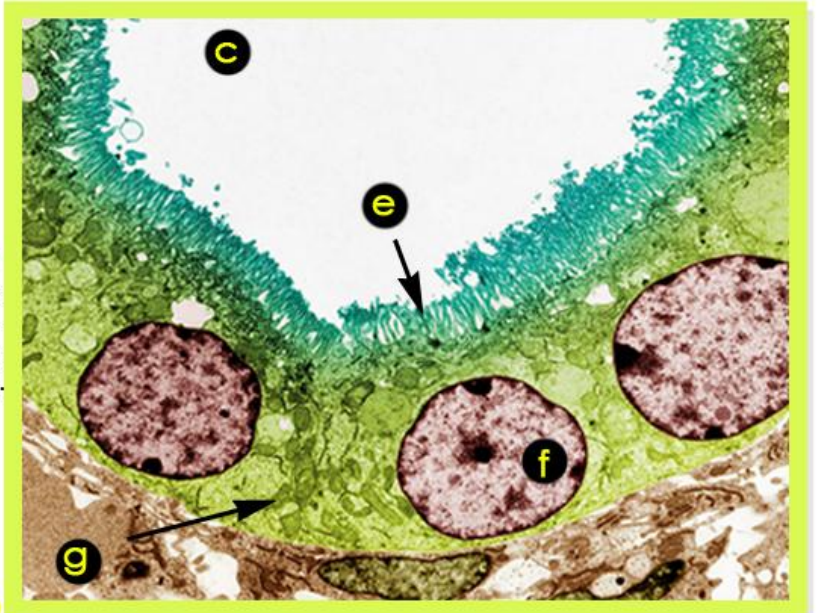
3  
 Irisan melintang tubulus proksimal dari sebuah nefron. Terlihat sebuah lubang pada bagian tengah tubulus yang disebut sebagai lumen.  
 Dilihat dengan menggunakan SEM perbesaran 2100x  
 <<



3  
 Struktur tubulus proksimal terdiri atas lumen (c) yang dikelilingi oleh sel epitel kubus selapis (d) dan memiliki mikrovili (e).  
 Dilihat dengan TEM perbesaran 19400x  
 Organel nukleus (f) dapat dilihat dengan jelas.



<< Kenampakan tubulus proksimal nefron yang diiris secara melintang pada perbesaran 3300x dilihat dengan menggunakan SEM. Pada gambar sel epitel kubus selapis, organel yang paling menonjol untuk dapat dilihat adalah nukleus (f).

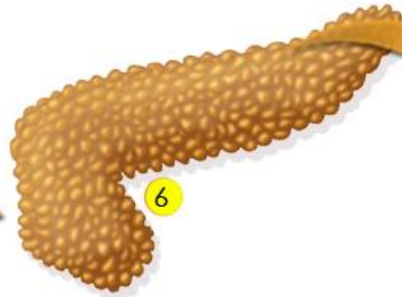


3

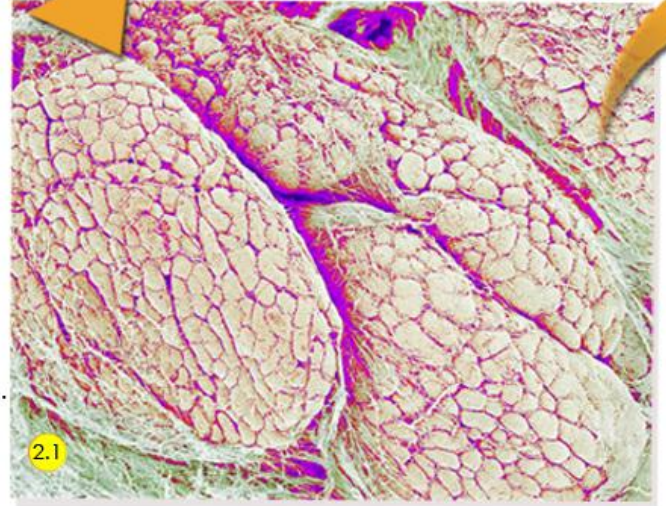
>> Kenampakan struktur tubulus proksimal. Dilihat dengan menggunakan TEM dengan perbesaran 330x. Selain nukleus, organel yang juga dapat dilihat adalah mitokondria (g).

- Sumber gambar :
- 1 Pixologistudio
  - 2 Science Source
  - 3 Steve Gschmeissner
  - 4 Dr. David Furness
  - 5 Sciepro
  - 6 Sebastian Kaulitzki
  - 7 David M. Phillips
  - 8 Ammf
  - 9 Prof. P. Motta

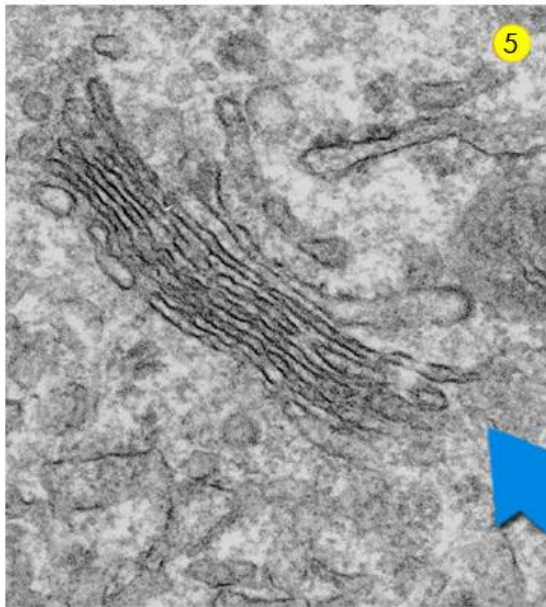
# Struktur Badan Golgi dan Lisosom Sel Asinar



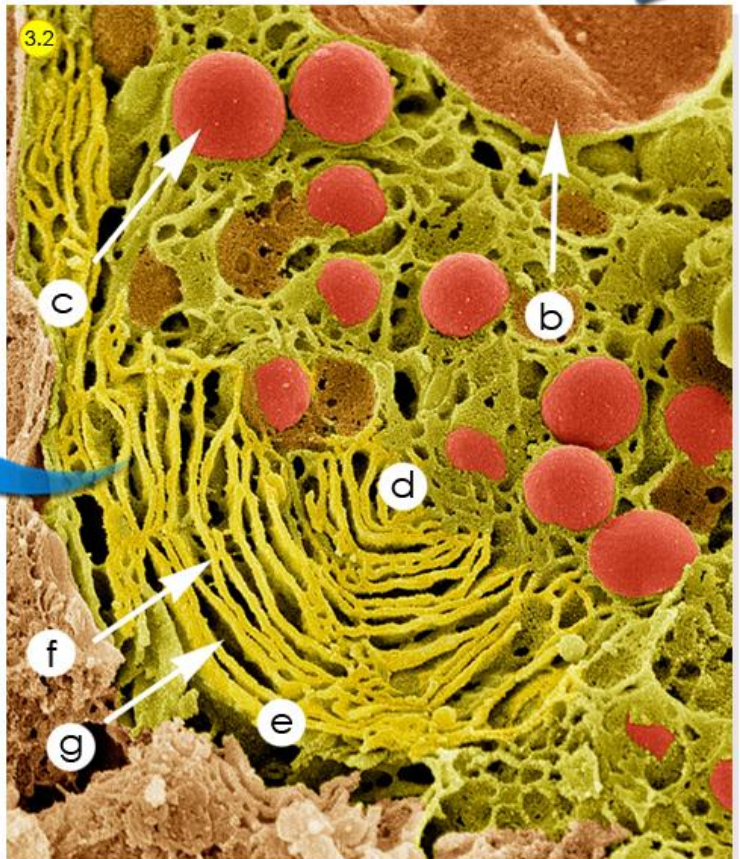
Pankreas adalah organ aksesoris pada sistem pencernaan yang memiliki dua fungsi utama: menghasilkan enzim pencernaan (fungsi eksokrin) dan menghasilkan beberapa hormon (fungsi endokrin). Pankreas terletak pada kuadran kiri atas abdomen atau perut.



Gambar permukaan pankreas. Pankreas terdiri atas banyak lobul. Antara satu lobul dengan lobul lainnya dipisahkan oleh sekat yang bernama fisura. Masing-masing lobul terbentuk dari sel asinar yang bergerombol. Sel-sel asinar disebut juga sebagai sel eksokrin karena berfungsi sebagai penghasil enzim pencernaan. Dilihat dengan SEM perbesaran 3800x.



Struktur badan golgi pada sel asinar yang dilihat dengan menggunakan TEM pada perbesaran 33000x.

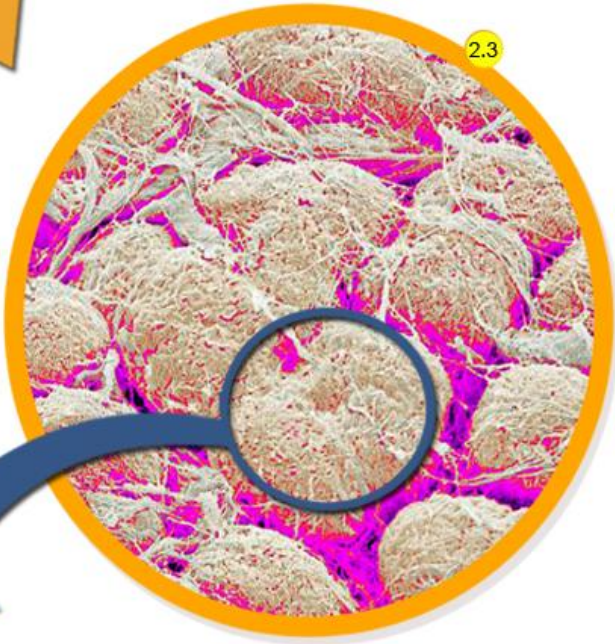
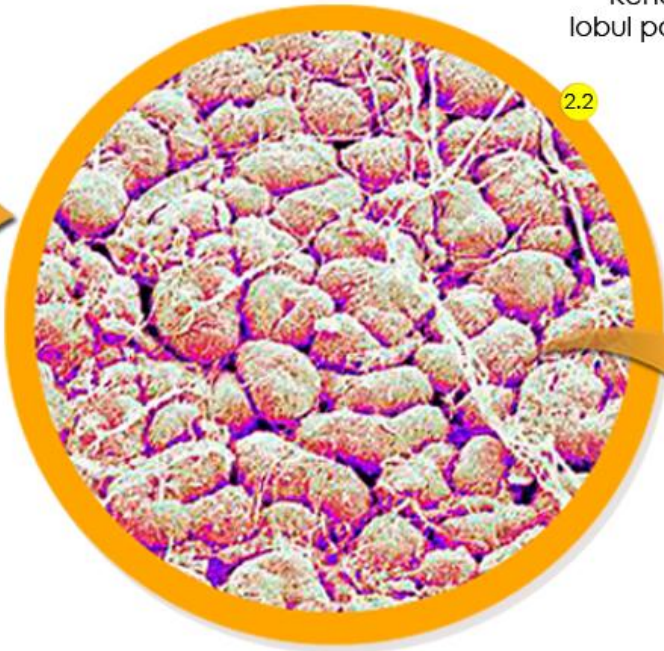


Struktur badan golgi yang dilihat menggunakan SEM dengan perbesaran 2300x.  
 Keterangan:  
 c. granula zimogen  
 d. sisi penerimaan (cis)  
 e. sisi pengiriman (trans)  
 f. sisterna badan golgi  
 g. lumen dari sisterna badan golgi

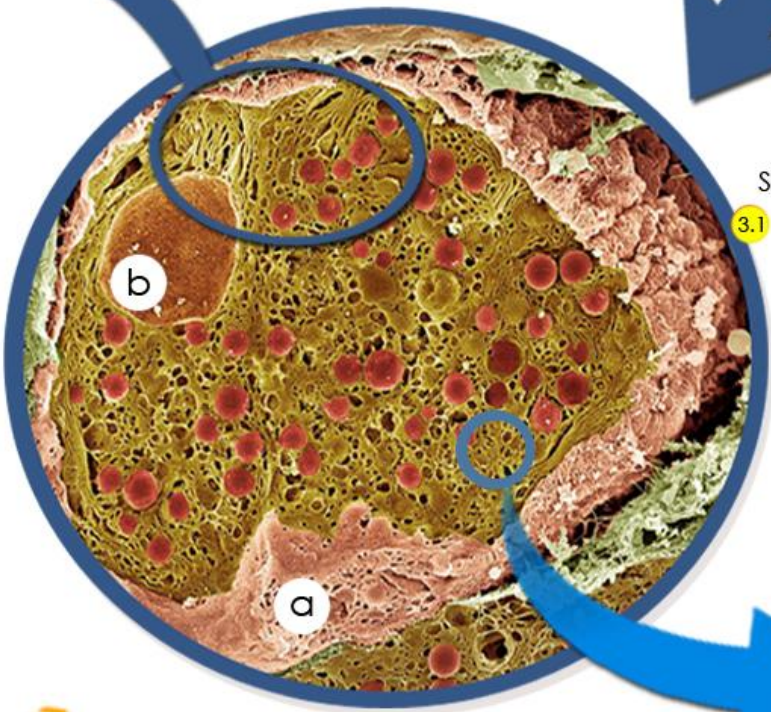
Kenampakan permukaan segerombolan sel asinar yang menyusun lobul pankreas. Sel asinar memiliki bentuk yang tidak beraturan. Dilihat dengan SEM dengan perbesaran 3730x.

Sumber gambar :

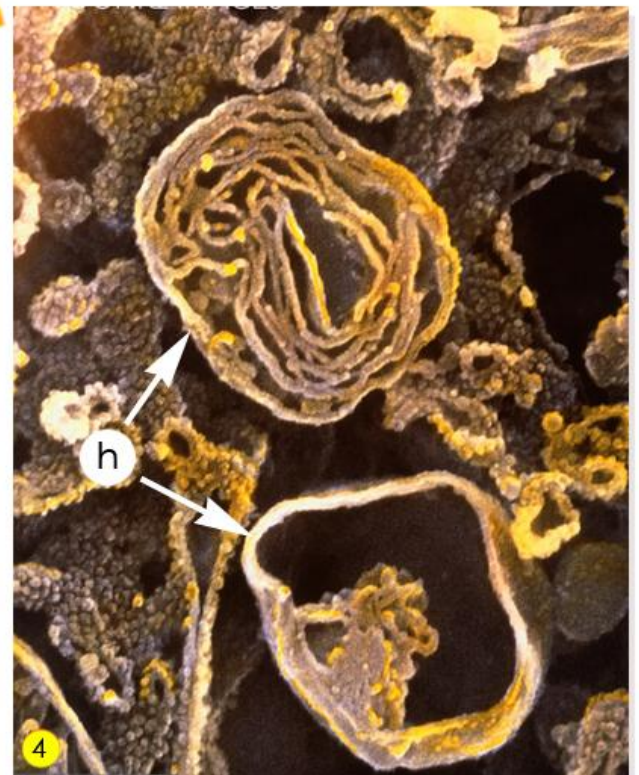
- 1 Sciepro
- 2 Susumu Nishinaga
- 3 Steve Gschmeissner
- 4 Professors P. Motta & T. Naguro
- 5 Louisa Howard
- 6 Monica Schroeder



Kenampakan permukaan segerombolan sel asinar yang dilihat dengan SEM perbesaran 3700x. Permukaan yang terlihat menonjol merupakan membran luar sel asinar.



Struktur lisosom dilihat menggunakan SEM perbesaran 3000x. Lisosom memiliki bentuk *spherical* (bola) dan hanya memiliki satu lapis membran (membran tunggal; h).



Sebuah sel asinar yang dibelah menunjukkan bagian dalam sel. Dapat dilihat dengan jelas (a) membran sel yang membatasi sel asinar satu dengan sel asinar lainnya (b) organel nukleus. Organel lainnya yang terlihat namun tidak begitu jelas adalah badan golgi (terdapat di area yang berwarna hijau lumut). Dilihat dengan SEM perbesaran 3500x.

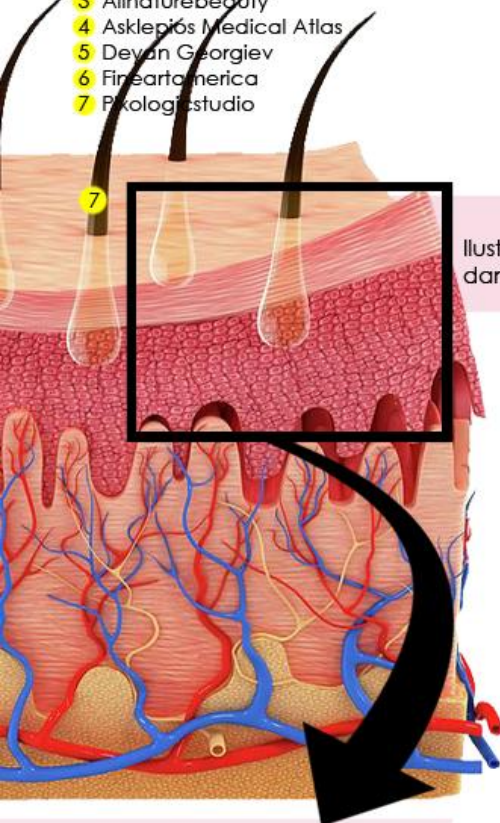
# Struktur Sitoskeleton Sel Keratinosit

Keterangan:

- a. Sel-sel keratinosit yang telah mati
- b. Lapisan korneum (stratum corneum)
- c. Lapisan lusidum (stratum lucidum)
- d. Lapisan granulosum (stratum granulosum)
- e. Lapisan spinosum (stratum spinosum)
- f. Lapisan basal (stratum basale)
- g. Rambut
- h. Sitoskeleton
- i. Nukleus
- j. Mikrotubulus

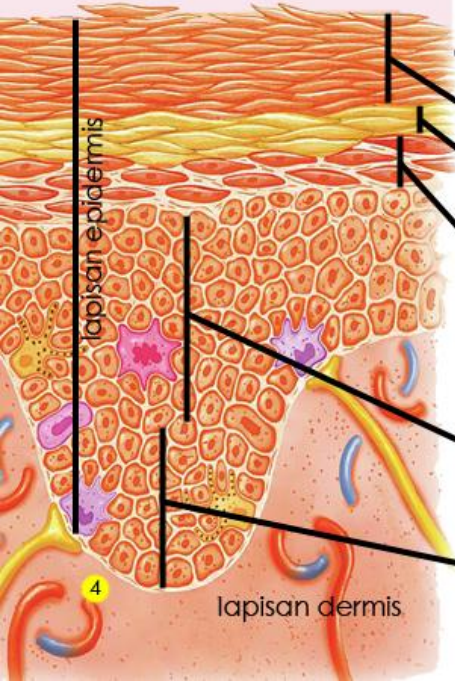
Sumber gambar :

- 1 Steve Gschmeissner
- 2 Science photo library
- 3 Allnaturebeauty
- 4 Asklepios Medical Atlas
- 5 Devan Georgiev
- 6 Fineartamerica
- 7 Psikologi studio



Ilustrasi penampang melintang dari struktur kulit

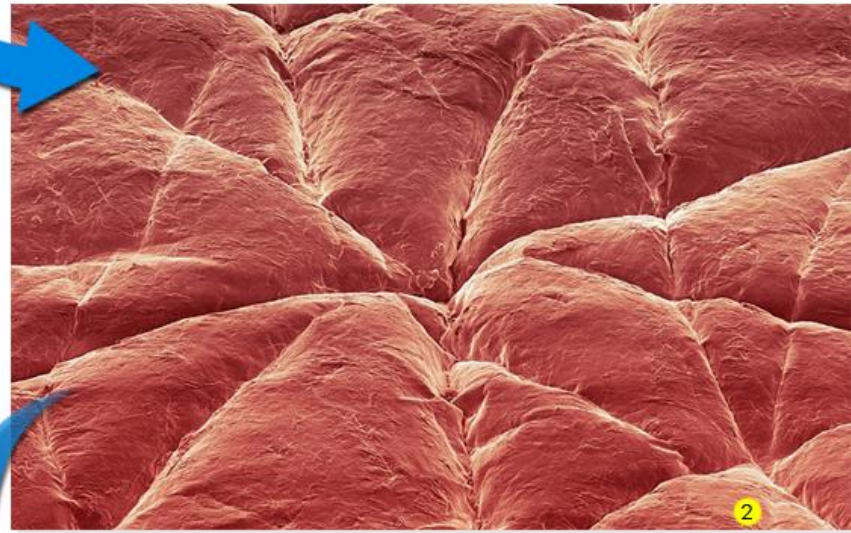
Ilustrasi penampang melintang epidermis kulit



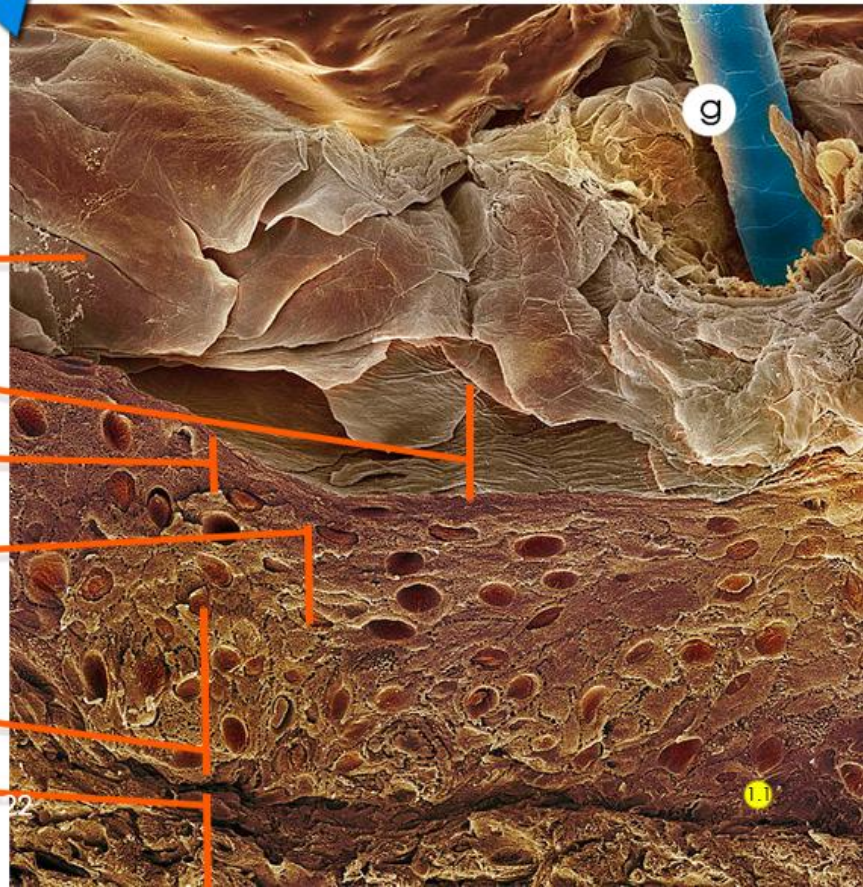
- a
- b
- c
- d
- e
- f
- g

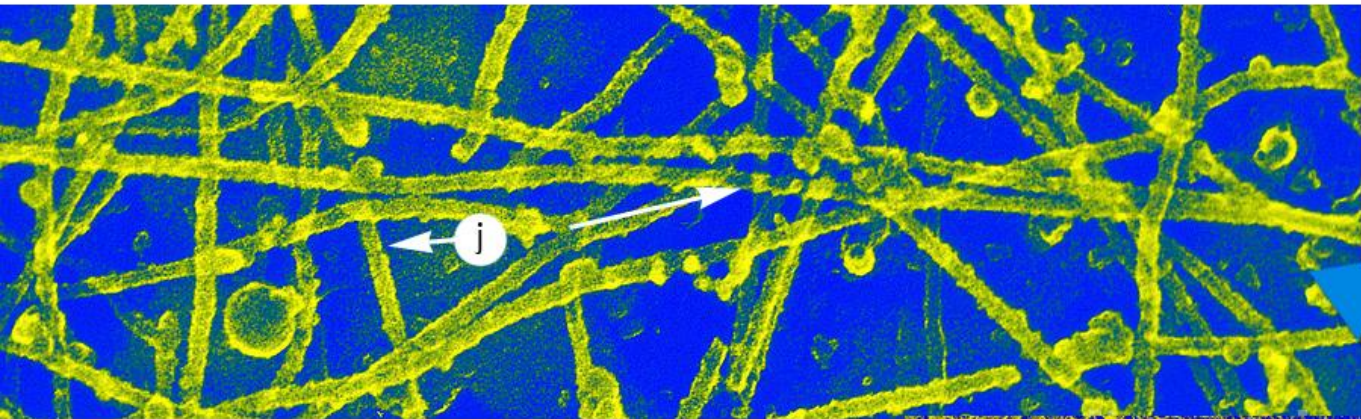


Permukaan kulit (epidermis) manusia yang dilihat dengan menggunakan SEM perbesaran 84x



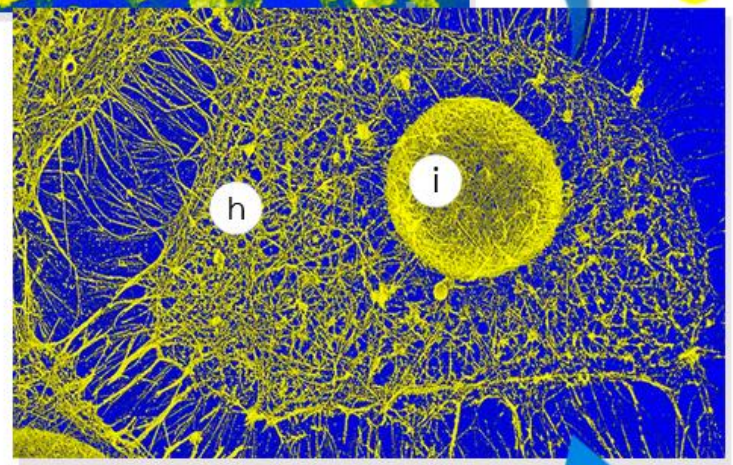
Penampang melintang epidermis kulit yang dilihat dengan SEM pada perbesaran 55x





6.2

Kenampakan sitoskeleton yang dilihat dengan menggunakan SEM. Yang ditunjuk tanda panah pada gambar adalah sitoskeleton mikrotubulus (j). Dilihat pada perbesaran 50000x

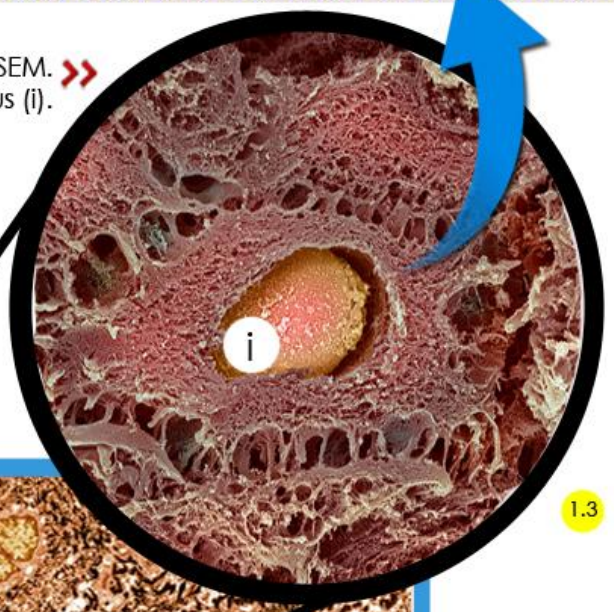


6.1

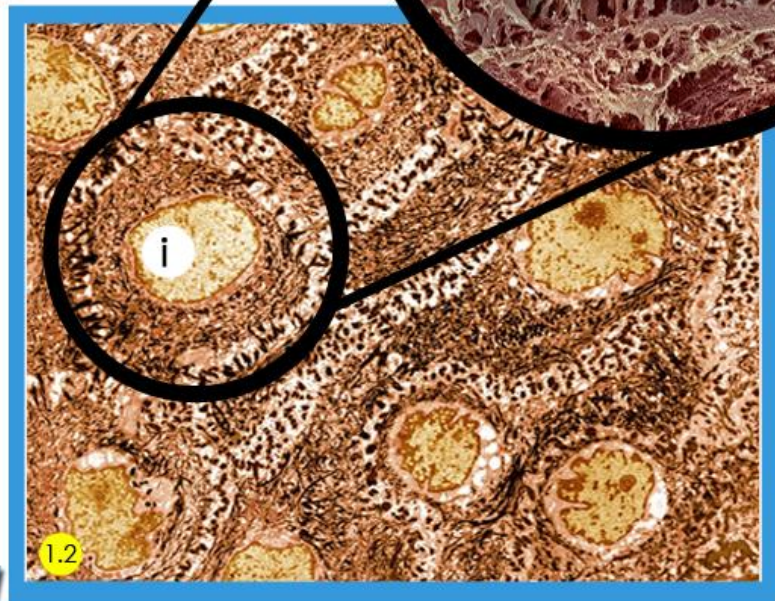
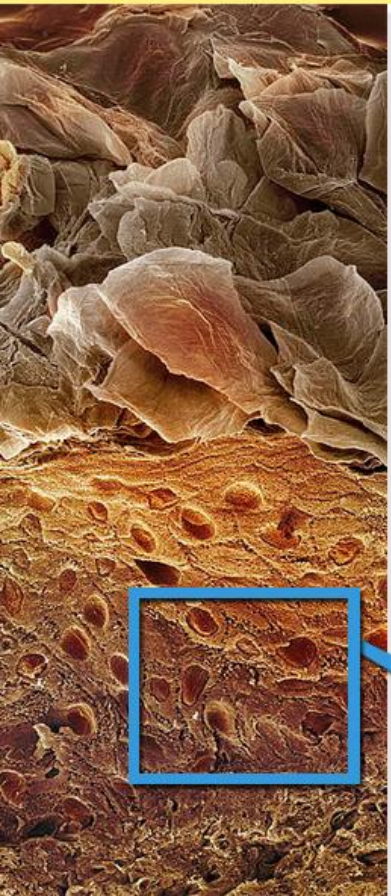
Sel keratinosit yang dilihat dengan menggunakan SEM. >> Yang terlihat pada gambar adalah sitoskeleton (h) dan nukleus (i) saja, sedangkan komponen sel lainnya telah diekstraksi secara biokimia. Dilihat pada perbesaran 3000x

Sel keratinosit yang dilihat dengan menggunakan SEM. >> Struktur bulat kuning yang ada di tengah sel adalah nukleus (i).

Sel keratinosit menyusun hampir 95% lapisan epidermis kulit. Sebagian besar sel keratinosit terdapat di stratum spinosum dan basal. Sel lain yang juga menyusun lapisan epidermis yaitu 1) sel langerhans, 2) sel melanosit, dan 3) sel merkel (1 - 3 menyusun stratum spinosum dan basal) 4) sel lamela granul (menyusun stratum granulosum).



1.3



1.2

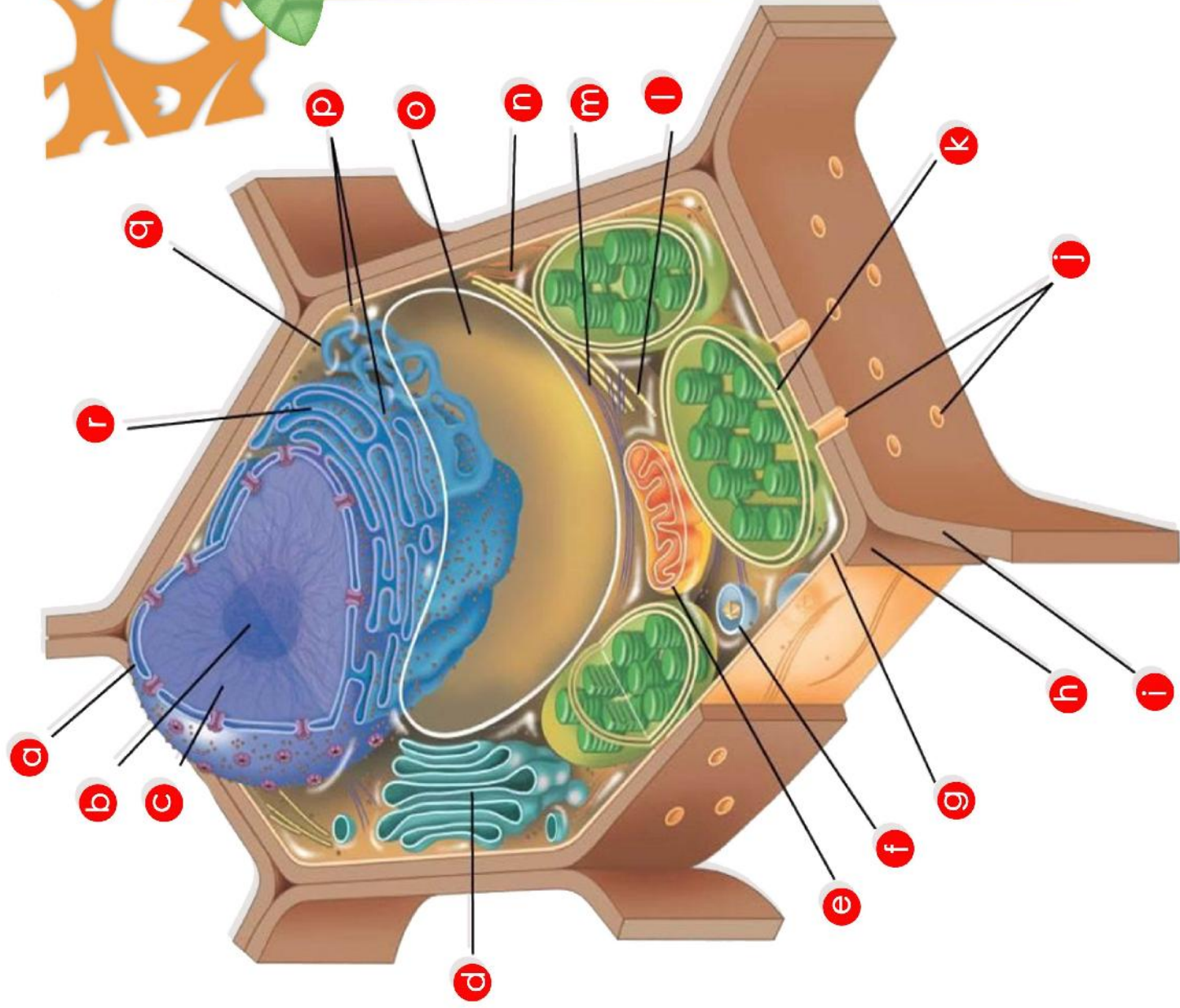
Kenampakan sel-sel keratinosit pada stratum spinosum yang dilihat dengan TEM.



# Organel Sel

struktur dan fungsi

# Sel Tumbuhan

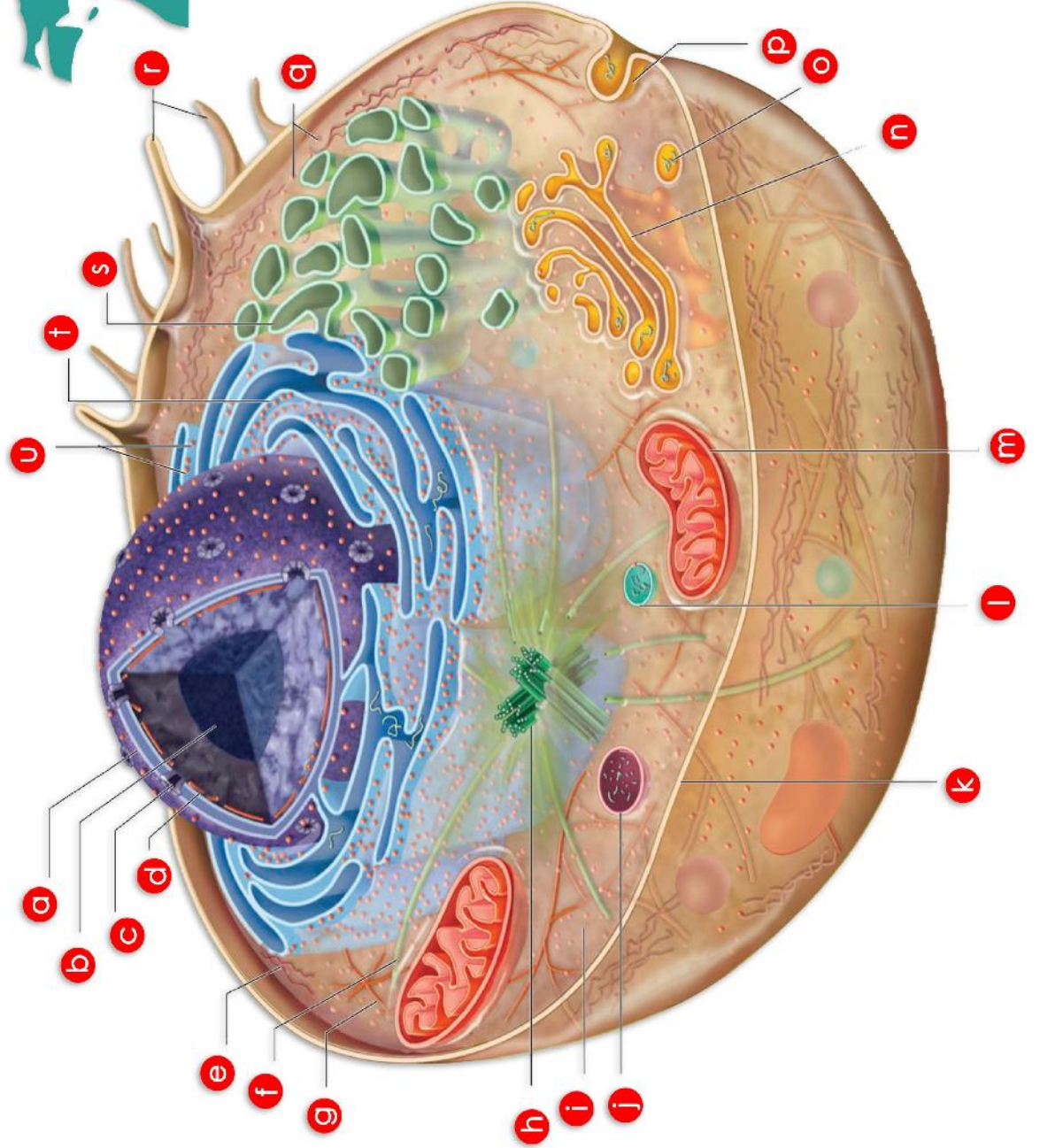


Keterangan :

- a. Membran nukleus
- b. Nukleolus
- c. Nukleoplasma
- d. Badan golgi
- e. Mitokondria
- f. Peroksisom
- g. Membran sel
- h. Dinding sel
- i. Dinding sel tetangga
- j. Plasmodesmata
- k. Kloroplas
- l. Mikrotubulus
- m. Filamen intermediet
- n. Mikrofilamen
- o. Vakuola sentral
- p. Ribosom
- q. Retikulum endoplasma halus
- r. Retikulum endoplasma kasar

Sumber gambar:  
Campbell Biology 10th Edition

Sumber gambar:  
The McGraw-Hill Companies



# Sel Hewan

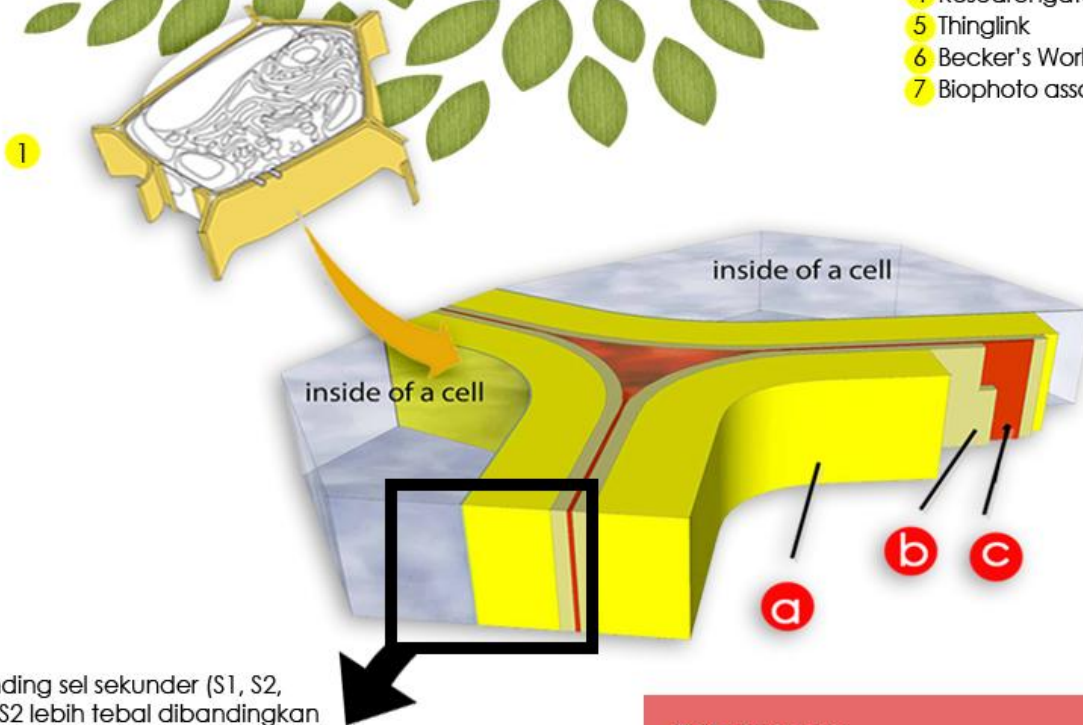
- Keterangan :
- a. Membran nukleus
  - b. Nukleolus
  - c. Pori nukleus
  - d. Lamina nukleus
  - e. Mikrofilamen
  - f. Mikrotubulus
  - g. Filamen intermediet
  - h. Sentriol
  - i. Sitoplasma
  - j. Lisosom
  - k. Membran plasma
  - l. Peroksisom
  - m. Mitokondria
  - n. Badan golgi
  - o. Vesikel
  - p. Eksositosis
  - q. Ribosom bebas
  - r. Mikrovili
  - s. Retikulum endoplasma halus
  - t. Retikulum endoplasma kasar
  - u. Ribosom terikat



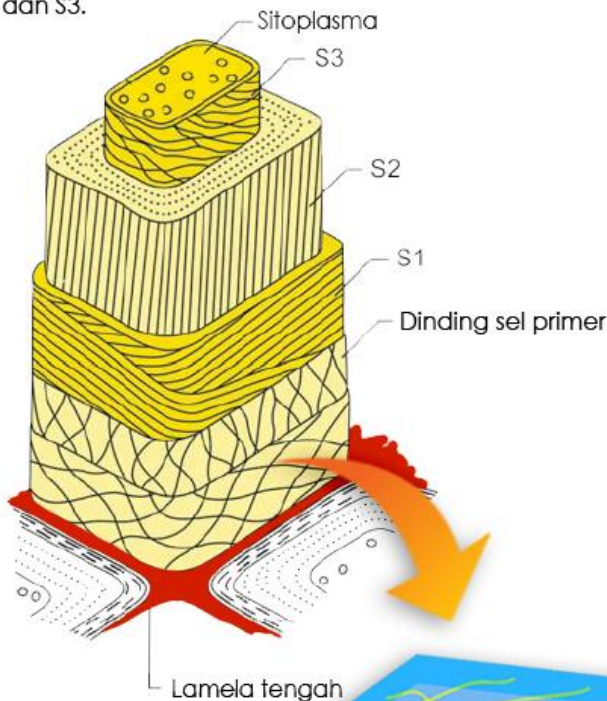
# Struktur Dinding Sel Tumbuhan

Sumber gambar:

- 1 The Science of Biology 9th Edition
- 2 Biobook.kuensting.org
- 3 Wikipedia
- 4 Researchgate
- 5 Thinglink
- 6 Becker's World of The Cell 8th Edition
- 7 Biophoto associate



Pada struktur dinding sel sekunder (S1, S2, dan S3), lapisan S2 lebih tebal dibandingkan lapisan S1 dan S3.

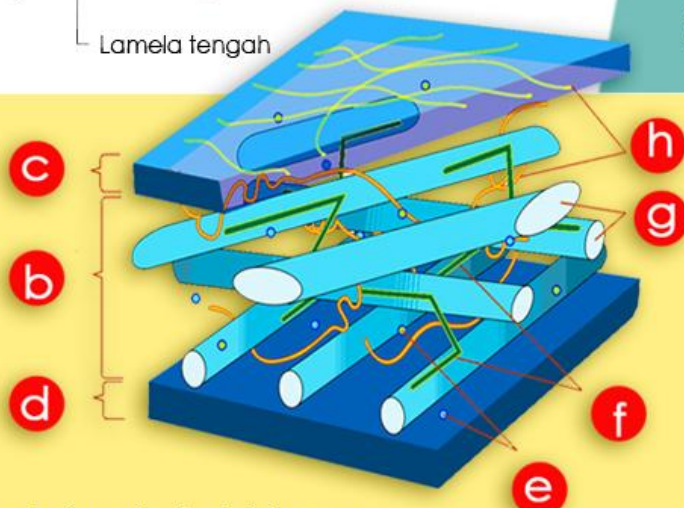


Keterangan:

- a. Dinding sel sekunder terdapat pada sel tumbuhan yang sudah dewasa dan berhenti tumbuh
- b. Dinding sel primer terdapat pada sel tumbuhan yang masih muda dan masih mengalami pertumbuhan
- c. Lamela tengah di antara dinding sel primer, lengket, terbentuk dari pektin
- d. Membran sel
- e. Protein struktural komponen nonpolisakarida
- f. Hemiselulosa polisakarida penyusun dinding sel tumbuhan tingkat tinggi
- g. Mikrofilbril selulosa serat-serat yang terbentuk dari selulosa; unit dasar dari dinding sel
- h. Pektin polisakarida kompleks dengan struktur bervariasi, bersifat lengket

Ada tiga macam polisakarida penyusun dinding sel tumbuhan yaitu selulosa, hemiselulosa, dan polisakarida.

Mikrofilbril dinding sel primer tersusun tidak teratur, sedangkan mikrofilbril dinding sel sekunder tersusun secara paralel dan rapi untuk setiap lapisannya.



Dinding sel primer tersusun atas mikrofilbril-mikrofilbril yang letaknya tidak teratur, panjangnya berbeda satu sama lain, dan lebarnya sekitar 10-25 mikrometer. Mikrofilbril adalah unit dasar penyusun dinding sel, yang tersusun atas makromolekul selulosa. Setiap mikrofilbril terdiri atas 40 rantai selulosa.

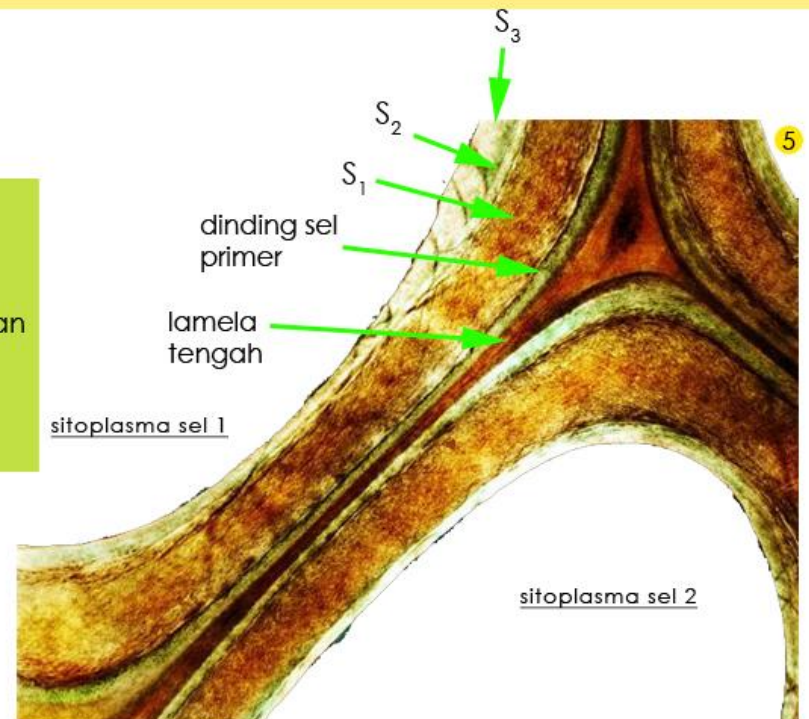
Struktur dinding sel primer dan kedudukannya terhadap membran sel

Dinding sel adalah struktur ekstraselular sel tumbuhan yang membedakan sel tersebut dari sel hewan. Dinding sel memberikan perlindungan bagi sel di dalamnya, mempertahankan bentuk sel tumbuhan, dan mencegah pengambilan air secara berlebihan. Komposisi kimiawi dinding sel bervariasi antara spesies yang satu dengan spesies yang lain, dan bahkan antara tipe sel satu dengan lainnya pada tumbuhan yang sama juga dapat berbeda. Dinding sel lebih tebal dibandingkan dengan membran sel, ketebalannya berkisar 0,1 mikrometer sampai beberapa mikrometer.

Berdasarkan perkembangannya, struktur dinding sel dikenal 3 lapisan dinding, yaitu lamela tengah, dinding primer, dan dinding sekunder. **Lamela tengah** adalah bagian yang melekatkan kedua sel yang berdampingan dan berada di antara dinding primer kedua sel tersebut. Lamela tengah terdiri atas pektin. **Dinding primer** adalah dinding yang dibentuk ketika sel sedang tumbuh. Dinding sel primer mengandung polisakarida berupa selulosa, hemiselulosa, dan pektin, dengan kandungan hemiselulosa yang tertinggi. Dinding primer dibentuk setelah lamela tengah terbentuk. **Dinding sel sekunder** dibentuk di sebelah dalam dinding primer setelah sel selesai tumbuh. Dinding sel sekunder lebih banyak mengandung selulosa dibandingkan hemiselulosa. Biasanya tidak mengandung pektin.

Kebanyakan sel tumbuhan yang masih muda (meristem), mempunyai dinding sel yang masih tipis. Ukuran sel meristem biasanya lebih kecil bila dibandingkan dengan ukuran sel tumbuhan yang telah dewasa. Dinding sel primer sel meristem masih tipis dan belum begitu kaku. Apabila pertumbuhan sel telah berhenti dan dinding selnya tidak perlu diperbesar lagi, maka dinding sel primer tersebut dipertahankan atau dihasilkan lagi yang lebih kaku. Dinding sel yang lebih kaku tersebut dinamakan dinding sel sekunder. Pembentukan dinding sel sekunder melalui dua cara yaitu 1) mempertebal dinding sel primer, 2) menambah lapisan baru yang komposisinya berbeda dari sebelumnya dan berada di bawah dinding sel primer (dekat dengan sitoplasma).

Dinding sel berbentuk seperti lembaran-lembaran dan dibedakan menjadi dinding sel primer dan sekunder. Dinding sel sekunder terdiri atas 3 lapisan S1 (luar), S2 (tengah), S3 (dalam). Lapisan S2 paling tebal dan lapisan S3 lebih tipis daripada lapisan S1. Dinding sel primer lebih tipis dibandingkan dengan dinding sel sekunder.



Struktur dinding sel primer, sekunder, dan lamela tengah bila dilihat dengan menggunakan TEM. Dinding sel sekunder memiliki struktur yang kuat dan tahan lama yang memberikan perlindungan dan sokongan pada sel. Contohnya pada sel tumbuhan berkayu.

## Struktur Dinding Sel Tumbuhan

Perbedaan karakteristik dinding sel primer dan dinding sel sekunder

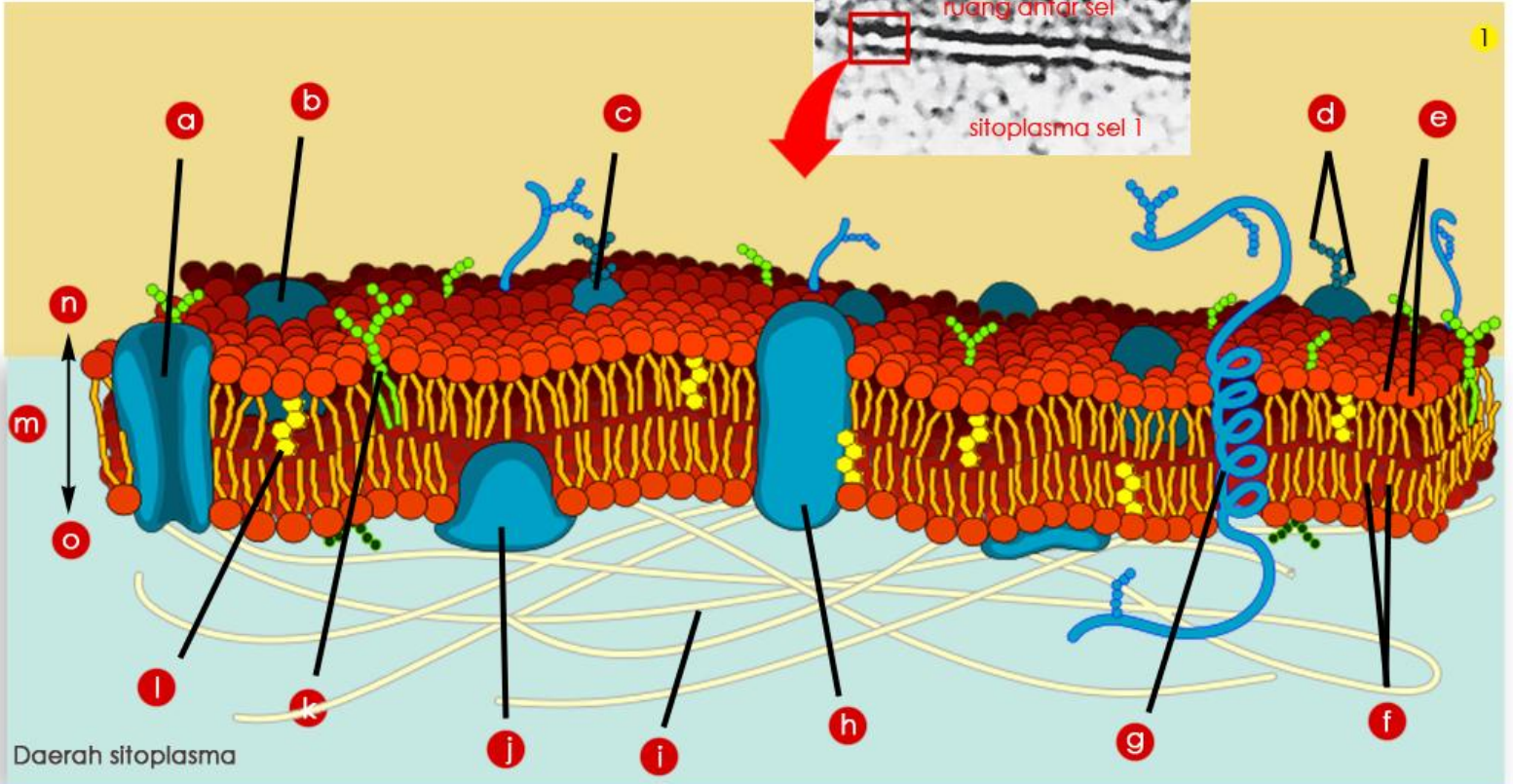
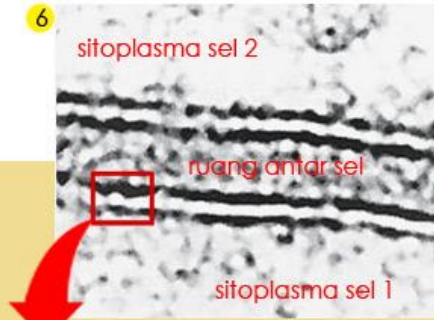
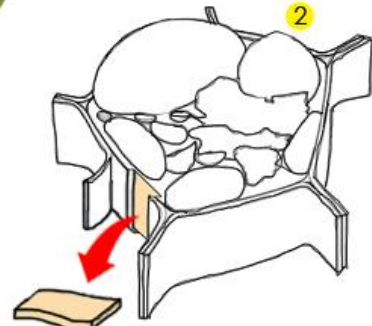
Karakteristik	Dinding sel primer	Dinding sel sekunder
Fleksibilitas dan ekstensibilitas	Tinggi	Rendah
Ketebalan	Dinamis	Statis
Arah mikrofibril	Tak teratur	Paralel rapi tiap lapis
Pertumbuhan dinding	Disisipkan	Dilapiskan
Material Kristal	Mencapai 40%	Mencapai 75%
Kandungan selulosa	Rendah	Tinggi
Kandungan hemiselulosa	Mencapai 50%	Mencapai 25%
Kandungan lemak	5-10%	Sedikit atau tidak ada
Kandungan protein	Mencapai 5%	Rendah

Sumber: Mariani & Sumadi, 2007

# Struktur Membran Sel Eukariotik

Sumber gambar:

- 1 Wikipedia
- 2 Taiz plant physiology 3rd edition
- 3 BRS Cell Biology & Histology 6th Edition
- 4 Biology 6th Edition - Raven Johnson
- 5 Chegg
- 6 Becker's World of The Cell 8th Edition



Keterangan :

- |                               |   |  |
|-------------------------------|---|--|
| a. Kanal protein              | f. Ekor hidrofobik (lipid)                            | k. Glikolipid  |
| b. Protein globular           | g. Protein transmembran/integral berstruktur heliks   | l. Kolesterol  |
| c. Glikoprotein               | h. Protein transmembran/integral berstruktur globuler | m. Lapisan ganda fosfolipid                          |
| d. Karbohidrat                | i. Filamen sitoskeleton                               | n. Permukaan luar membran sel                        |
| e. Kepala hidrofilik (fosfat) | j. Protein perifer/permukaan                          | o. Permukaan dalam membran sel (permukaan sitosolik) |

**Membran sel** eukariotik memiliki ketebalan kira-kira 7,5 - 8 nm dan terdiri atas dua lapisan yang dikenal sebagai fosfolipid bilayer (lapisan ganda fosfolipid). Lapisan bilayer tersebut terdiri atas lapisan luar dan dalam. Permukaan lapisan luar berbatasan langsung lingkungan ekstraseluler, sedangkan permukaan lapisan dalam berbatasan dengan sitoplasma sel. Lipid penyusun membran sel terdiri atas fosfolipid, glikolipid, dan kolesterol dengan persentase fosfolipid lebih besar dibanding dua jenis lipid lainnya.

Semua sel eukariotik memiliki karbohidrat pada permukaan membran sel, yang sebagian besar berbentuk oligosakarida. Oligosakarida berikatan kovalen dengan molekul protein membran sel disebut glikoprotein. Sebagian kecil oligosakarida berikatan dengan lipid disebut glikolipid.

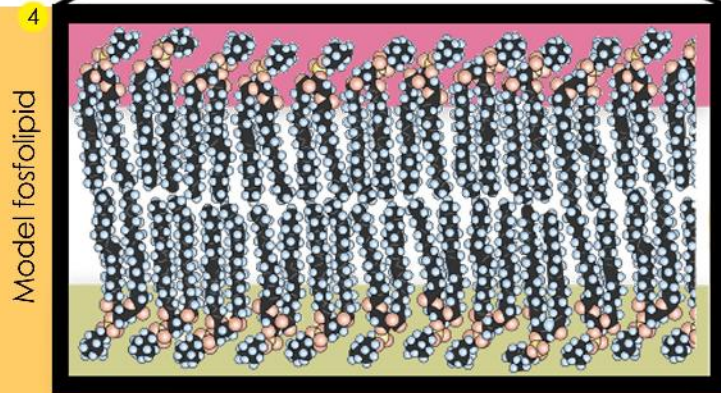
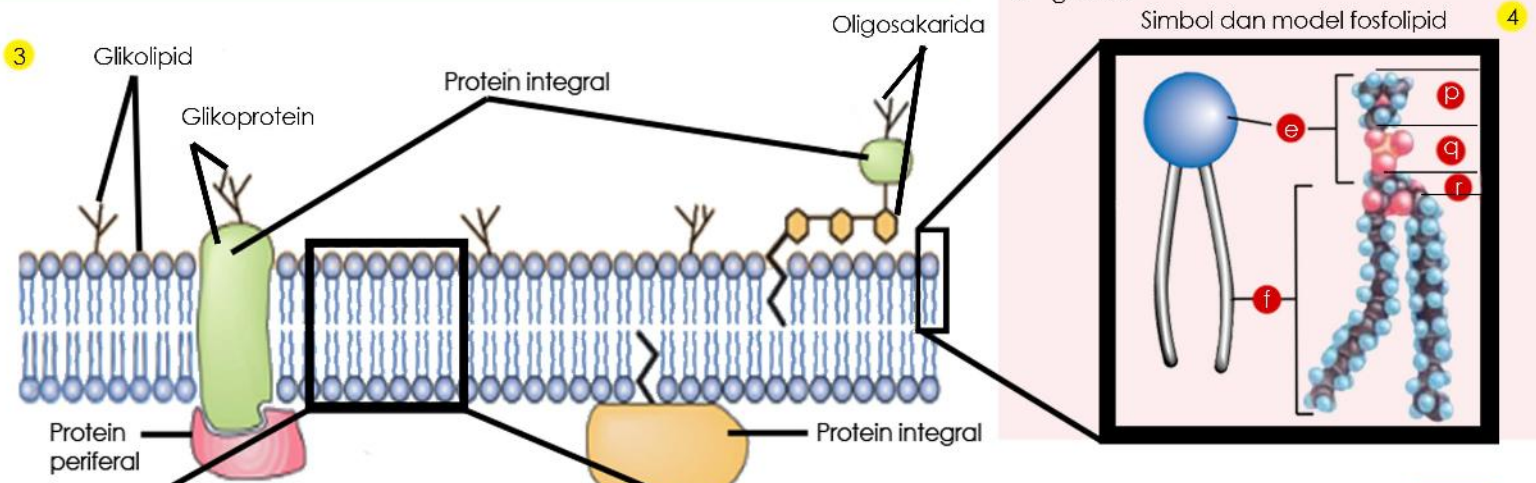
Molekul karbohidrat yang hanya terdapat di permukaan luar membran, menjadi penyebab sifat asimetris pada membran sel. Sedangkan molekul lipid dan protein yang terdapat di kedua permukaan membran sel, menjadi penyebab membran sel memiliki sifat hidrofilik dan hidrofobik. Sifat hidrofilik terdapat di permukaan luar dan dalam membran sel, sedangkan sifat hidrofobik hanya terdapat pada bagian tengah membran sel. Sifat hidrofobik disebabkan oleh komponen lipid, namun molekul lipid yang berikatan dengan gugus fosfat memberikan sifat hidrofilik. Komponen protein dan karbohidrat juga memberikan sifat hidrofilik kepada membran sel.

Membran sel merupakan struktur selaput tipis yang menyelubungi sel dan berfungsi membatasi keberadaan sebuah sel. Membran sel tidak hanya sekedar penyekat pasif, namun juga sebuah filter yang memiliki kemampuan memilih bahan-bahan yang melintasinya dengan tetap memelihara perbedaan kadar ion di luar dan di dalam sel. Bahan-bahan yang diperlukan oleh sel dapat masuk, sedangkan bahan-bahan yang merupakan limbah sel dapat melintas ke luar sel.

Keanekaragaman fosfolipid didasari oleh perbedaan kedua asam lemak dan gugus-gugus yang melekat pada gugus fosfat di kepala. Fosfolipid di bawah ini disebut fosfatidilkolin karena dilekati oleh satu gugus kolin.

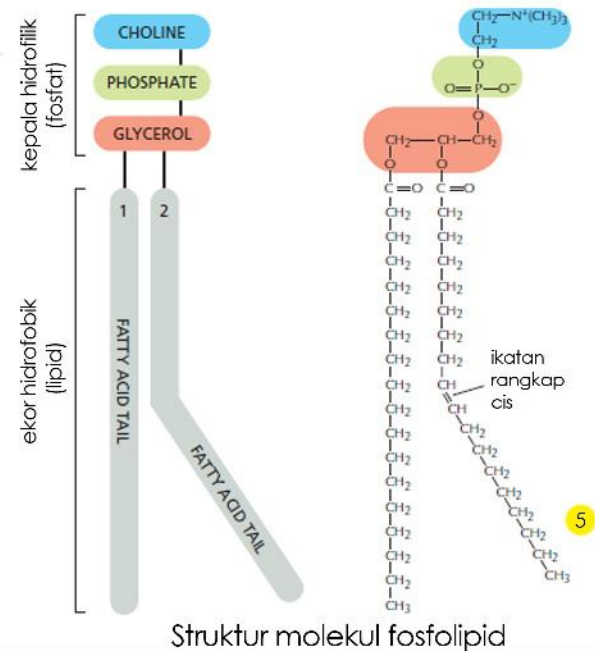
Keterangan:

- p. kolin
- q. fosfat
- r. gliserol



Keterangan warna background/wilayah model fosfolipid

- Kepala hidrofilik (fosfat) yang berbatasan dengan ekstraselular
- Ekor hidrofobik (lipid)
- Kepala hidrofilik (fosfat) yang berbatasan dengan sitoplasma

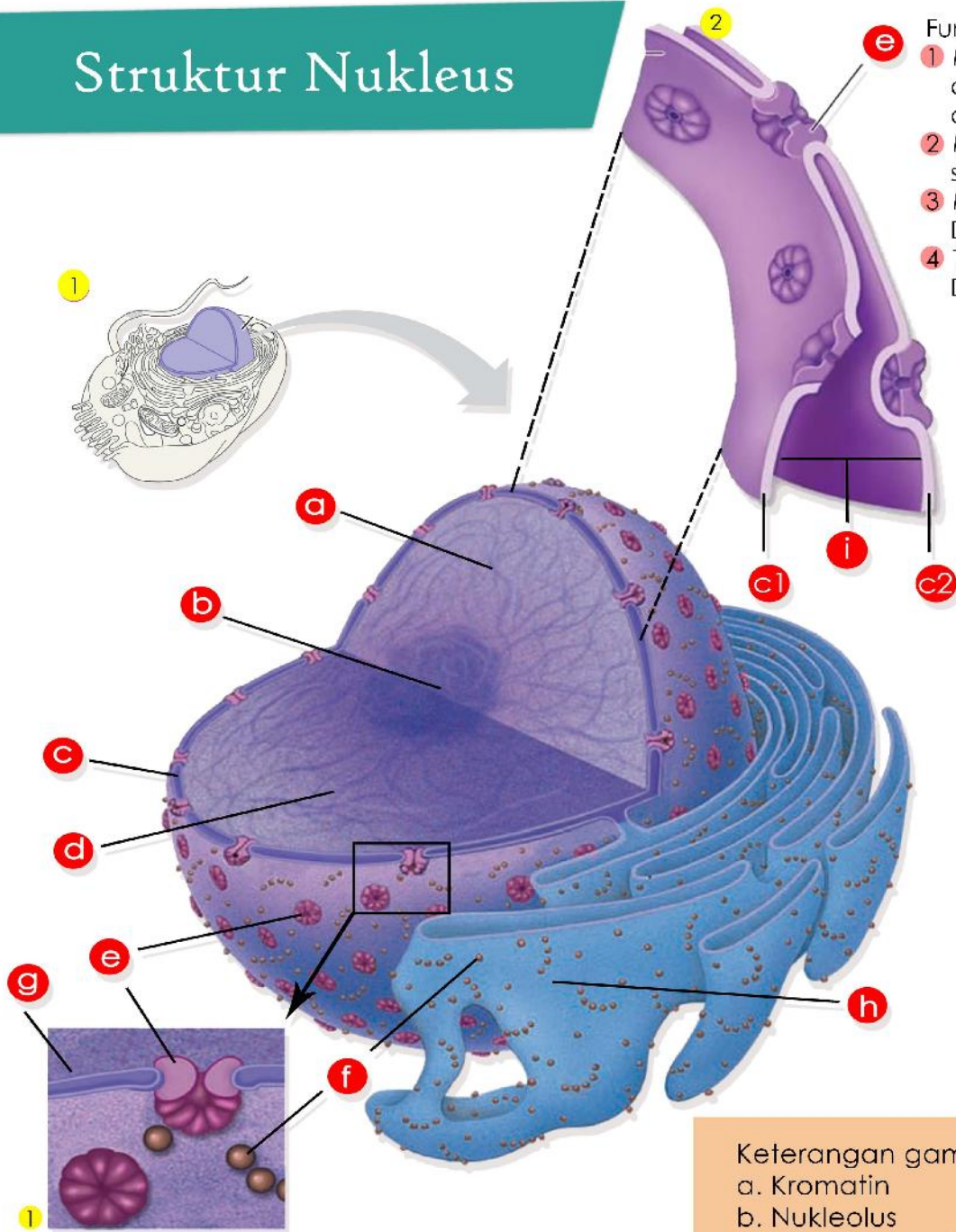


Molekul fosfolipid memiliki kepala sebagai ujung polarnya dan ekor sebagai ujung nonpolarnya. Panjang ekor fosfolipid beragam, dari 14 - 24 atom karbon. Fosfolipid memiliki dua ekor, masing-masing berasal dari gugus asam lemak jenuh dan gugus asam lemak tak jenuh. Adanya ikatan rangkap dua atom karbon (ikatan rangkap cis) pada asam lemak tak jenuh menyebabkan membengkoknya rantai gugus lemak (ekor hidrofobik menekuk).

Membran sel juga memiliki sifat fluiditas seperti cairan. Sifat tersebut selain dipengaruhi oleh struktur kimia bagian hidrofobik, juga dipengaruhi oleh molekul kolesterol. Pada membran sel eukariotik perbandingan molekul kolesterol dengan fosfolipid adalah 1:1. Perbandingan yang seimbang akan membuat kolesterol menjaga kestabilan membran sel. Semakin banyak molekul kolesterol maka membran sel makin kurang stabil. Fluiditas membran sel juga berkurang karena kolesterol mengganggu gerakan molekul fosfolipid. Hal tersebut juga akan mengurangi permeabilitas molekul-molekul kecil yang larut dalam air. Daerah fosfolipid yang ditempati oleh kolesterol akan menjadi daerah yang kaku.

Molekul protein penyusun membran terdiri atas protein perifer (ekstrinsik) dan protein integral (intrinsik). Protein integral tertanam di antara fosfolipid bilayer (lapisan ganda) dengan sisi luar protein terdapat pada kedua permukaan membran sel, contohnya adalah protein integral (struktur globular, struktur heliks, dan kanal). Protein perifer berikatan dengan karbohidrat membentuk glikoprotein, berperan dalam reaksi imunologis dan bertindak sebagai reseptor. Molekul protein integral berkaitan dengan proses transport dan proses enzimatik. Molekul protein integral yang berkaitan dengan proses transport ada bermacam-macam, diantaranya adalah protein membentuk kanal (*channel*).

# Struktur Nukleus



## Fungsi nukleus:

- 1 Mengontrol sintesis protein dengan cara menyintesis mRNA sesuai dengan perintah DNA
- 2 Mengendalikan proses metabolisme sel
- 3 Menyimpan informasi genetik berupa DNA
- 4 Tempat penggandaan (replikasi) DNA

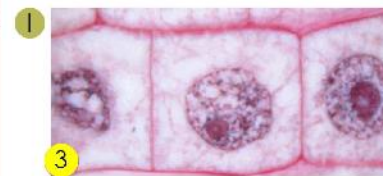
## Sumber gambar:

- 1 Campbell Biology 10th edition
- 2 McGraw-Hill Companies
- 3 Kent Wood
- 4 Steve Gschmeissner

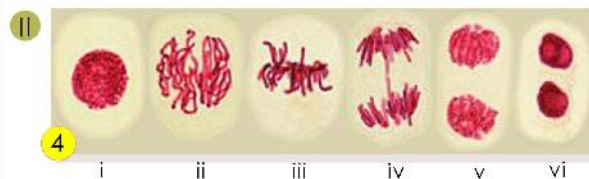
## Keterangan gambar:

- a. Kromatin
- b. Nukleolus
- c. Membran nukleus
  - c1. membran dalam
  - c2. membran luar
- d. Nukleoplasma
- e. Pori nukleus
- f. Ribosom terikat
- g. Lamina nukleus
- h. Retikulum endoplasma kasar
- i. Perinukleus

**Nukleus** dijumpai pada hampir semua sel eukariotik. Letak nukleus pada umumnya dapat diamati pada bagian tengah sel, namun ada juga nukleus yang letaknya di tepi sel misalnya pada sel adiposit (sel lemak). Letak nukleus dipengaruhi oleh aktivitas sel. Ukuran nukleus tergantung pada volume sel, jumlah DNA dan protein, serta berkaitan dengan perkembangan metabolisme sel. Kenampakan nukleus dalam sel tidak selalu sama, tetapi bergilir silih berganti berkaitan dengan persiapan pembelahan sel atau yang sering disebut siklus sel. Dalam siklus sel, terdapat 2 jenis penampilan nukleus yang berbeda, yaitu dalam bentuk interfase (gambar I; nukleus aktif dalam kegiatan metabolisme sel) dan bentuk mitosis (gambar II; ketika sel dalam proses pembelahan sel).



**nukleus pada fase interfase**  
penampilan nukleus yang pada umumnya sering terlihat



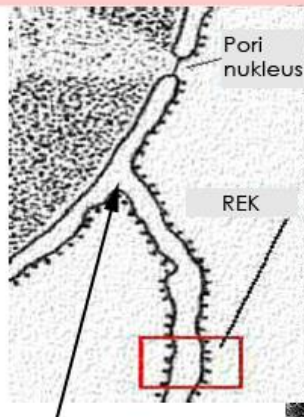
dari kiri ke kanan:  
i profase  
ii prometafase  
iii metafase  
iv anafase  
v telofase  
vi sitokinesis

# Membran Nukleus Dilihat dari Mikroskop Elektron Transmisi (TEM)

Sumber gambar:  
 1 Dr. Jeremy Burgess  
 2 Cnri

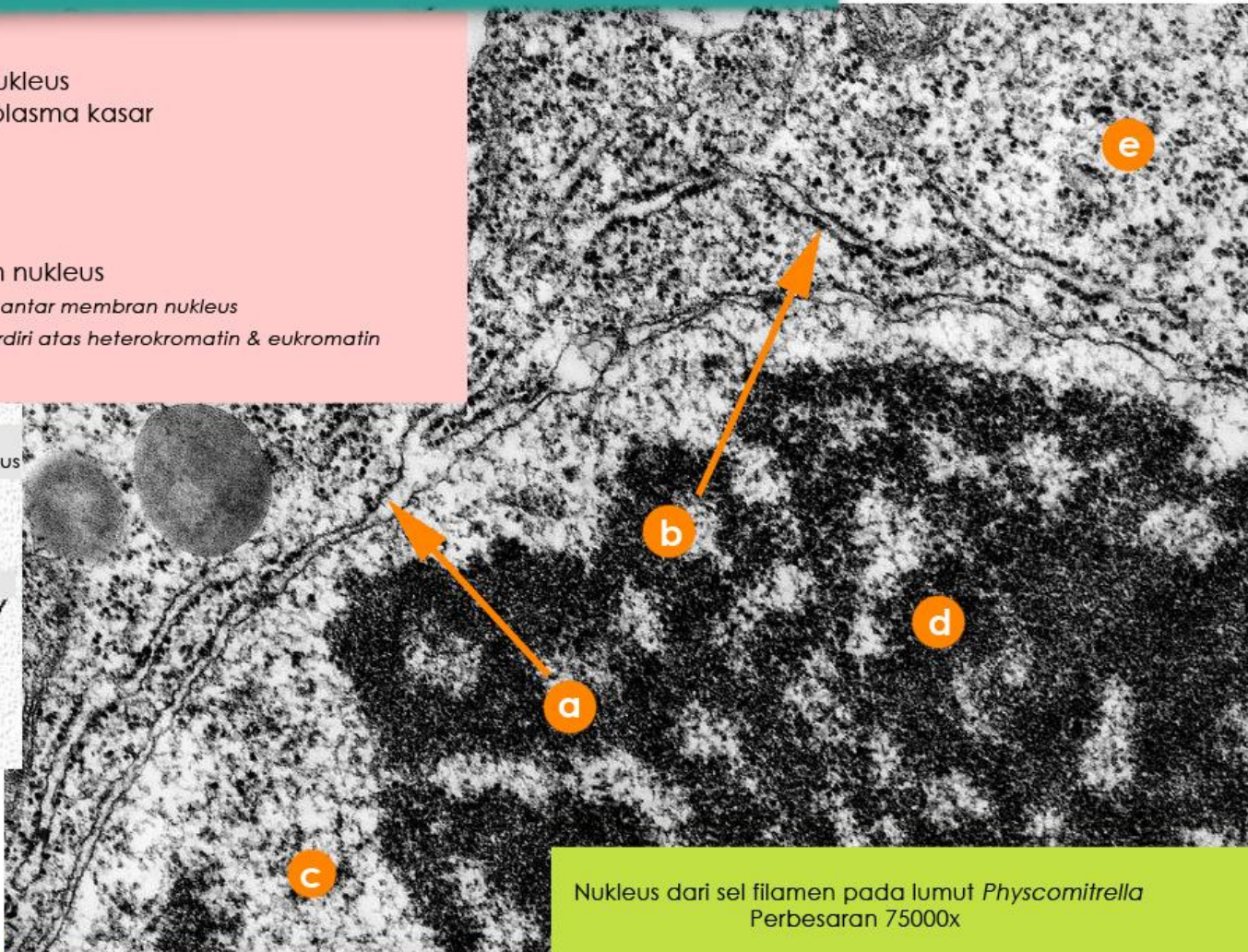
Keterangan:

- a. Membran luar nukleus
- b. Retikulum endoplasma kasar
- c. Eukromatin
- d. Heterokromatin
- e. Sitoplasma
- f. Pori nukleus
- g. Membran dalam nukleus
- i. Perinukleus *ruang antar membran nukleus*
- j. Nukleoplasma *terdiri atas heterokromatin & eukromatin*
- k. Ribosom



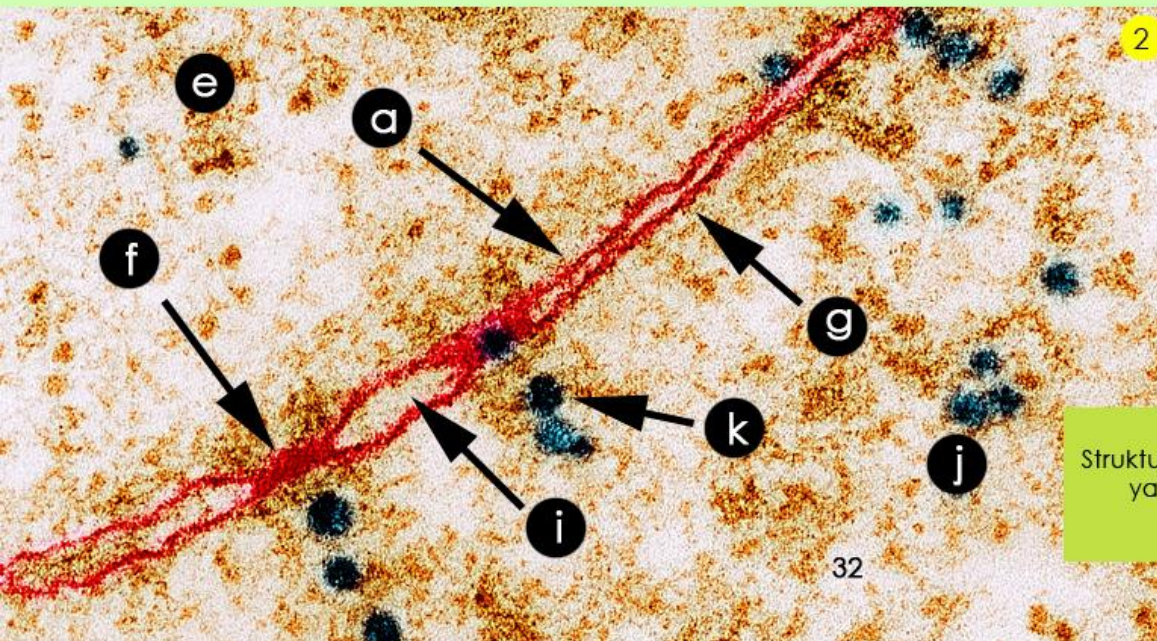
Membran sitosol nukleus berhubungan langsung dengan membran REK

1



Nukleus dari sel filamen pada lumut *Physcomitrella*  
 Perbesaran 75000x

Sitoplasma nukleus (nukleoplasma) dilindungi oleh membran ganda nukleus, yang terdiri atas membran dalam dan membran luar. Kedua membran tersebut dipisahkan oleh perinukelus (ruang sempit antar membran nukleus). Membran dalam nukleus disebut juga dengan membran nukleoplasma karena letaknya yang langsung berbatasan dengan nukleoplasma. Membran luar nukleus disebut membran sitosol karena letaknya yang langsung berbatasan dengan sitosol. Membran nukleus memiliki pori-pori yang disebut pori nukleus. Membran nukleoplasma berlapis anyaman setebal 10-20 nm, yang disebut dengan lamina nukleus. Membran sitosol berhubungan langsung dengan retikulum endoplasma kasar yang dilekati oleh ribosom. Pada membran sitosol juga terdapat filamen-filamen sitoskeleton yang menyebabkan nukleus berikatan dengan organel lainnya.



2

Membran nukleus selain berfungsi sebagai pembatas antara nukleus dengan sitosol, juga berfungsi sebagai sarana pengangkutan antar kompartemen karena adanya pori nukleus.

Struktur membran nukleus sama dengan struktur membran sel, yaitu masing-masing membran dalam dan luar tersusun atas lipid bilayer (fosfolipid bilayer).

Struktur membran nukleus dengan ribosom yang sedang melewati pori nukleus perbesaran 78000x

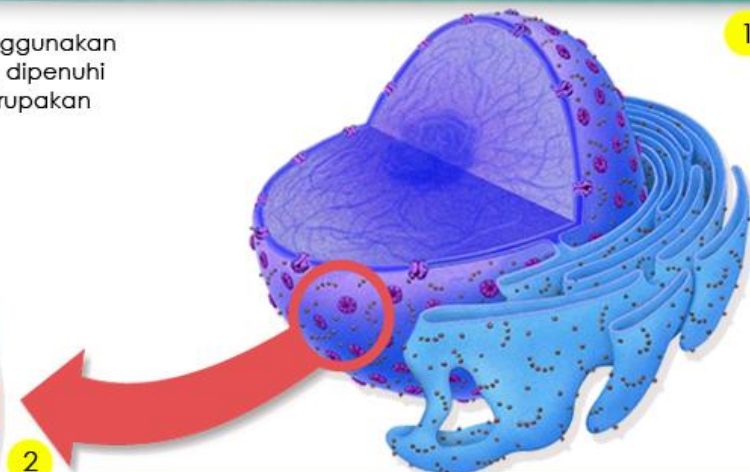
Sumber gambar:

- 1 Campbell Biology 10th Edition
- 2 Professors P. Motta & T. Naguro
- 3 Leica Microsystem
- 4 McGraw-Hill Companies
- 5 Molecular Biology of the Cell 4th Edition.

## Struktur Nukleus

# Struktur Pori Nukleus

Permukaan membran luar nukleus bila dilihat dengan menggunakan SEM menunjukkan permukaan membran luar nukleus yang dipenuhi oleh berbagai struktur yang menonjol. Struktur tersebut merupakan ribosom dan pori nukleus.



Keterangan:

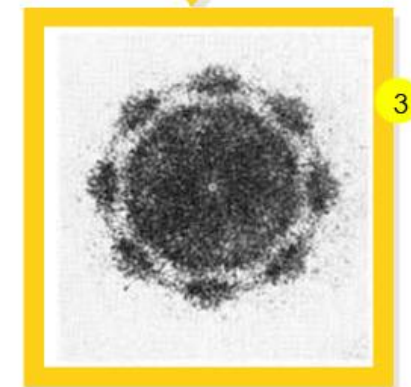
- a. Filamen sitoplasmik
- b. Cincin sitoplasmik
- c. Membran sitosol nukleus
- d. Membran nukleoplasma nukleus
- e. Pusat transporter
- f. Keranjang nukleus
- g. Cincin nukleus
- h. Jeruji cincin

Pori nukleus dapat ditemukan pada membran nukleus sel eukariotik. Pori ini terbentuk akibat dari menyatunya lipid bilayer membran nukleoplasma dan membran sitosol nukleus, sehingga membentuk sebuah saluran yang diikat oleh 30 protein berstruktur rumit (nukleoporin). Pori nukleus disebut Kompleks Pori Nukleus (*Nuclear Pore Complex*).

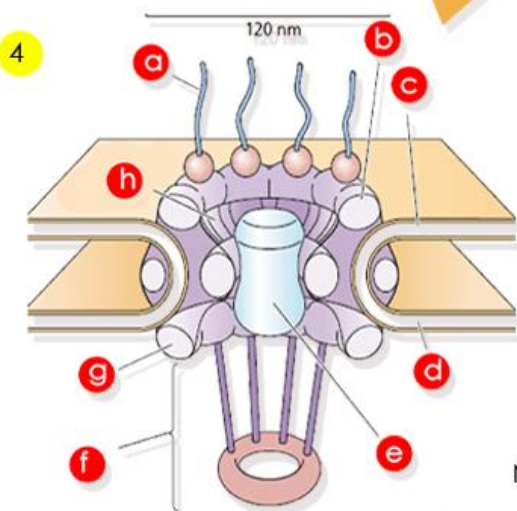
Masing-masing kompleks pori nukleus memiliki diameter 120 nm. Bila dilihat secara seksama, kompleks pori nukleus terlihat memiliki bentuk simetri 8 (oktagonal). Jumlah pori nukleus yang tersebar pada membran nukleus kurang lebih mencapai 10% dari luas permukaan nukleus, hal ini dipengaruhi oleh jenis sel dan aktivitas dari sel tersebut.

Pada mamalia, jumlah pori nukleus dapat mencapai 4.000 pori atau sekitar 10-20 pori per mikrometer persegi membran nukleus. Pori nukleus memudahkan pengangkutan bahan atau senyawa dari nukleoplasma menuju sitoplasma atau sebaliknya.

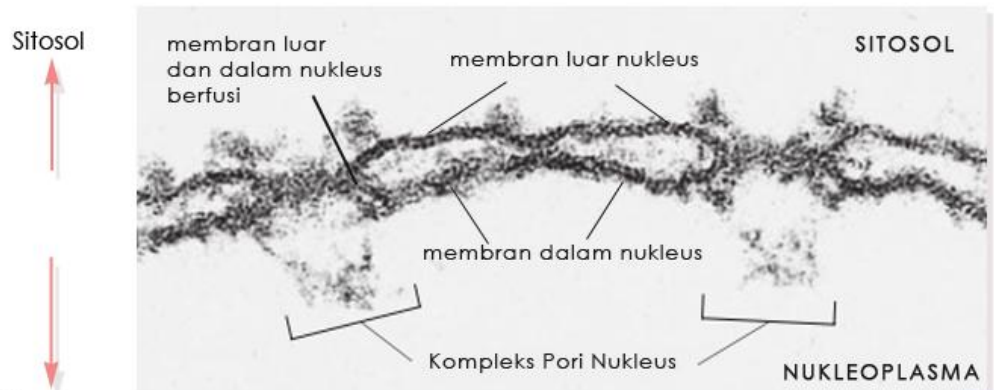
Sifat membran inti yang tak permeabel terhadap sebagian besar molekul membuat nukleus memerlukan pori nukleus agar molekul dapat bergerak melintasi membran. Pori nukleus bagaikan terowongan yang terletak pada membran nukleus yang berfungsi menghubungkan nukleoplasma dengan sitosol.



Pori nukleus bila dilihat dengan menggunakan TEM menunjukkan bentuk oktagonal. Tonjolan-tonjolan yang tampak mengelilingi adalah cincin sitoplasmik. Titik kecil yang terletak di tengah pori adalah pusat transporter.



Ilustrasi struktur pori nukleus dan bagian-bagiannya

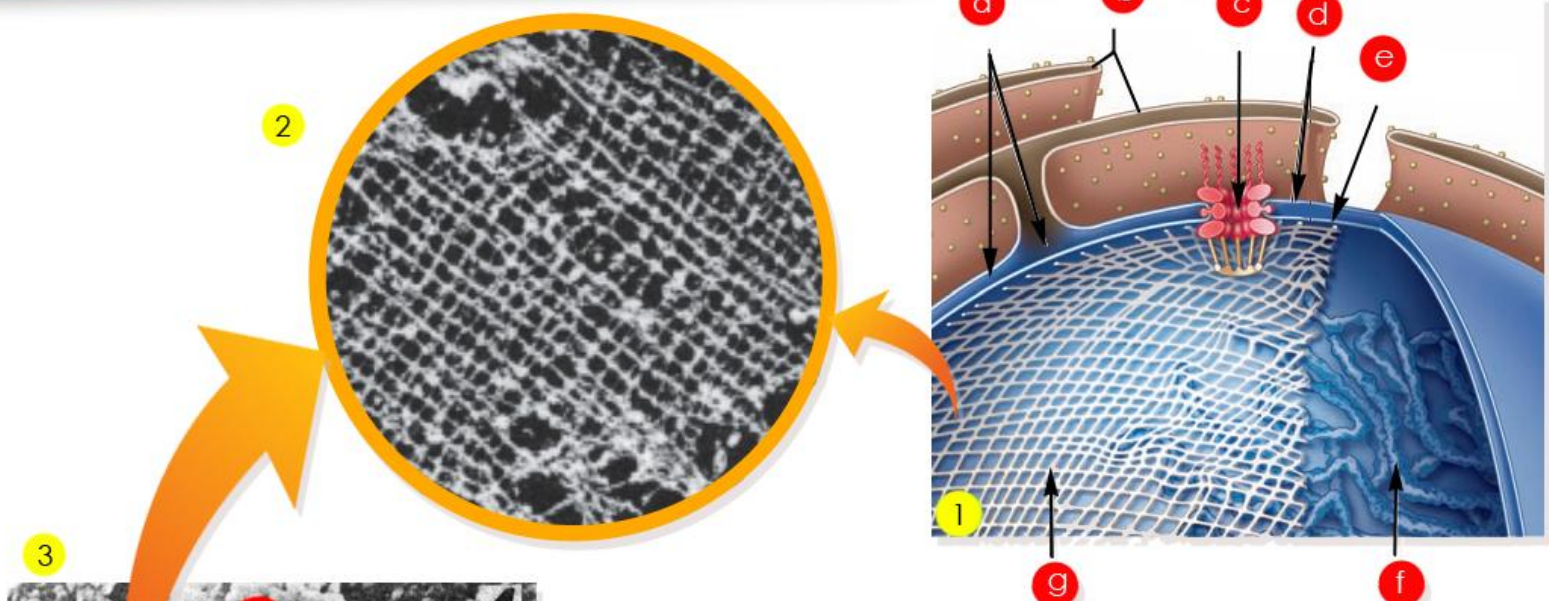


Gambar di atas merupakan struktur pori nukleus dan membran nukleus yang dilihat dari TEM. Terlihat kedua membran nukleus berfusi sehingga terlihat seperti menahan pori nukleus.



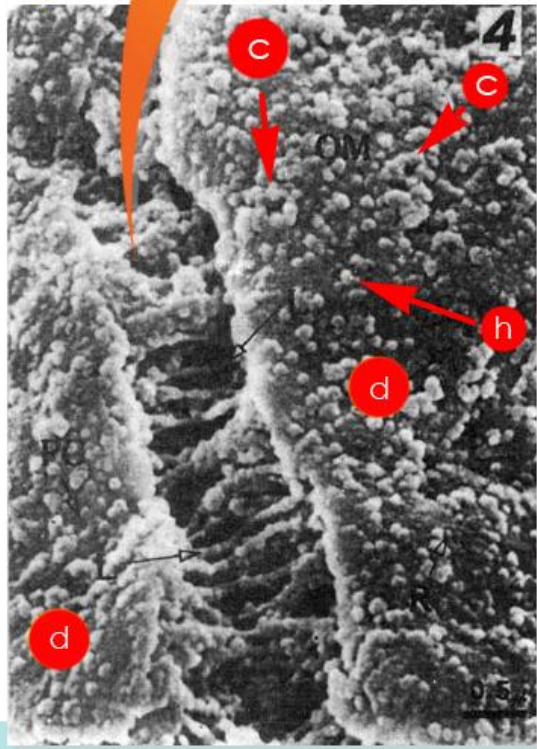
# Struktur Nukleus

## Struktur Lamina Nukleus



Gambar ilustrasi di atas menunjukkan bahwa membran dalam nukleus (membran nukleoplasma) dilapisi oleh struktur seperti anyaman yang letaknya berbatasan langsung dengan nukleoplasma

- Keterangan gambar:
- a. Perinukleus
  - b. Retikulum endoplasma kasar
  - c. Pori nukleus
  - d. Membran luar nukleus
  - e. Membran dalam nukleus
  - f. Kromatin
  - g. Lamina nukleus
  - h. Ribosom



Struktur permukaan nukleus (membran luar) bila dilihat lebih dekat dengan SEM. Pada membran luar nukleus terlihat ada banyak sekali tonjolan-tonjolan. Tonjolan-tonjolan tersebut adalah pori nukleus dan ribosom yang melekat pada membran luar nukleus. Pada bagian membran nukleus yang terbelah tampak seperti serat-serat. Serat-serat tersebut bila dilihat lebih dekat akan terlihat seperti anyaman. Anyaman tersebut dinamakan lamina nukleus.

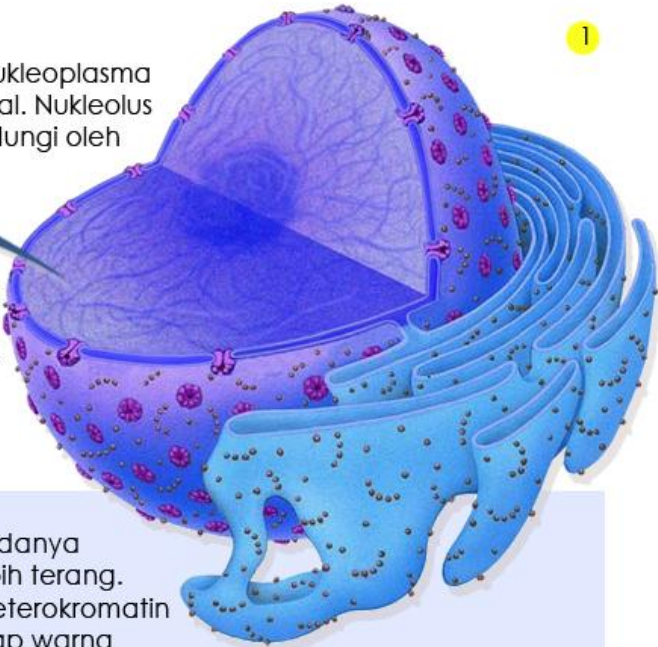
Lamina nukleus menjadi komponen esensial nukleus yang terdapat pada kelompok Metazoa (Kingdom Animalia). Lamina nukleus merupakan salah satu struktur sitoskeleton dalam nukleus yang memberi dukungan mekanis yaitu memberikan bentuk pada nukleus dan menjaga kestabilan membran nukleus. Struktur lamina nukleus sendiri berbentuk seperti anyaman-anyaman yang terbuat dari filamen intermediet. Pada mamalia, anyaman filamen intermediet ini bila diuraikan akan terbagi menjadi 3 jenis protein lamin, yaitu Lamin A, Lamin B, dan Lamin C. Untuk menunjang fungsinya sebagai penjaga kestabilan membran nukleus, protein-protein lamin ini berikatan dengan protein integral dan protein perifer yang dimiliki oleh membran dalam nukleus (membran nukleoplasma), selain itu protein lamin juga berikatan dengan kromatin. Mutasi pada protein lamin ini dapat menyebabkan beberapa penyakit atau kelainan pada manusia. Penyakit atau kelainan tersebut diantaranya adalah *Hutchinson-Gilford progeria*, suatu penyakit yang dapat menyebabkan seseorang mengalami penuaan dini seperti kebutakan, degenerasi kulit, otot, dan tulang, serta dapat menyebabkan penyakit jantung.

Sumber gambar:  
 1 The Cell 4th Edition  
 2 Becker's World of The Cell 8th Edition  
 3 Shui Hao, Alin Hu, Dezhang Jin, Mingda Jiao and Baiqu Huang

Sumber gambar:

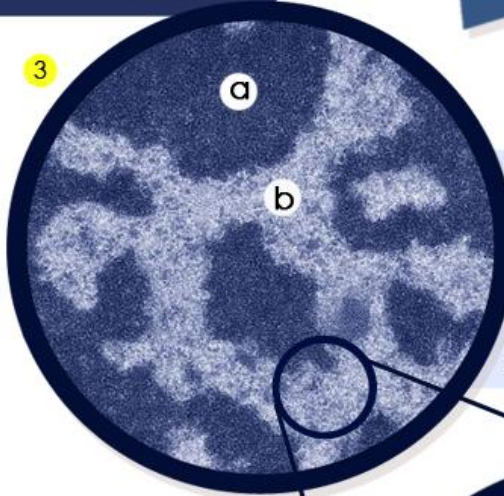
- 1 Campbell Biology 10th Edition
- 2 Campbell Biology 11th Edition
- 3 Steve Gschmeissner
- 4 Biology Pics

Nukleoplasma merupakan substansi transparan dan semi solid. Di dalam nukleoplasma terdapat materi genetik (DNA dan RNA), protein, dan garam-garam mineral. Nukleolus dan kromatin juga tersuspensi di dalam nukleoplasma. Nukleoplasma dilindungi oleh membran nukleus.

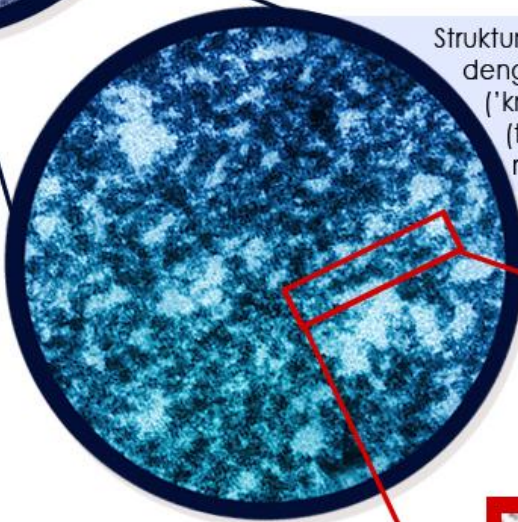


Ilustrasi nukleus pada sel eukariotik saat interfase

Keterangan:  
a. Heterokromatin  
b. Eukromatin

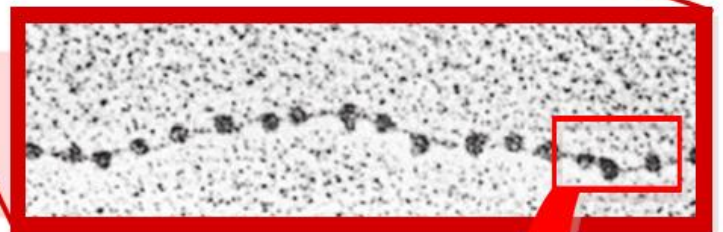


Nukleoplasma tahap interfase dilihat dari TEM menunjukkan adanya area gelap dan area yang lebih terang. Area gelap tersebut adalah heterokromatin (kromatin yang dapat menyerap warna dengan kuat karena terpadatkan/berkondensasi), sedangkan area terang merupakan eukromatin (kromatin yang kurang dapat menyerap warna).

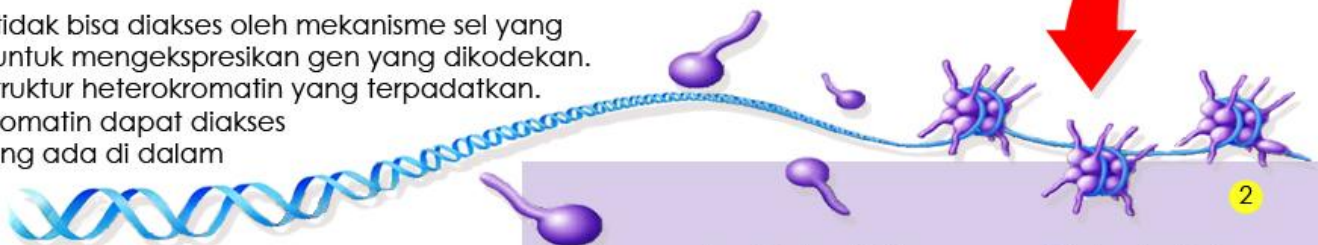


Struktur nukleoplasma sel pada tahap interfase bila dilihat dengan TEM lebih dekat menunjukkan struktur eukromatin ('kromatin sejati'), kromatin yang tidak begitu terpadatkan (tidak berkondensasi) dan letaknya lebih tersebar di nukleoplasma.

Eukromatin apabila diamati dengan TEM terdiri atas untaian manik-manik. Setiap manik-manik merupakan nukleosom. Manik-manik tersebut berdiameter 10 nm.



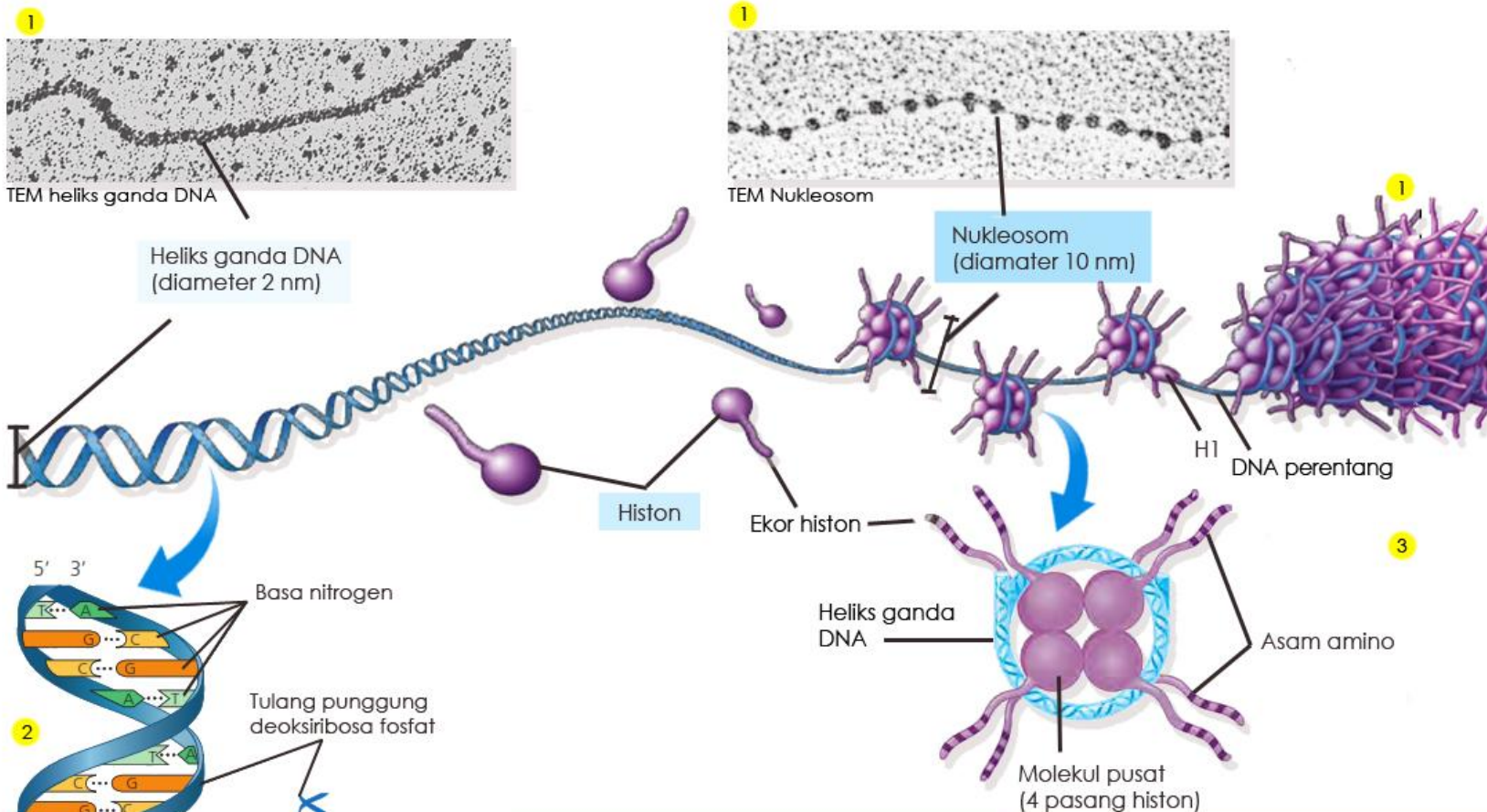
DNA heterokromatin tidak bisa diakses oleh mekanisme sel yang bertanggung jawab untuk mengekspresikan gen yang dikodekan. Ini disebabkan oleh struktur heterokromatin yang terpadatkan. Sedangkan DNA eukromatin dapat diakses sehingga gen-gen yang ada di dalam eukromatin dapat diekspresikan.



Nukleosom terdiri atas DNA yang melilit dua kali di sekeliling inti protein yang terdiri atas dua molekul, masing-masing molekul terdiri atas empat tipe histon.

# Pengemasan Kromatin dalam Kromosom Sel Eukariotik

Di dalam sel, DNA eukariotik berpasangan secara tepat dengan banyak protein. Kompleks DNA dan protein ini disebut kromatin. Kromatin bisa muat di dalam nukleus berkat sistem multitingkat pengemasan DNA yang rumit. Dalam sel interfase yang diwarnai untuk diamati dengan mikroskop cahaya, kromatin biasanya tampak sebagai massa gelap yang tersebar dalam nukleus, yang menunjukkan bahwa kromatin tampaknya terurai. Ketika sel bersiap-siap untuk mitosis, kromatinnya mengumpat dan menggulung (berkondensasi), akhirnya membentuk kromosom metafase yang pendek dan tebal dalam jumlah yang khas, yang dapat dibedakan satu sama lain bila dilihat dengan mikroskop cahaya.



## 1. DNA, Heliks ganda

Pita-pita diagram di atas merepresentasikan tulang punggung deoksiribosa fosfat dari dua untai DNA. DNA adalah molekul asam nukleat beruntai ganda dan berbentuk heliks yang tersusun atas monomer-monomer nukleotida dengan gula deoksiribosa.

Monomer nukleotida terdiri atas satu basa bernitrogen (A; adenin, G; guanin, C; sitosin, dan T; timin), satu gula deoksiribosa, dan satu gugus fosfat. A dan G disebut basa purin, sedangkan C dan T disebut basa pirimidin. A selalu berpasangan dengan T, dan G selalu berpasangan dengan C.

Heliks ganda disebut "tidak-kidal" karena meliuk ke kanan. Kedua untai DNA dihubungkan oleh ikatan nitrogen di antara basa-basa bernitrogen yang berpasangan di sebelah dalam heliks ganda.

## 2. Histon

Histon merupakan protein kecil dengan asam amino bermuatan positif yang berproporsi tinggi dan berikatan dengan DNA yang bermuatan negatif. Histon memainkan peranan kunci dalam struktur kromatin. Ujung amino (N-terminus) setiap histon (ekor histon) menjulur keluar dari nukleosom. Pada saat replikasi DNA terjadi, histon akan meninggalkan DNA.

Nukleosom tersusun dari oktamer histon (4 pasang histon) yang disebut molekul pusat dan dililit oleh DNA. 8 buah histon pembentuk oktamer masing-masing terdiri

atas 1 pasang H2A, H2B, H3, dan H4. H1 tidak berada di pusat melainkan pada DNA perentang yang terjulur antara dua buah nukleosom. H1 berfungsi untuk mengunci pilinan DNA, apabila H1 dihilangkan maka pilinan DNA akan cenderung lepas. Kesatuan antara molekul pusat, DNA perentang, dan H1 disebut mononukleosom.

## 3. Nukleosom

Kromatin yang tidak menggulung memiliki diameter 10 nm. Kromatin menyerupai manik-manik yang dironce. Setiap manik-manik merupakan nukleosom, unit dasar pengemasan DNA. DNA yang menghubungkan antar nukleosom dinamakan DNA perentang atau DNA penaut (*linker DNA*).

Sumber gambar:

- 1 Campbell Biology 11th Edition
- 2 Campbell Biology 10th Edition
- 3 Campbell Biology 9th Edition
- 4 Adrian T Sumner
- 5 Spl

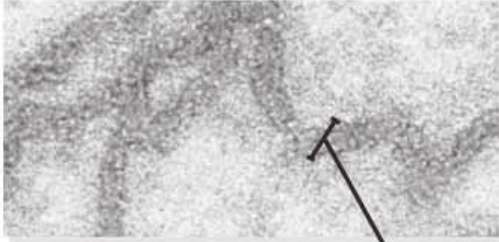
SEM kromosom manusia no.1  
tipe kromosom metasentrik  
perbesaran 16800x

Sentromer

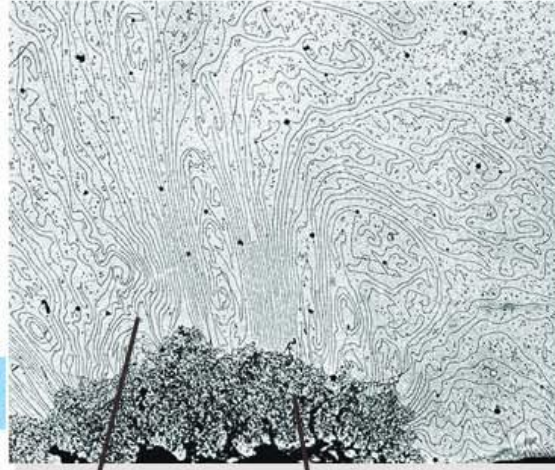
Lengan kromosom

4

1  
TEM Solenoid



1  
TEM domain berkelok



Solenoid  
(serat 30 nm)

Kelokan

Perancah

Serat 300 nm

Kromosom hasil replikasi  
(1.400 nm)

Kromatid saudara

1

#### 4. Serat 30 nm (solenoid)

Tingkat pengemasan berikutnya disebabkan oleh interaksi antara ekor-ekor histon salah satu nukleosom dan DNA perentang serta nukleosom di sisi lain. H1 terlibat dalam proses ini. Interaksi-interaksi ini menyebabkan serat 10 nm yang membentang menjadi terkumpul atau tergulung, membentuk serat kromatin setebal 30 nm, atau yang dikenal dengan nama solenoid.

Solenoid memiliki dua domain, yaitu kelokan dan perancah. Kelokan solenoid melekat ke lamina nukleus dan diperkirakan juga berlekatan dengan serat-serat matriks nukleus (nukleoskeleton). Perlekatan ini membantu mengorganisasi wilayah-wilayah kromatin tempat gen-gen aktif. Kromatin dari masing-masing kromosom menempati wilayah yang terbatas dan spesifik di dalam nukleus interfase. Kromatin dari kromosom yang berbeda tidak akan saling membelit.

#### 5. Domain berkelok dan serat 300 nm

Serat 30 nm (solenoid) membentuk kelokan-kelokan yang disebut domain berkelok (*looped domain*) yang melekat ke perancah kromosom, sehingga membentuk serat 300 nm.

#### 6. Kromosom metafase

Dalam kromosom mitotik, domain berkelok mengumpat dan menggulung lagi sehingga kromatin makin memadat, membentuk kromosom metafase khas seperti gambar di samping. Lebar sebuah kromatid adalah 700 nm.

Kromatid (700nm)

Sentromer

p arm (lengan pendek)

q arm  
(lengan panjang)

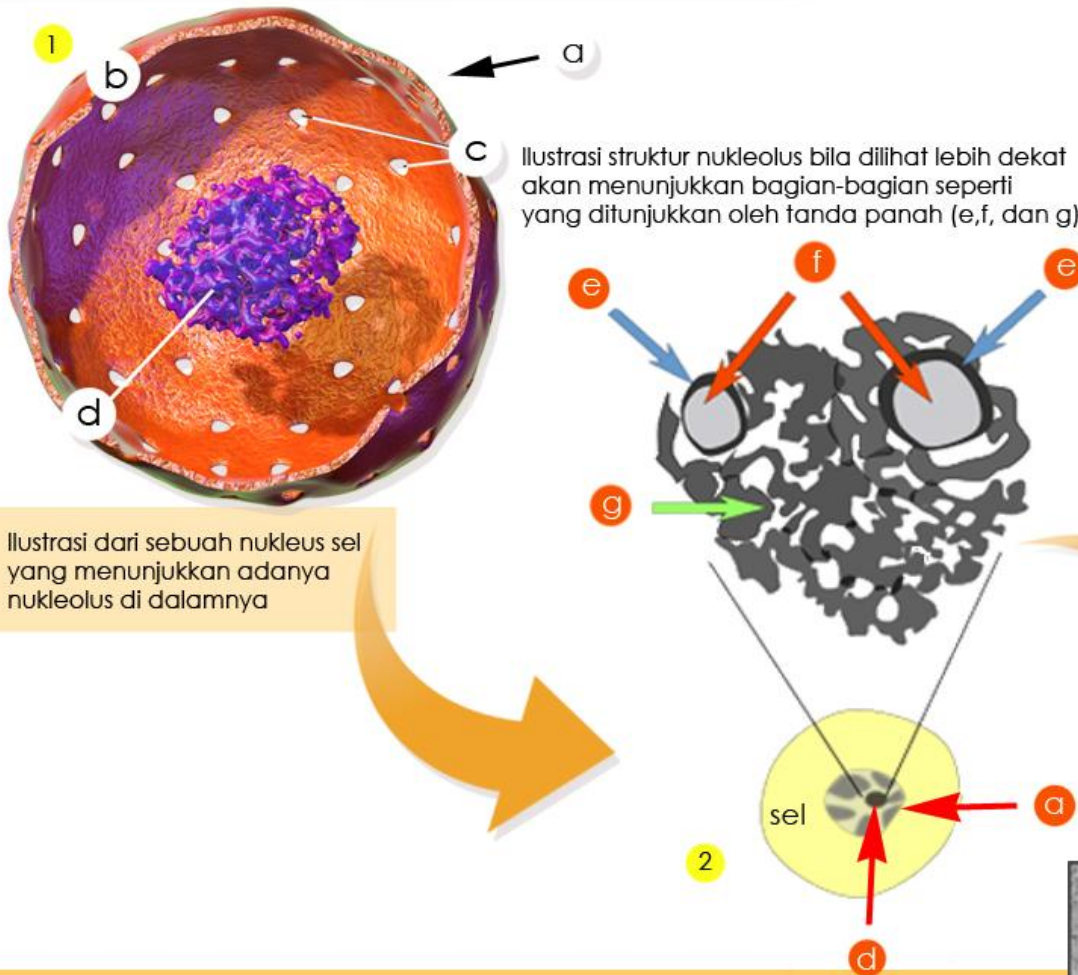
5

SEM dari kromosom manusia no.10  
tipe kromosom submetasentrik  
perbesaran 25000x

# Struktur Nukleolus

Sumber gambar:

- 1 Blausen.com staff (2014)
- 2 Atlas of Plant and Animal Histology- University of Vigo
- 3 Becker's World of The Cell 8th Edition



Ilustrasi dari sebuah nukleus sel yang menunjukkan adanya nukleolus di dalamnya

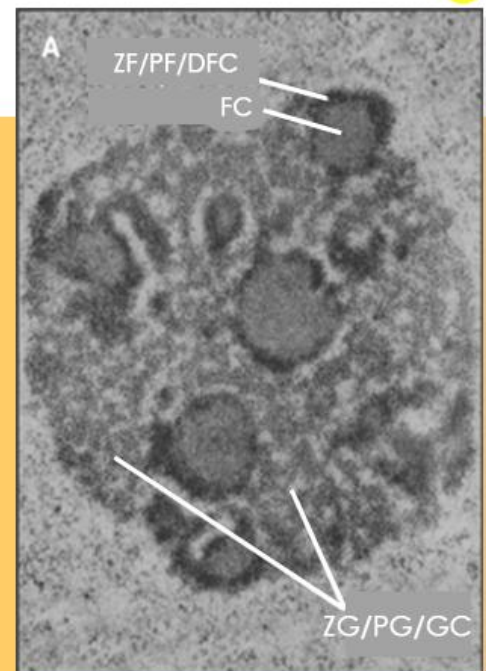
Ilustrasi struktur nukleolus bila dilihat lebih dekat akan menunjukkan bagian-bagian seperti yang ditunjukkan oleh tanda panah (e, f, dan g)

- Keterangan gambar:
- a. Nukleus
  - b. Membran nukleus
  - c. Pori nukleus
  - d. Nukleolus
  - e. Zona fibrilar (ZF); *Dense Fibrillar Component (DFC); Pars Fibrosa (PF); Nucleolema*
  - f. Pusat fibrilar (PF); *Fibrillar Center (FC)*
  - g. Zona granular (ZG); *Granular Component (GC); Pars Granulosa (PG)*

**Nukleolus** adalah butiran bersifat asam yang terletak di dalam nukleus. Jumlah nukleolus bervariasi ada yang 1, 2, atau 3 tergantung pada spesiesnya. Ukuran nukleolus juga sebanding dengan aktivitas sel. Sel yang aktif beraktivitas seperti sel neuron (sel saraf), sel oosit, dan sel sekretori, memiliki nukleolus dengan ukuran yang relatif lebih besar dibandingkan dengan sel yang tidak aktif beraktivitas. Komposisi penyusun nukleolus adalah protein fosfat, t-RNA, fosfatase, nukleotida fosforilase DNA, dan nukleotida.

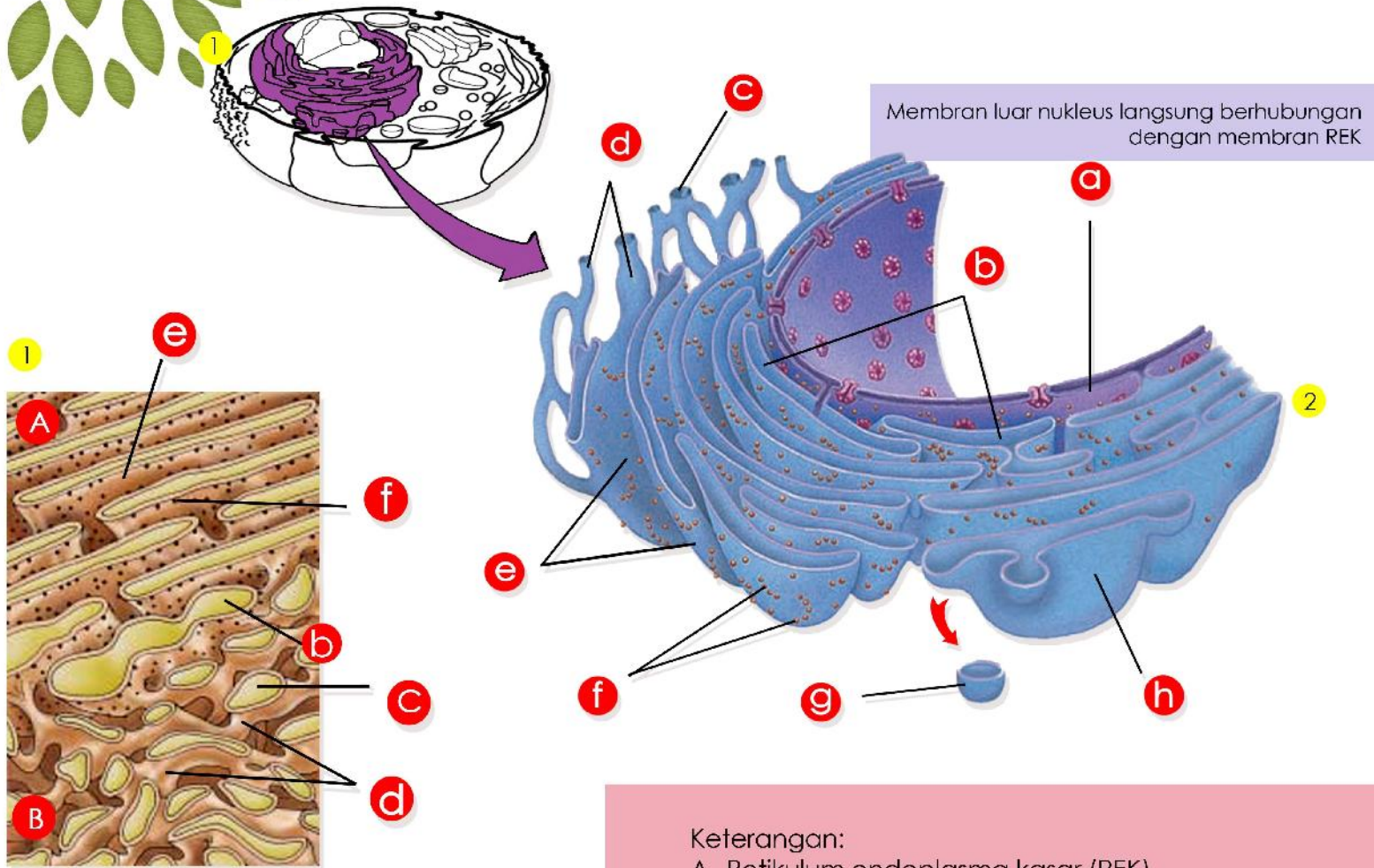
Struktur nukleolus tersusun atas:

1. *Fibrillar Centers (FC)* atau pusat fibrilar  
Tersusun atas DNA yang tidak aktif, dimana DNA tersebut tidak ditranskripsikan. Pusat fibrilar merupakan lokasi NORs (*Nucleolus Organizer Regions*) yaitu daerah DNA yang membawa berbagai salinan gen rRNA. FC juga tempat gen rRNA diekspresikan.
2. *Pars Fibrosa (PF)/Zona fibrilar (ZF)/Dense Fibrillar Component (DFC)/Nucleolema*  
Tersusun atas serabut-serabut berukuran 5 nm yang mengelilingi FC, mengandung DNA transkripsi aktif dan prekursor rRNA yang sedang ditranskrip (tempat pembentukan rRNA).
3. *Pars Granular (PG)/Granular Component (GC)/ Zona Granular (ZG)*  
Tersusun atas partikel prekursor ribosom yang telah siap untuk dirakit menjadi subunit ribosom (tempat dimana protein ribosom dan rRNA dirakit menjadi subunit ribosom).



Fungsi dari nukleolus adalah membuat ribosom. Ribosom diperlukan dalam sintesis protein. Nukleus yang sedang melakukan proses sintesis protein akan memiliki nukleolus yang ukurannya jauh lebih besar.

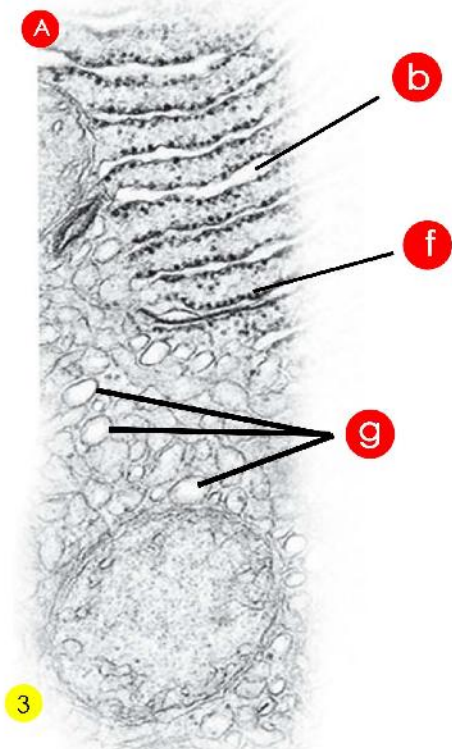
# Struktur Retikulum Endoplasma



## Keterangan:

- A. Retikulum endoplasma kasar (REK)
- B. Retikulum endoplasma halus (REH)
- a. Membran nukleus
- b. Lumen REK
- c. Lumen REH
- d. Tubulus bentuk REH seperti pipa dengan diameter kecil
- e. Sisterna
- f. Ribosom terikat
- g. Vesikel

Retikulum endoplasma (RE) terdiri atas tubulus-tubulus, vesikel, dan sisterna yang menempati ruang kosong sitoplasma. Membran RE merupakan membran tunggal, bersifat kontinu dan tidak terputus, serta tertutup membentuk lumen yang memisahkan dari lingkungan sitoplasma. Membran RE juga relatif lebih tipis dibandingkan membran sel. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan komposisi molekulnya. Membran RE kandungan proteinnya lebih tinggi daripada kandungan lipidnya, selain itu kadar kolestrolnya lebih rendah dari membran sel sehingga menyebabkan membran RE sifatnya lebih stabil dan kental.



Struktur REK dan vesikel dilihat dengan menggunakan mikroskop elektron transmisi (TEM) perbesaran 26500x

## Sumber gambar:

- 1 The Science of Biology 7th Edition
- 2 Campbell Biology 10th Edition
- 3 Campbell Essential Biology with Physiology 4th Edition
- 4 Steve Gschmeissner
- 5 Pearson Education 2012

RE terdiri dari dua bentuk yaitu 1) RE kasar atau RE granular. Disebut RE kasar karena pada permukaan membran luarnya ditempeli ribosom. 2) RE halus atau RE agranular. Disebut RE halus karena permukaan luar membrannya tidak ditempeli oleh ribosom.

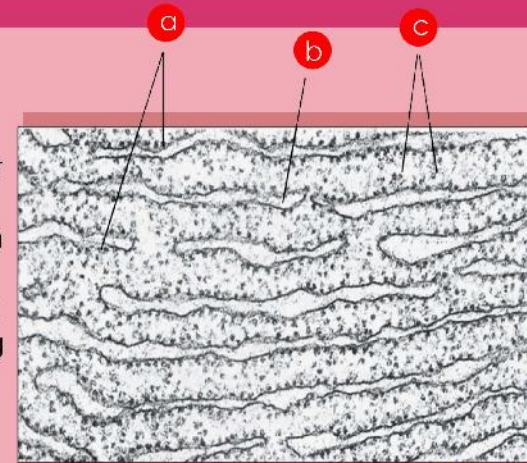
## Retikulum Endoplasma Kasar

Pada permukaan luar membran REK terdapat butir-butir ribosom. Ribosom yang menempel pada REK strukturnya sama dengan ribosom yang terdapat di sitosol. Subunit besar ribosom menempel pada membran RE sedangkan ribosom subunit kecil bebas di sitosol. Hasil sintesis protein pada ribosom akan disimpan dalam lumen REK melalui lubang yang terdapat pada membran REK. Nantinya, protein (polipeptida) yang dihasilkan dari sintesis protein akan diangkut ke badan golgi, dengan cara melepaskan gelembung-gelembung kecil (mikrovesikel). Mikrovesikel sudah tidak memiliki ribosom pada permukaan luarnya.

Masing-masing ruangan REK mempunyai bentuk dan ukuran yang berbeda, sehingga dapat dibedakan menjadi 3 jenis:

- 1) Sisterna. Berbentuk ruangan gepeng, yang kadang tersusun berlapis-lapis dan saling berhubungan.
- 2) Tubulus. Berbentuk seperti pipa-pipa kecil yang saling berhubungan.
- 3) Vesikuler. Berbentuk sebagai gelembung-gelembung berlapis. Vesikel ini bertunas dari wilayah REK. Wilayah tersebut dinamakan RE transisional.

Fungsi dari REK adalah tempat melekatnya ribosom terikat, tempat membuat protein sekresi, dan tempat penyimpanan sementara protein hasil sintesis protein.



REK dilihat dengan TEM  
Keterangan:  
a. Membran REK dilekati oleh ribosom  
b. REK  
c. Ribosom bebas di sitosol

5

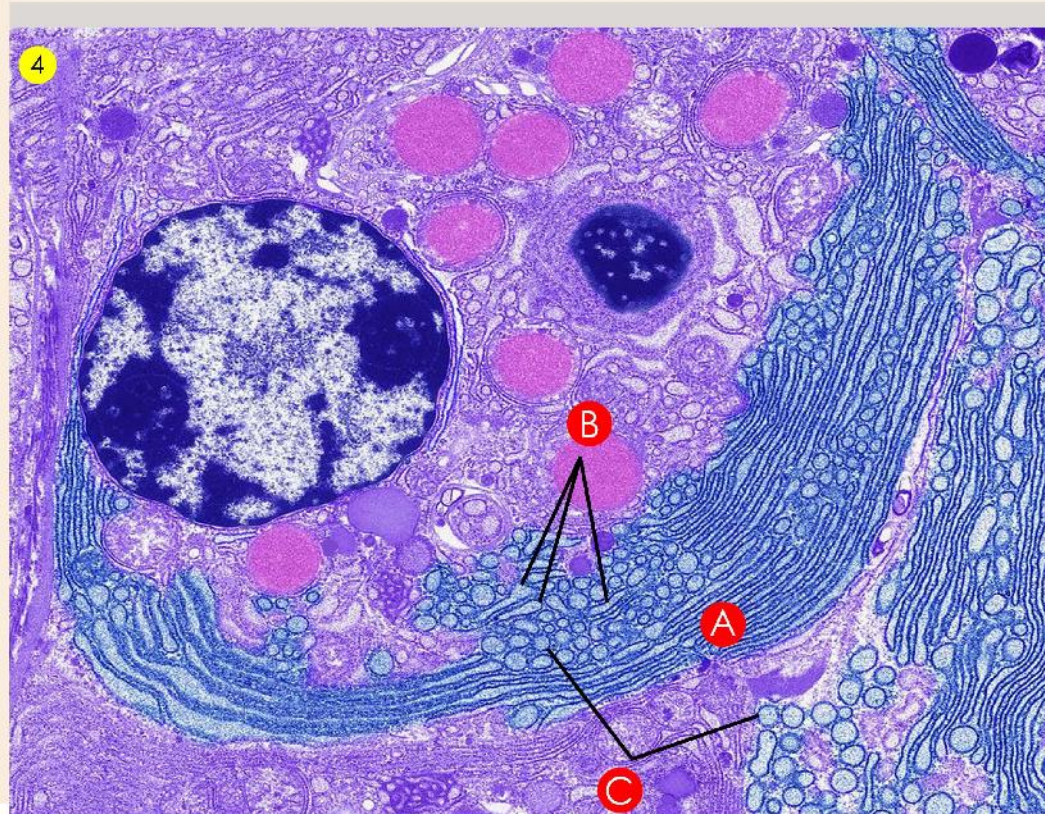
## Retikulum Endoplasma Halus

Perbedaan struktur REK dengan REH yaitu:

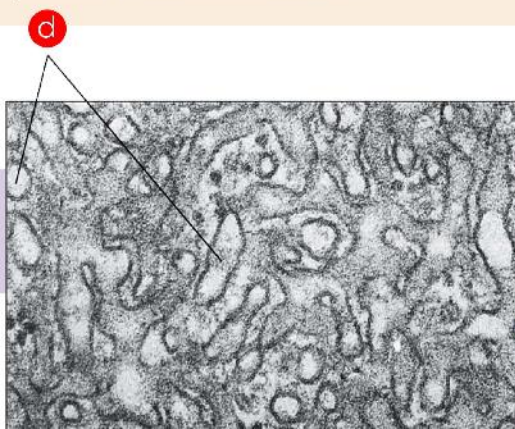
- 1) REH tidak memiliki ribosom pada permukaan membrannya
- 2) Sebagian besar REH berbentuk tubulus yang saling beranyaman

Fungsi REH bermacam-macam, tergantung pada tugas sel yang bersangkutan, namun tidak ada sangkut pautnya dengan sintesis protein. Fungsi REH yaitu:

- 1) Detoksifikasi racun dan pembentukan glikogen dalam hepar
- 2) Sintesis lipid, kolesterol, dan hormon steroid, serta berhubungan dengan metabolisme lipid
- 3) Metabolisme mineral
- 4) Transportasi lipid pada sel epitel usus
- 5) Menyimpan ion kalsium



Struktur RE pada sel pankreas dilihat dengan TEM pada perbesaran 11000x. Struktur berlabel A adalah REK, struktur berlabel B adalah REH, dan struktur berlabel C adalah vesikel.



REH dilihat dengan TEM  
Keterangan:  
d. REH

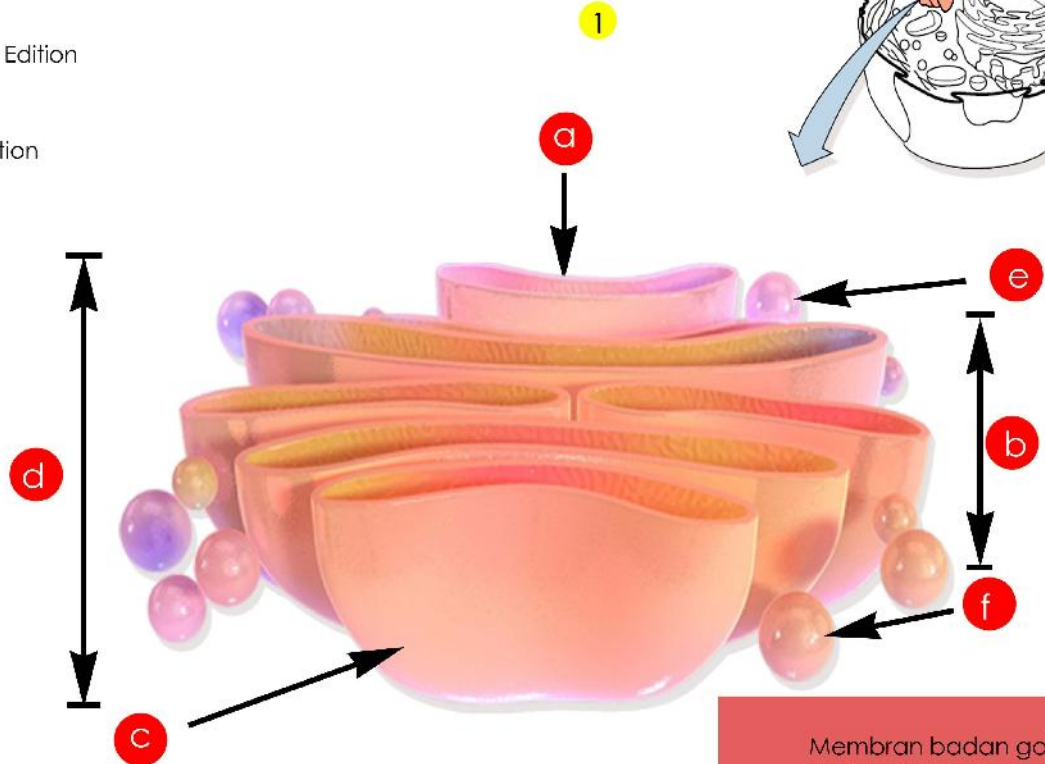
5

# Struktur Badan Golgi (Kompleks Golgi)

Sumber gambar:

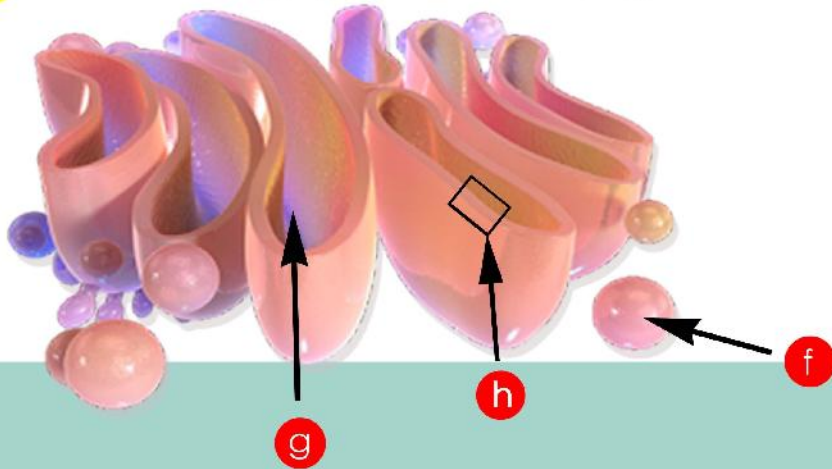
- 1 The Science of Biology 7th Edition
- 2 Trendyworks LLC
- 3 Science Source
- 4 Campbell Biology 10th Edition

2.1



Membran badan golgi merupakan membran tunggal yang komponen penyusunnya sama seperti membran sel

## 2.2 Struktur badan golgi dilihat dari samping



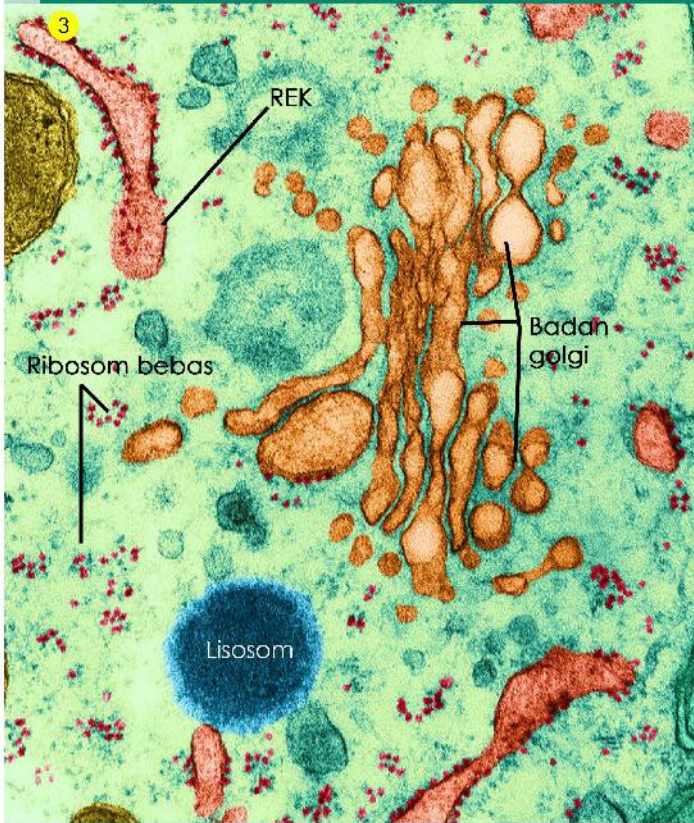
Keterangan:

- a. Daerah penerimaan (cis face)
- b. Sisterna median
- c. Daerah pelepasan (trans face)
- d. Kompleks golgi
- e. Vesikel transport
- f. Vesikel sekretori
- g. Lumen sisterna
- h. Membran sisterna

Bila diamati dengan mikroskop elektron, badan golgi tampak tersusun atas gelembung-gelembung berinding membran dengan berbagai bentuk dan ukuran. Permukaan membran luarnya tidak dilekati oleh ribosom. Gelembung badan golgi dibedakan 3 macam bentuk, yaitu:

- 1) Sisterna atau sakula. Gelembung berbentuk gepeng seperti cakram yang tersusun bertumpuk-tumpuk dan dipisahkan oleh celah sempit. Bentuk kedua permukaan masing-masing sisterna tidak sama, yang satu cembung dan permukaan lainnya cekung. Bagian ujung sisterna tampak menggelembung. Bagian sisterna yang menggelembung tersebut sebagian dilepaskan menjadi vesikel sekretori. Permukaan sisterna yang cekung juga melepaskan vesikel.
- 2) Vesikel sekretori. Gelembung ini merupakan bagian dari sisterna yang terdapat di ujung.
- 3) Vesikel transport atau vesikel transfer atau mikrovesikel. Gelembung kecil berdiameter 40 nm dan berasal dari REK yang dilepaskan dan bergerak ke arah sisi cis hingga bersatu dengan membran sisterna.





Struktur badan golgi yang dilihat dari TEM dengan perbesaran 12000x. Masing-masing sisterna badan golgi memiliki kandungan enzim yang berbeda. Organel lainnya yang dapat dilihat adalah ribosom bebas, REK, dan lisosom.

Semua sel eukariotik memiliki badan golgi, karena organel ini dibutuhkan pada tahap akhir sintesis sejumlah protein setelah dimulainya penyusunan rantai polipeptida dalam lumen RE.

Badan golgi sebagai pusat pembuatan, penggudangan, pemilahan, dan pengiriman hasil sintesis protein terlibat dalam berbagai aktivitas sel, diantaranya yaitu 1) glikosilasi, 2) menyiapkan sekret untuk sekresi sel, 3) reparasi membran sel, 4) pembentuk senyawa penyusun dinding sel.

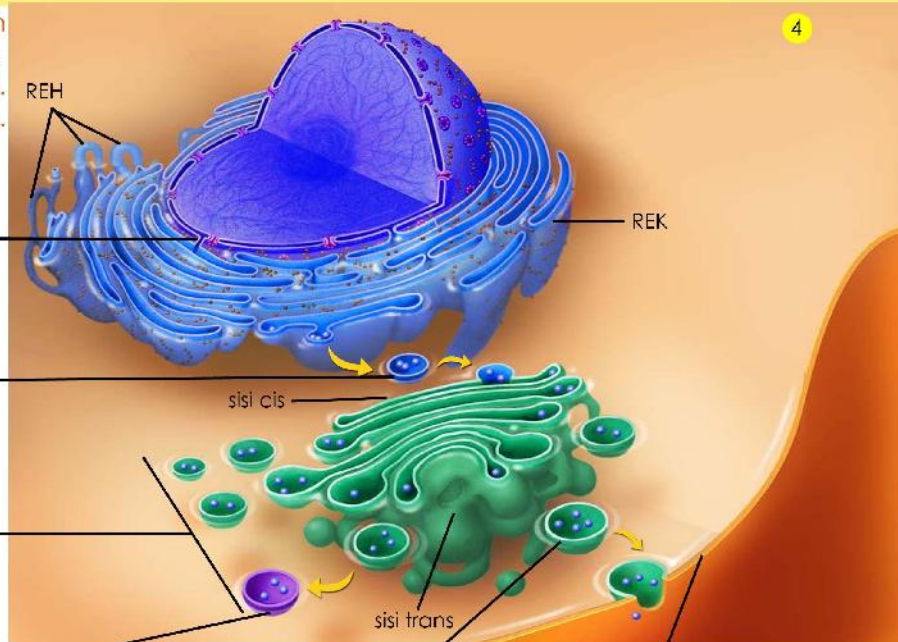
Setelah protein yang disintesis oleh ribosom terikat terbentuk, selanjutnya protein tersebut akan ditampung di dalam lumen REK. Kemudian bagian ujung REK tersebut akan kehilangan butir-butir ribosomnya. Bagian ini kemudian akan melepaskan diri menjadi vesikel transfer yang akan bergerak ke arah tumpukan sisterna badan golgi dan menyatukan diri sehingga isi yang terkandung dalam vesikel akan bercampur dengan isi sisterna badan golgi. Penyatuan vesikel transfer dengan sisterna didahului dengan peleburan membran vesikel dan membran sisterna badan golgi pada sisi cis.

Sebelum isi sisterna diangkut oleh vesikel sekretori, isi tersebut mengalami perubahan-perubahan menjadi lebih pekat.

## Sistem Endomembran

Sistem endomembran adalah kumpulan membran di dalam eukariotik, berhubungan melalui kontak fisik langsung atau melalui transfer vesikel. Mencakup RE, badan golgi, lisosom, dan vakuola.

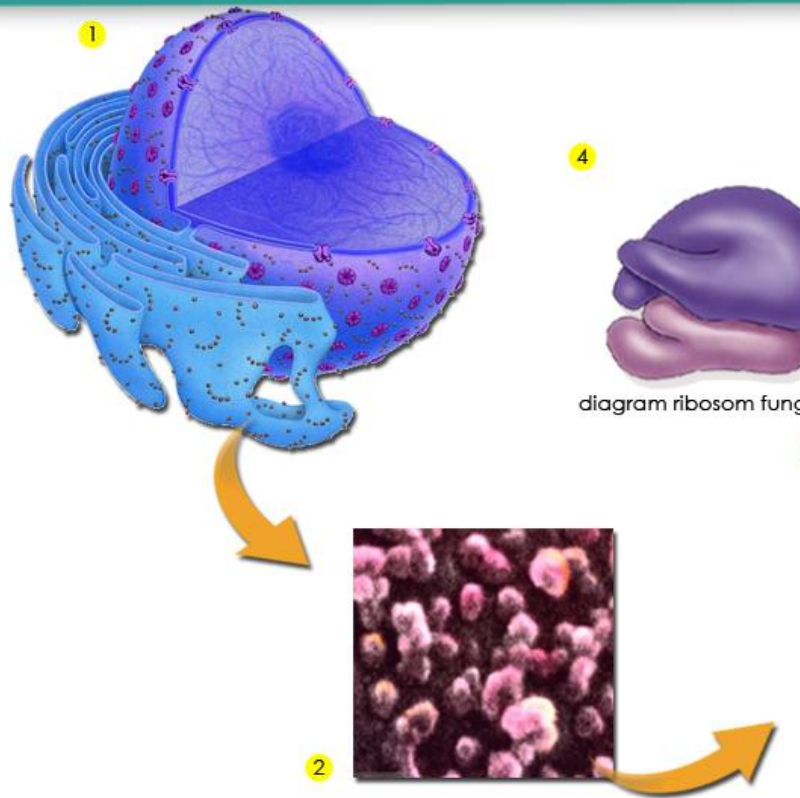
- 1 Membran nukleus terhubung dengan REK. REK bersambungan dengan REH.
- 2 Protein yang dihasilkan oleh RE dikemas dalam bentuk vesikel yang kemudian ditransport ke badan golgi.
- 3 Golgi melepaskan vesikel transport dan berbagai vesikel lain. Vesikel ada yang menjadi lisosom, vesikel terspesialisasi, dan vakuola.



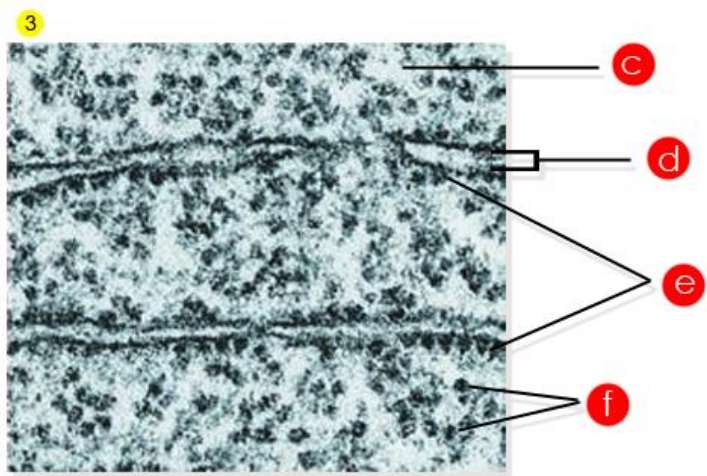
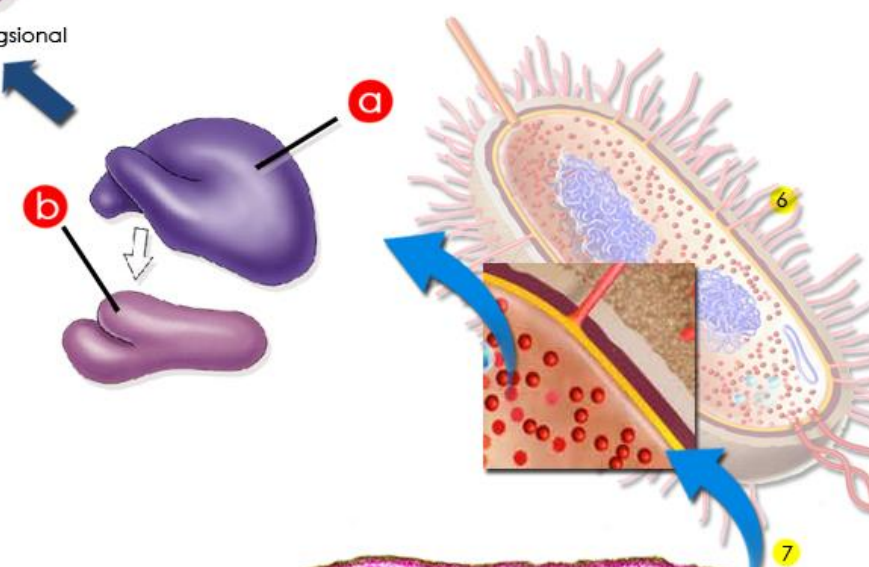
- 4 Lisosom siap untuk berfusi dengan vesikel lain untuk pencernaan.
- 5 Vesikel sekretori membawa protein ke membran sel untuk disekresikan.
- 6 Membran sel mengembang berkat fusi vesikel.

Pelepasan isi vesikel sekretori dikeluarkan sel melalui proses eksositosis. Eksositosis didahului oleh penyatuan membran vesikel dan membran sel. Saat membran vesikel dan membran sel berfusi (bersatu), maka membran vesikel telah menjadi bagian dari membran sel. Apabila eksositosis terus berlangsung, maka akan terjadi pertambahan luas membran sel. Namun, pertambahan ini hanya selintas saja, karena pada waktu yang bersamaan terjadi pengurangan membran sel melalui endositosis. Dengan demikian terjadi pendauran membran sel melalui transportasi vesikel dari badan golgi ke permukaan sel dan sebaliknya.

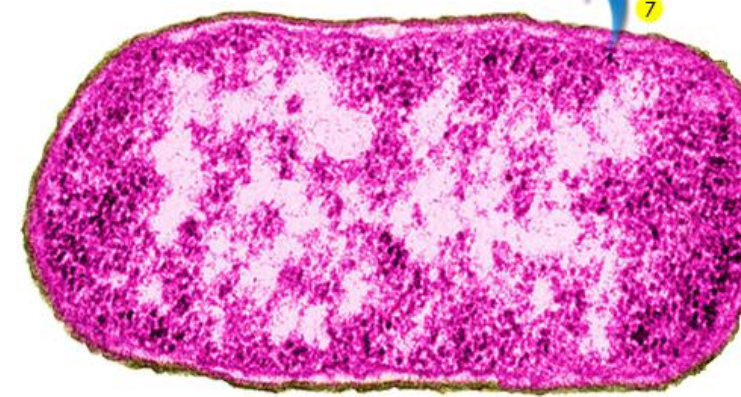
# Struktur Ribosom Eukariotik dan Prokariotik



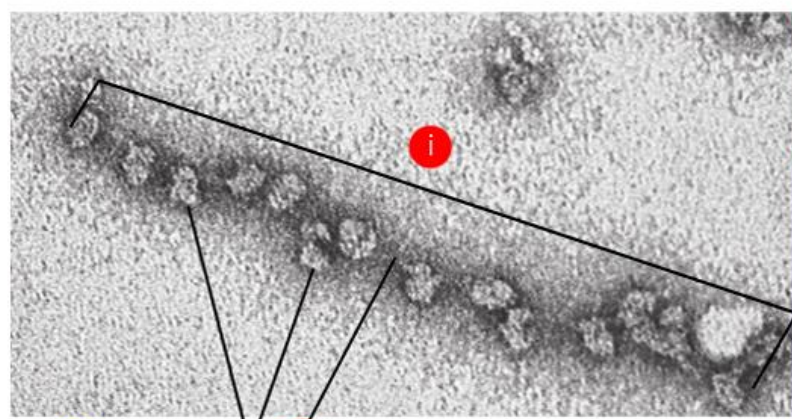
- Keterangan :
- a. Ribosom subunit besar
  - b. Ribosom subunit kecil
  - c. Sitosol
  - d. REK
  - e. Ribosom terikat
  - f. Ribosom bebas
  - g. Ribosom
  - h. mRNA
  - i. Poliribosom



TEM menunjukkan RE dan ribosom pada sel eukariotik. Ribosom melekat pada permukaan luar RE sehingga disebut ribosom terikat.



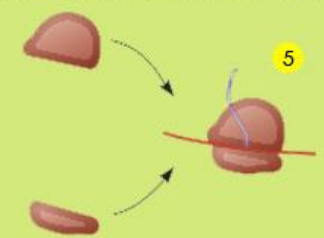
TEM menunjukkan ribosom sel bakteri E. coli (titik-titik hitam). Pada sel prokariotik ribosom terdapat bebas di sitosol. Ukuran ribosom sel bakteri berkisar 16x18 nm dan mengandung sekitar 80-85% RNA bakteri.



TEM dari poliribosom dalam sel bakteri

Beberapa buah ribosom terkadang berkumpul membentuk lingkaran-lingkaran kecil yang disebut polisom atau poliribosom.

Pada bakteri maupun eukariota, subunit besar dan kecil akan bergabung menjadi ribosom fungsional hanya saat ribosom melekat ke molekul mRNA (proses inisiasi translasi - penggabungan mRNA, tRNA inisiasi, dan subunit kecil ribosom yang kemudian diikuti oleh subunit besar ribosom).



# Struktur Ribosom Eukariotik dan Prokariotik

Sumber gambar: 1 Campbell Biology 10th Edition 2 Professors P. Motta & T. Naguro 3 Campbell Biology 11th Edition 4 Biology 6th Edition 5 Campbell Biology 11th Edition 6 Microbiology An Introduction 10th Edition 7 Biology Pics 8 Campbell Biology 11th Edition 9 Fvoigtsh 10 Vossman

Pada organisme eukariota, ribosom dibuat di nukleolus. Secara umum, ribosom memiliki bentuk globular, dengan diameter sekitar 250 - 350 nm. Ribosom terdiri atas dua bagian yang tidak sama besar, yaitu subunit besar dan subunit kecil. Ribosom terbuat dari RNA ribosom (rRNA) dan protein.

Fungsi ribosom yaitu melaksanakan sintesis protein. Sel eukariotik yang memiliki laju sintesis protein yang tinggi memiliki ribosom dalam jumlah yang sangat banyak dan memiliki nukleolus dengan ukuran besar. Ribosom pada sel eukariotik terdapat di dua lokasi, yaitu tersebar di sitosol (disebut ribosom bebas) dan melekat pada sisi luar retikulum endoplasma dan membran luar nukleus (disebut ribosom terikat). Protein yang dihasilkan oleh ribosom bebas digunakan untuk keperluan sel dan tidak disekresikan, sedangkan protein yang dihasilkan oleh ribosom terikat akan disimpan sementara waktu di dalam vesikel.

Sekitar dua-pertiga (60%) massa ribosom terdiri atas rRNA. Sel bakteri mengandung tiga molekul rRNA. Dua molekul rRNA pada subunit besar (masing-masing dengan koefisien sedimentasi 23S dan 5S) dan satu molekul rRNA pada subunit kecil (dengan koefisien sedimentasi 16S). Sedangkan sel eukariotik mengandung empat molekul rRNA. Tiga molekul rRNA pada subunit besar (masing-masing dengan koefisien sedimentasi 28S, 5S, dan 8S) dan satu molekul rRNA pada subunit kecil (dengan koefisien sedimentasi 18S).

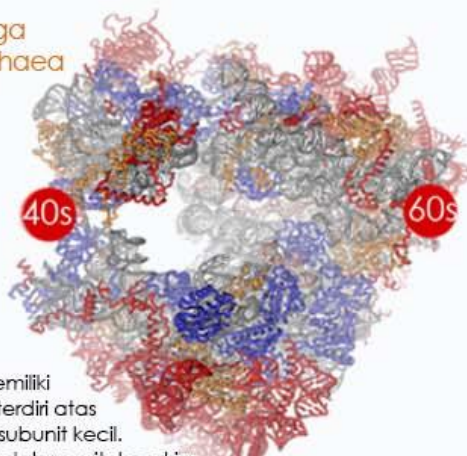
Ada 55 macam protein yang menyusun ribosom sel bakteri. 34 macam protein menyusun subunit besar dan 21 macam protein menyusun subunit kecil. Sedangkan pada sel eukariotik, terdapat 78 macam protein. 45 macam protein menyusun subunit besar dan 33 macam protein menyusun subunit kecil.

Matriks mitokondria dan stroma kloroplas juga mengandung ribosom

## MODEL RIBOSOM SEL EUKARIOTIK

Keterangan warna

- Protein spesifik untuk sel eukariotik
- Protein universal
- Segmen ekspansi
- rRNA
- Protein yang juga dimiliki oleh Archaea



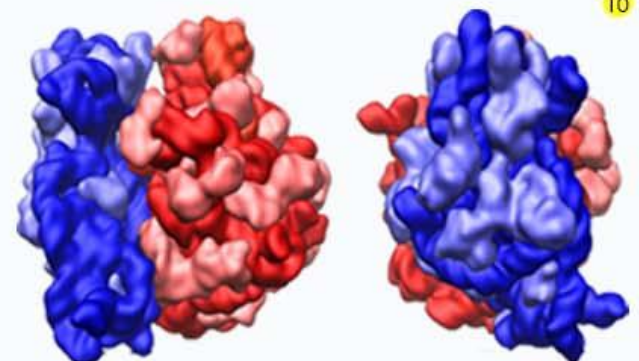
9

Ribosom sel eukariotik memiliki koefisien sedimentasi 80S, terdiri atas 60S subunit besar dan 40S subunit kecil. Ribosom yang terdapat di dalam mitokondria dan kloroplas berbeda ukuran dan komposisi penyusunnya dari ribosom yang terdapat di sitoplasma.

## MODEL RIBOSOM SEL PROKARIOTIK

Keterangan warna

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: #c00000;">●</span> Ribosom subunit besar</li> <li><span style="color: #c00000;">●</span> 23S berupa rRNA</li> <li><span style="color: #e67e22;">●</span> 5S berupa rRNA (tidak terlihat, letaknya di sebelah dalam bagian tengah)</li> <li><span style="color: #e91e63;">●</span> Protein ribosom</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: #6495ed;">●</span> Ribosom subunit kecil</li> <li><span style="color: #6495ed;">●</span> Protein ribosom</li> <li><span style="color: #000080;">●</span> 16S berupa rRNA</li> </ul> |
|---|--|



10

Ribosom sel prokariotik 70S terdiri atas subunit besar 50S (merah) dan subunit kecil 30S (biru). Massa molekul ribosom sel prokariotik lebih kecil daripada massa molekul ribosom sel eukariotik dan berbeda kandungan protein dan RNA-nya. Hal ini ditunjukkan oleh koefisien sedimen (S) ribosom.

# Struktur Kloroplas



1

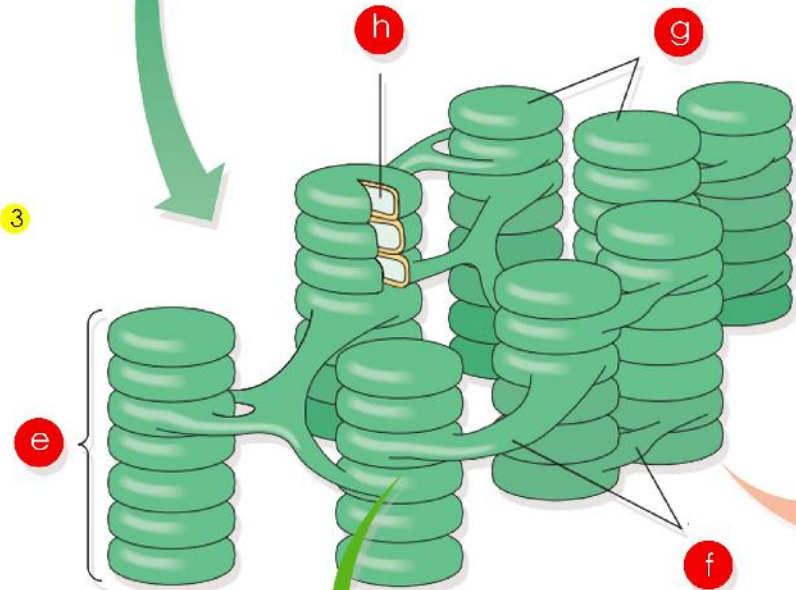
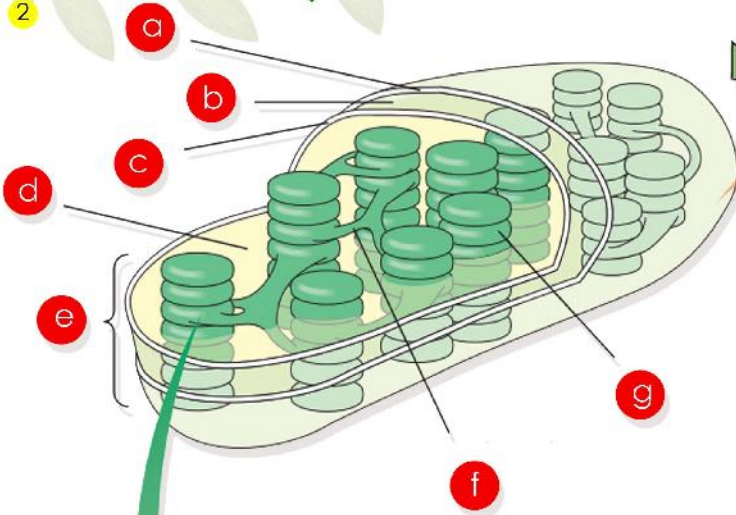
Struktur kloroplas daun tembakau (*Nicotiana tabacum*) bila dilihat dengan TEM  
perbesaran 6300x

5.1



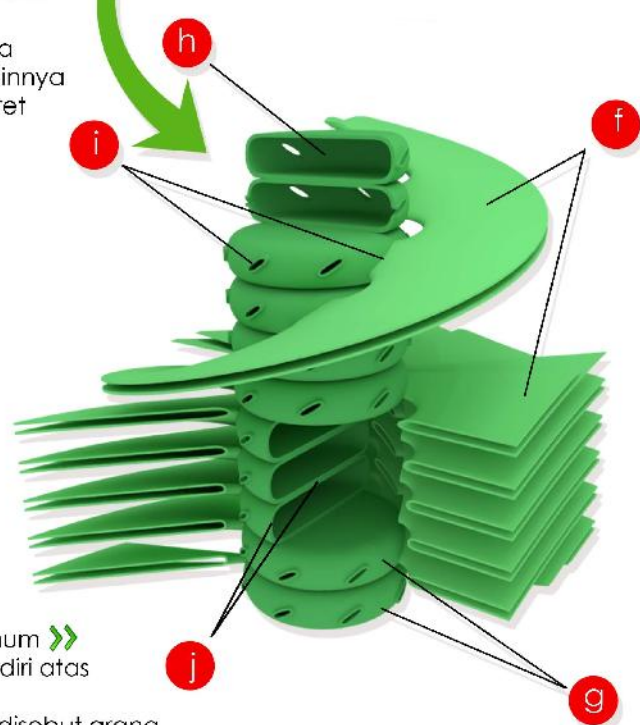
Ilustrasi struktur kloroplas

2



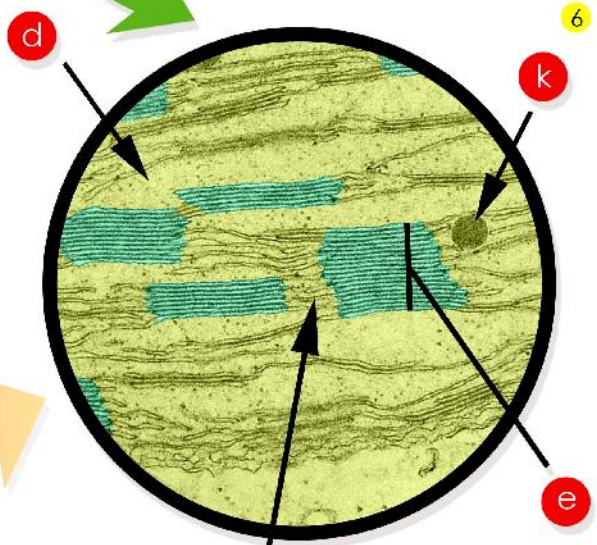
3

Ilustrasi struktur grana  
Granum satu dan lainnya  
dihubungkan oleh fret



4

Ilustrasi struktur granum  
Sebuah granum terdiri atas  
tumpukan tilakoid.  
Kumpulan granum disebut grana.



6

Struktur tilakoid  
bila dilihat dengan TEM

- Keterangan:
- a. Membran luar
  - b. Ruang antar membran
  - c. Membran dalam
  - d. Stroma
  - e. Granum
  - f. Fret
  - g. Tilakoid
  - h. Lumen tilakoid
  - i. Sambungan antara tilakoid dengan fret
  - j. Membran tilakoid
  - k. Plastoglobulin
  - l. Amilum

**Plastida** merupakan organel yang amat dinamis dan mampu membelah, tumbuh, dan berdiferensiasi menjadi berbagai bentuk. Pada sel muda tumbuhan tinggi, plastida biasanya tidak berwarna dan disebut leukoplas atau proplastida. Pada daun, plastida berwarna hijau dan disebut kloroplas. Pada buah yang masak kadang-kadang berwarna merah atau kuning dan disebut kromoplas. Pada sel yang tidak menjadi hijau, seperti sel epidermis, plastida tetap tidak berwarna dan disebut leukoplas. Leukoplas juga terdapat pada jaringan tumbuhan yang tidak terkena cahaya, seperti pada umbi. Leukoplas membentuk butir pati yang disebut amiloplas.

Pada sel tumbuhan tingkat tinggi umumnya terdapat antara 50 - 200 buah kloroplas. Panjang kloroplas antara 5 - 10  $\mu\text{m}$ . Bila dilihat dari atas, bentuknya lonjong. Bila dilihat dari salah satu sisinya maka akan terlihat cembung pada bagian atas dan cekung di bagian bawahnya. Kloroplas dapat juga terlihat cembung di kedua sisinya. Bentuk kloroplas bisa berubah; tumbuh dan terkadang membelah dua. Kloroplas bisa berpindah tempat dan bersama mitokondria dan organel lainnya bergerak berkeliling sel disepanjang lajur-lajur sitoskeleton. Kloroplas memiliki membran ganda, yaitu membran luar dan membran dalam. Antara membran luar dan membran dalam dipisahkan oleh ruang antarmembran. Di dalam kloroplas terdapat kompleks membran internal (tilakoid), dan di sela-selanya berisi stroma.

**Kloroplas** merupakan organel fotosintetik dan merupakan plastida yang mengandung klorofil. Kloroplas juga dapat ditemukan pada sel alga. Perannya sebagai organel fotosintetik adalah menyerap cahaya dan menggunakannya bersama air dan karbondioksida untuk memproduksi pati dalam sebuah proses kimiawi yang disebut fotosintesis. Peran lain kloroplas adalah menyintesis berbagai macam senyawa penting seperti pigmen, asam lemak, dan asam amino. Kloroplas tidak hanya terdapat pada organ tumbuhan yang melakukan fungsi fotosintesis, namun diseluruh tubuh tumbuhan yang berwarna hijau.

**Tilakoid** memiliki membran tunggal yang berlekatan dengan membran dalam kloroplas. Pada membran tilakoid terkandung klorofil dan berbagai macam enzim-enzim yang berfungsi dalam proses reaksi terang fotosintesis. Bagian dalam tilakoid yang tampak seperti ruang kosong disebut lumen atau lokulus. Tilakoid bertumpuk-tumpuk sehingga disebut granum. Antar granum satu dengan granum lainnya dihubungkan oleh fret. Tilakoid merupakan tempat berlangsungnya reaksi terang sedangkan stroma merupakan tempat berlangsungnya reaksi gelap fotosintesis.

**Stroma** menjadi tempat enzim-enzim penting untuk asimilasi karbondioksida menjadi karbohidrat, sehingga pada stroma sering ditemukan partikel amilum (pati) dan plastoglobulin. Pada stroma terdapat juga DNA kloroplas dan ribosom, sehingga kloroplas disebut juga sebagai organel semiotonom karena mampu membuat protein sendiri. Ukuran ribosom kloroplas lebih kecil dibandingkan dengan ukuran ribosom yang berada di sitoplasma.

**Fret** merupakan penghubung antargranum. Fret mengelilingi atau melingkari granum secara heliks kemudian menghubungkan granum tersebut dengan granum lainnya. Fret mengelilingi granum secara heliks dengan sudut kemiringan 20 - 25°. Pada membran tilakoid terdapat sambungan yang menjadi tempat bertambatnya fret. Fret dikenal juga sebagai *helicoid stromal thylacoids*, *lamellar thylacoids*, dan *lamellae grana*.



Sumber gambar :

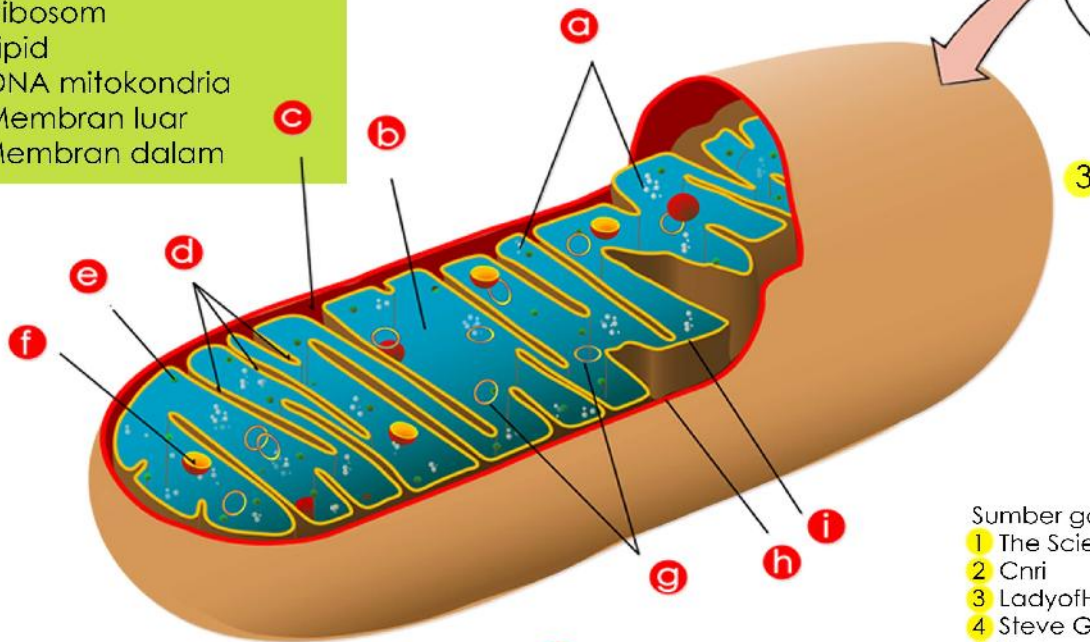
- 1 The Science of Biology 7th Edition
- 2 Becker's World of The Cell 8th Edition
- 3 Becker's World of The Cell 8th Edition
- 4 Wikipedia
- 5 Dr. Jeremy Burgess
- 6 Biology Pics

Struktur dari kloroplas lumut *Physcomitrella patens* yang dilihat dengan menggunakan TEM perbesaran 40000x. Terlihat adanya partikel amilum pada stroma.

# Struktur Mitokondria

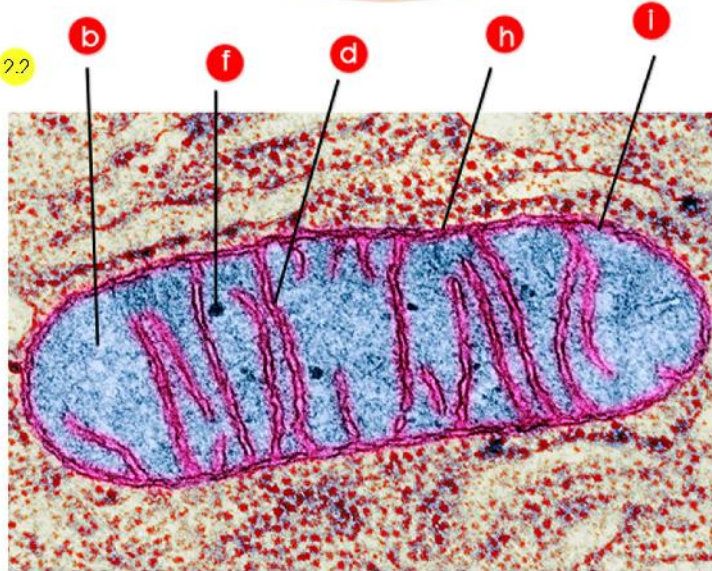
Keterangan:

- a. Partikel ATP sintase
- b. Matriks mitokondria
- c. Ruang antar membran
- d. Krista
- e. Ribosom
- f. Lipid
- g. DNA mitokondria
- h. Membran luar
- i. Membran dalam



Sumber gambar:

- 1 The Science of Biology 7th Edition
- 2 Cnri
- 3 LadyofHats
- 4 Steve Gschmeissner
- 5 Professors P.m. Motta, S. Makabe & T. Naguro



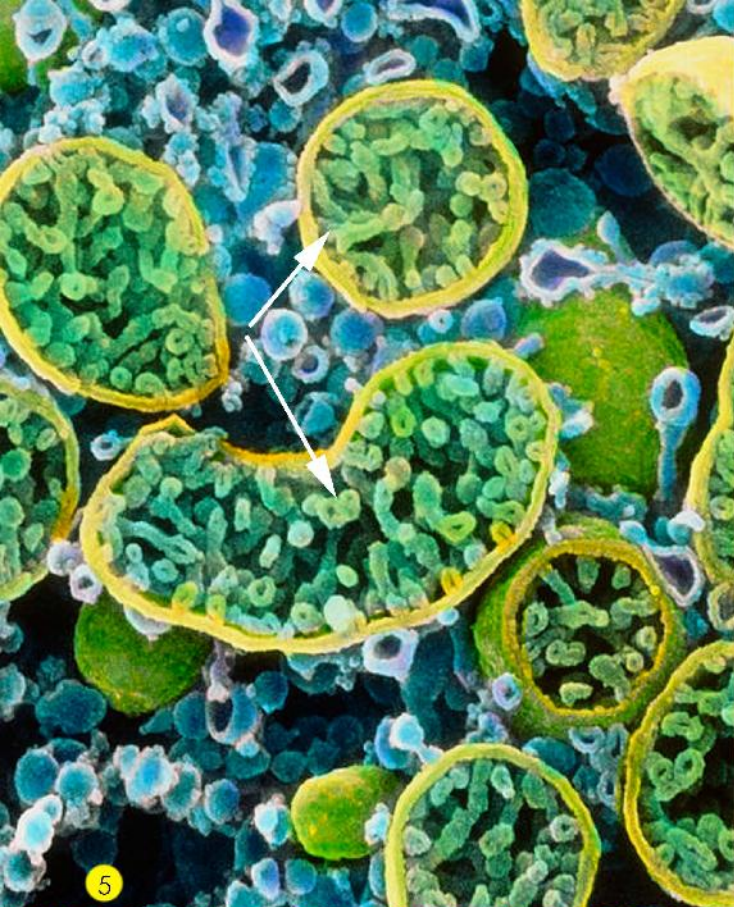
Tem mitokondria perbesaran 62800x

Mitokondria dibatasi oleh membran rangkap (membran dalam dan luar). Matriks mitokondria berupa cairan seperti gel, sedangkan ruang antar membran berisi cairan yang lebih encer.

Membran dalam mitokondria mengadakan perluasan ke dalam matriks dengan membentuk penonjolan-penonjolan yang disebut krista. Membran mitokondria disusun oleh lipoprotein dan lebih tipis dibandingkan dengan membran sel. Di dalam matriks mitokondria terdapat berbagai macam enzim dan koenzim yang diperlukan untuk metabolisme energi. Selain itu juga terdapat ribosom dan DNA sirkuler mitokondria. Enzim-enzim juga tersimpan di membran luar, membran dalam, dan ruang antar membran.

Membran dalam dan membran luar mitokondria memiliki ketebalan yang berbeda. Membran luar tebalnya 6 nm, sedangkan membran dalam 6-8 nm. Krista memiliki jumlah dan bentuk yang bervariasi. Pada sel hewan tingkat tinggi, krista hampir memotong matriks, letaknya ada yang hampir sejajar, membujur, atau bercabang. Pada protozoa, krista mitokondria membentuk perangkat buluh-buluh yang mengarah ke dalam matriks dari segala arah dan kadang teranyam dalam berbagai arah.

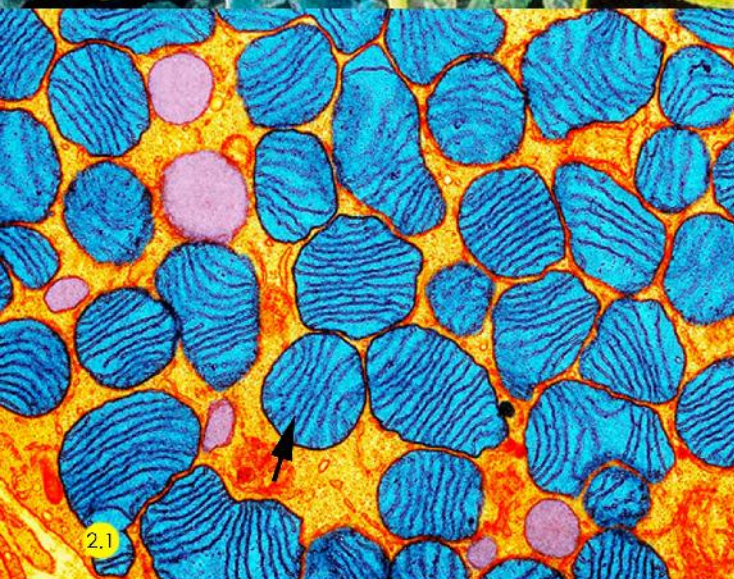
Letak mitokondria dalam sel umumnya tersebar dalam sitoplasma namun ada juga yang letaknya menurut pola tertentu. Pada otot lurik, letak mitokondria tersusun teratur di antara serabut-serabut kontraktif otot, sedangkan pada spermatozoa letak mitokondria tersusun pada bagian ekornya. Letak mitokondria yang demikian berkaitan dengan fungsinya yaitu menghasilkan energi untuk menunjang pergerakan (kontraksi). Sifat mitokondria bergantung pada letaknya. Mitokondria yang terdapat di dalam sitoplasma bersifat plastis sehingga bentuknya dapat berubah-ubah, sedangkan mitokondria yang susunannya teratur sifat plastisitasnya berkurang. Plastisitas mitokondria ini berpengaruh pada distribusi ATP ke seluruh bagian sel yang membutuhkan.



◀◀ Mitokondria pada sel lutein granulosa. Dilihat dengan SEM pada perbesaran 19200x. Selain mitokondria, terlihat juga adanya REH (warna biru)

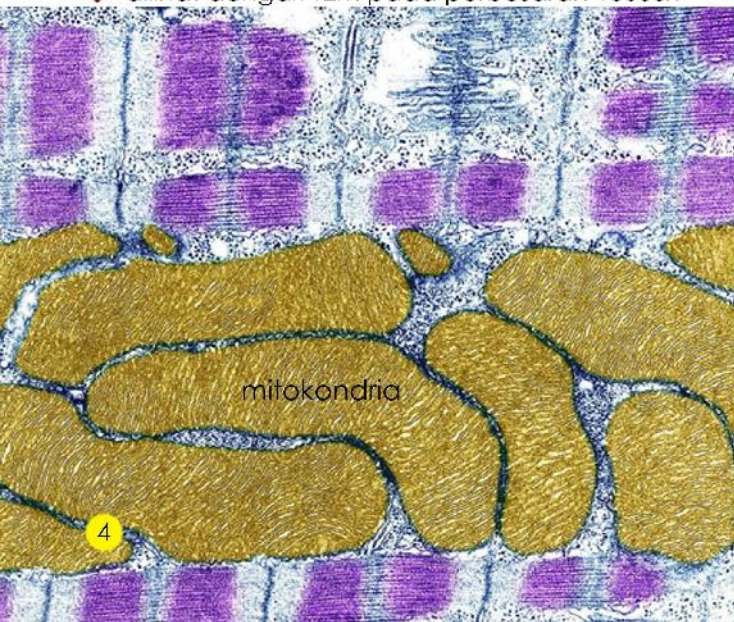
Didalam mitokondria ditemukan adanya molekul untai DNA, RNA, dan ribosom yang sedikit berbeda dengan yang terdapat di sitoplasma. Karena adanya DNA, RNA, dan ribosom tersebut, mitokondria mampu membuat proteinnya sendiri. Mitokondria sendiri juga dapat membelah diri secara amitosis. Adanya kemampuan mensintesis protein secara mandiri dan kemampuan membelah diri, maka mitokondria dikatakan bersifat semiotonom.

Walaupun diselubungi oleh membran, mitokondria dan kloroplas bukan merupakan bagian dari sistem endomembran. Mitokondria memiliki dua membran sedangkan kloroplas umumnya memiliki tiga membran. Protein membran pada mitokondria dan kloroplas bukan dibuat oleh ribosom terikat, melainkan dibuat oleh ribosom bebas dan ribosom yang terkandung di dalam organel-organel ini sendiri. Organel-organel ini juga mengandung sejumlah kecil DNA. DNA ini lah yang memprogram sintesis protein yang dibuat di ribosom organel yang bersangkutan.

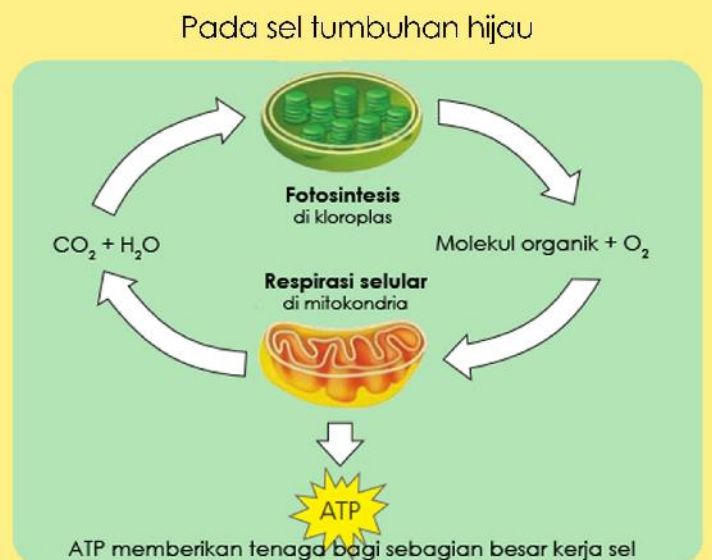


◀◀ Mitokondria pada sel adiposa (sel lemak) dilihat dengan TEM pada perbesaran 20000x

◀◀ Mitokondria pada sel otot dilihat dengan TEM pada perbesaran 10000x



Mitokondria berperan dalam respirasi sel atau metabolisme energi di dalam sel yang dapat menghasilkan ATP.

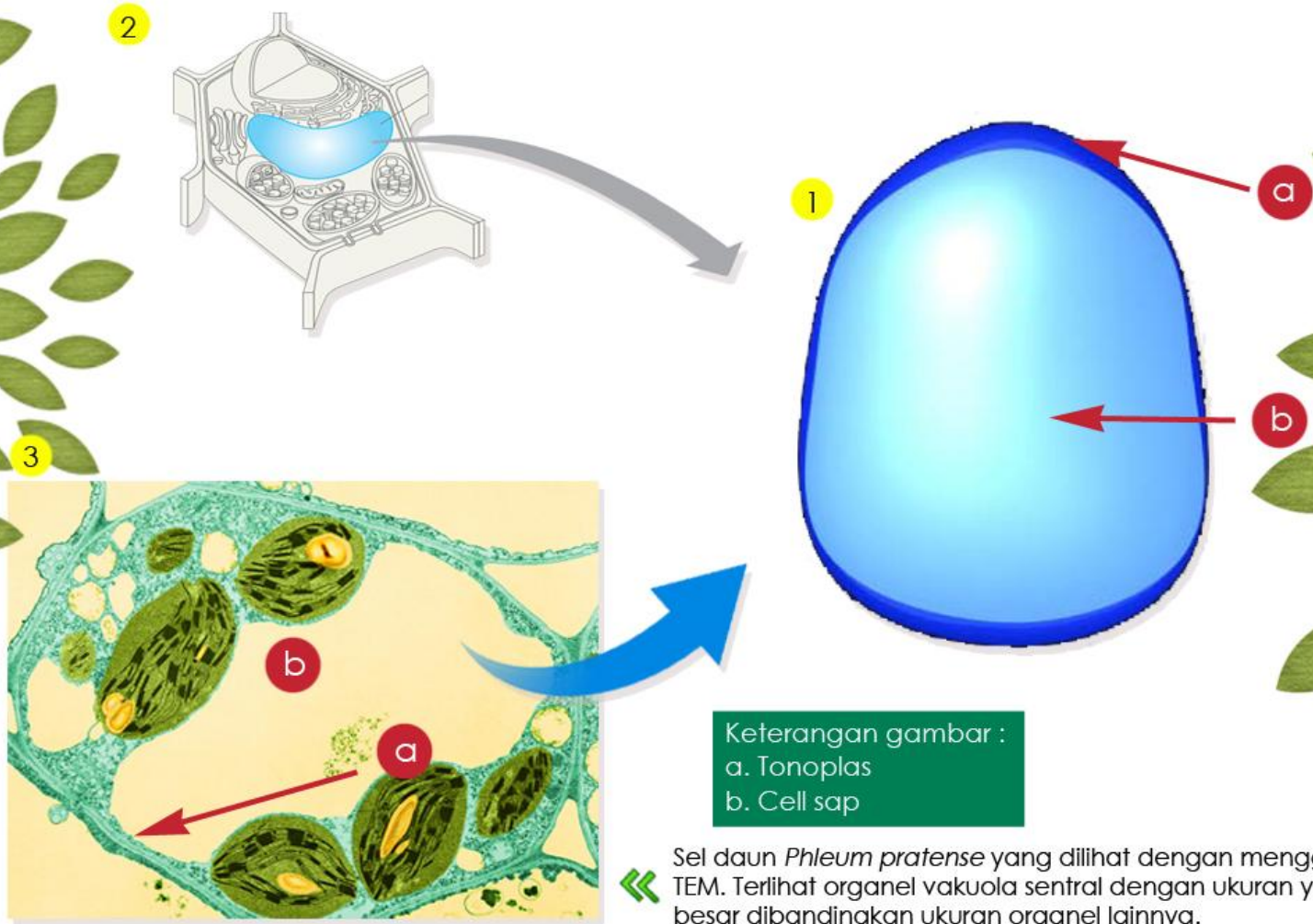


Fotosintesis menghasilkan oksigen dan molekul organik yang digunakan oleh mitokondria eukariota sebagai bahan bakar untuk respirasi selular. Respirasi menguraikan bahan bakar ini dan menghasilkan ATP. Produk buangan dari respirasi ini yaitu karbondioksida dan air, yang merupakan bahan mentah bagi fotosintesis.

# Struktur Vakuola Sentral

Sumber gambar:

- 1 Portalacademico
- 2 Campbell Biology 10th Edition
- 3 Biophoto Associate



Keterangan gambar :

- a. Tonoplas
- b. Cell sap

Sel daun *Phleum pratense* yang dilihat dengan menggunakan TEM. Terlihat organel vakuola sentral dengan ukuran yang lebih besar dibandingkan ukuran organel lainnya.

**Vakuola sentral** adalah organel sitoplasmik pada sel tumbuhan, berongga, dan dibatasi oleh selaput tipis yang disebut tonoplas. Tonoplas merupakan selaput tunggal atau membran tunggal yang bersifat selektif permeabel. Di dalam vakuola terdapat cairan vakuola yang disebut *cell sap*. Cairan vakuola terutama terdiri atas air, yang di dalamnya terlarut berbagai zat seperti gula, garam, protein, alkaloida, zat penyamak (Tanin), dan pigmen. Pigmen pada vakuola adalah flavonoid, yang terdiri atas antosianin dan flavon, yang terlarut dalam cairan vakuola dan mengakibatkan warna pada bunga dan buah.

Vakuola berfungsi dalam mempertahankan turgor. Sifat tonoplas yang demikian memungkinkan vakuola melakukan perannya menjaga tumbuhan agar tetap segar dan tidak layu. Dengan adanya tekanan turgor pada sel tumbuhan, maka ukuran sel tumbuhan juga akan menjadi lebih besar dari sebelumnya. Selama proses pembesaran sel, dinding sel akan melunak sehingga akan mempermudah sel berekspansi (memperluas area). Terkait dengan fungsi vakuola sebagai tempat penyimpanan, maka di dalam vakuola dapat ditemukan beraneka zat seperti gas, senyawa-senyawa organik dan ion anorganik, pigmen, senyawa beracun, dan simpanan produksi seperti minyak atsiri yang mudah menguap, serta madu.

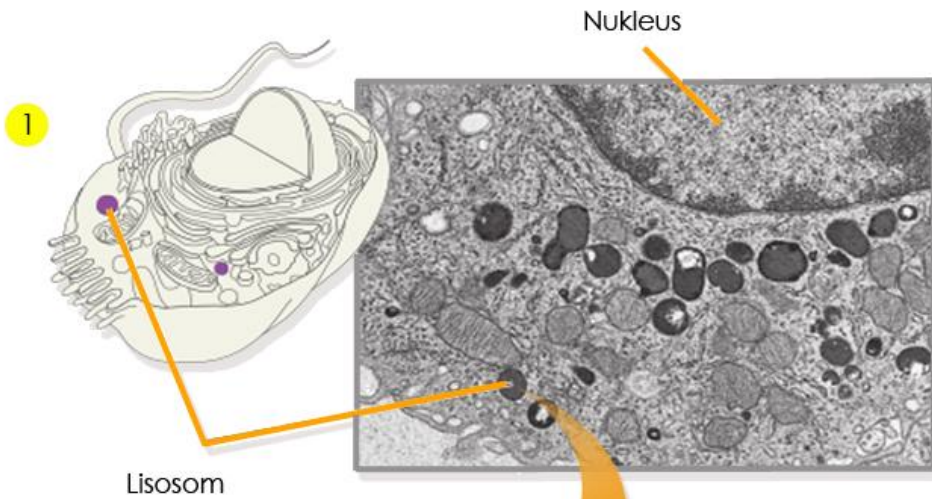
Vakuola pada sel tumbuhan ibarat lisosom pada sel hewan, karena memiliki enzim hidrolitik yang berfungsi dalam proses pencernaan intraseluler. Selain itu, vakuola memiliki peran penting dalam meregulasi pH sitosol. Pada sel hewan, vakuola jarang ditemukan. Jika ada maka ukurannya tidak sebesar vakuola pada sel tumbuhan. Pada sel tumbuhan dewasa, ukuran vakuola dapat mencapai 90% dari volume sel.

Sel tumbuhan yang belum dewasa biasanya mengandung sejumlah vakuola dengan ukuran kecil. Vakuola tersebut akan bertambah besar ukurannya dan dapat berfusi (bergabung) dengan vakuola lainnya untuk membentuk sebuah vakuola sentral seiring dengan pembesaran sel.

Dengan bertambah besarnya vakuola, sel membesar tanpa diikuti penambahan volume sitoplasma, sedangkan tekanan turgor meningkat.

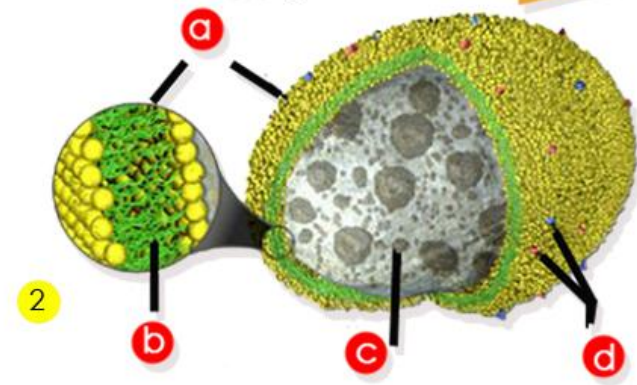


# Struktur Lisosom



- Keterangan:
- a. Membran lisosom
  - b. Lipid bilayer
  - c. Enzim hidrolitik
  - d. Protein transport
  - e. Lisosom
  - f. Mitokondria
  - g. Peroksisom

Ilustrasi struktur lisosom primer

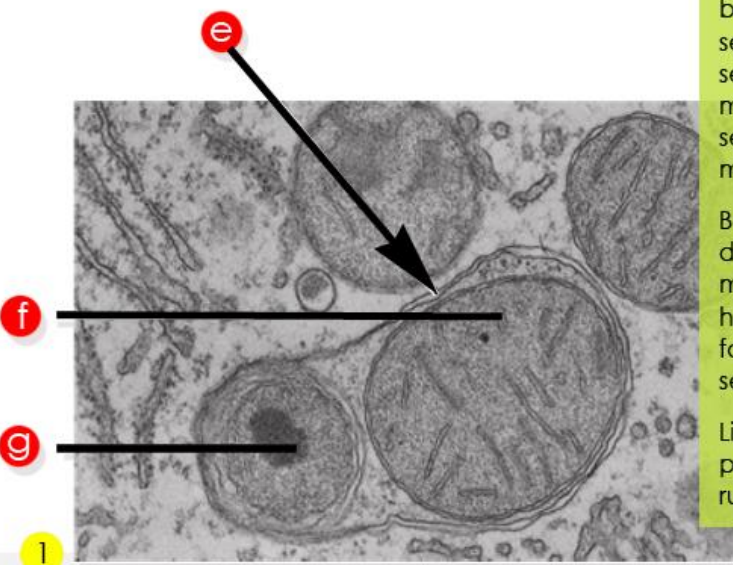


**Lisosom** merupakan organel kecil dengan bentuk dan ukuran yang bervariasi. Lisosom memiliki membran tunggal yang strukturnya sama dengan struktur membran sel. Organel ini memiliki banyak jenis enzim hidrolitik seperti nuklease, protease, dan lipase yang dapat mencerna makromolekul seperti asam nukleat, protein, lemak, dan karbohidrat. Selain enzim hidrolitik, lisosom juga mengandung enzim fosfatase. Permukaan membran lisosom sebelah dalam dilapisi oleh karbohidrat untuk melindungi membran lisosom dan sel dari aktivitas enzim hidrolitik lisosom sampai enzim tersebut dibutuhkan untuk digunakan.

Pembentukan lisosom berkaitan dengan REK dan badan golgi. Lisosom dibuat di REK kemudian ditransfer dan diproses lebih lanjut di badan golgi. Dengan kata lain lisosom merupakan vesikel badan golgi yang berasal dari sisi trans dan telah mengandung senyawa *mature* atau enzim-enzim. Perbedaannya dengan vesikel sekretori (vesikel yang akan berfusi dengan membran sel dan mengeluarkan isinya keluar sel) terletak pada tahap akhir, yaitu setelah dilepaskan oleh gelembung badan golgi, lisosom tidak menjadi vesikel sekretori melainkan tetap berada di dalam sel.

Berdasarkan fisiologisnya, organel lisosom dibedakan menjadi dua, yaitu lisosom primer dan lisosom sekunder. Lisosom primer merupakan lisosom yang baru terbentuk dan hanya berisi enzim hidrolitik. Lisosom sekunder adalah lisosom yang pernah membentuk fagolisosom (selain berisi enzim hidrolitik juga terdapat substrat yang sedang dicerna).

Lisosom memiliki fungsi pencernaan intraseluler, fagositosis (menelan partikel yang lebih kecil), autofag (mendaur ulang organel yang rusak), dan autolisis (perusakan sel sendiri).



Struktur lisosom sekunder yang dilihat dengan menggunakan TEM. Terlihat bahwa lisosom sedang melakukan fungsi autofag terhadap organel mitokondria dan peroksisom.

- Sumber gambar:
- 1 Campbell Biology 10th Edition
  - 2 Micromagnet

# Struktur Peroksisom

- Sumber gambar:  
 1 Taiz Plant Physiology  
 2 Biologydiscussion  
 3 Daniel Friend - Fawcett  
 4 Campbell Biology 10th Edition

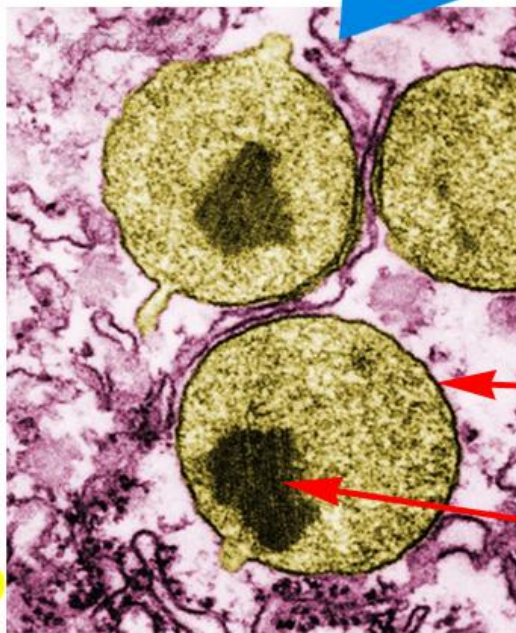
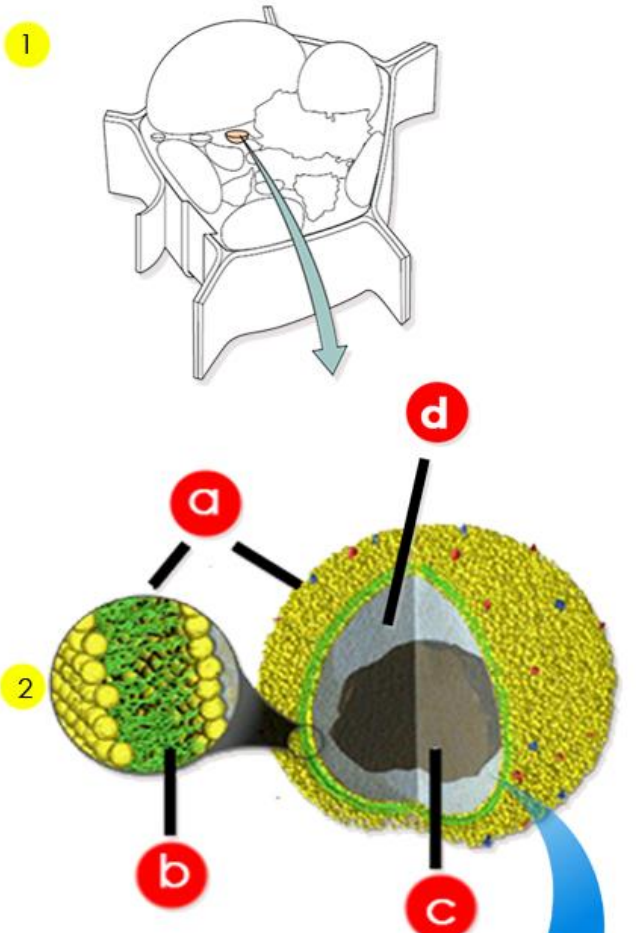
Keterangan gambar:  
 a. Membran peroksisom  
 b. Lipid bilayer  
 c. Inti kristal *biasanya berupa enzim katalase*  
 d. Berbagai enzim

Ada dua jenis badan mikro, yaitu:  
 1) **Peroksisom** (badan mikro yang berisi enzim katalase dan oksidase. Umumnya terdapat pada sel-sel eukariotik mamalia, namun juga terdapat pada sel tumbuhan)  
 2) **Gliksisom** (badan mikro yang berisi enzim untuk daur gliksilat dan enzim katalase. Umumnya terdapat pada endosperm biji yang berperan saat perkecambahan).

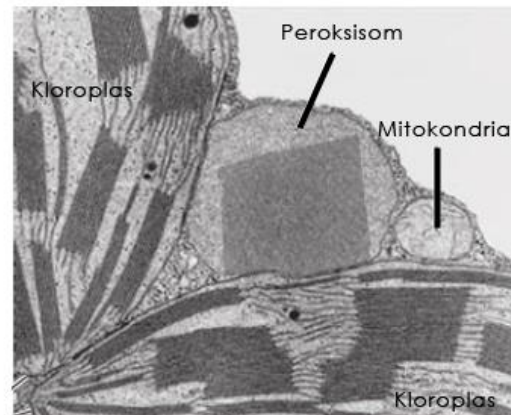
**Peroksisom** merupakan organel yang menyerupai kantong berbentuk bulat, mengandung butiran kristal, dan diselubungi oleh membran tunggal. Membrannya lebih tipis dari membran sel. Diameter peroksisom yaitu 0,5 mikron. Peroksisom terbentuk dan tumbuh melalui penggabungan protein yang dibuat di sitosol, lipid yang dibuat di RE, dan lipid yang disintesis di dalam peroksisom itu sendiri. Setelah mencapai ukuran tertentu, peroksisom akan membelah diri untuk memperbanyak jumlahnya. Enzim yang paling banyak dikandung adalah enzim katalase, mencapai 40% dari seluruh enzim yang dikandung.

Organel peroksisom tidak hanya dimiliki oleh hewan dan tumbuhan saja, tetapi juga dimiliki oleh alga dan beberapa jenis fungi.

- Pada sel hewan, peroksisom banyak ditemukan di sel hati dan ginjal, terkait dengan fungsinya yang dapat mendetoksifikasi *reactive oxygen species* seperti hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), anion superoksida ( $O_2^-$ ), dan radikal hidroksil yang dapat menyebabkan sel menderita *oxidative stress*.
- Pada sel tumbuhan khususnya daun, peroksisom dapat ditemukan di dekat mitokondria dan kloroplas. Hal ini berhubungan dengan fungsi peroksisom dalam proses fotorespirasi (jalur glikolat) dimana oksigen menjadi salah satu komponen penting di dalamnya.
- Pada biji, fungsi gliksisom memecah asam lemak menjadi gula yang dijadikan sebagai sumber energi ketika biji berkecambah.

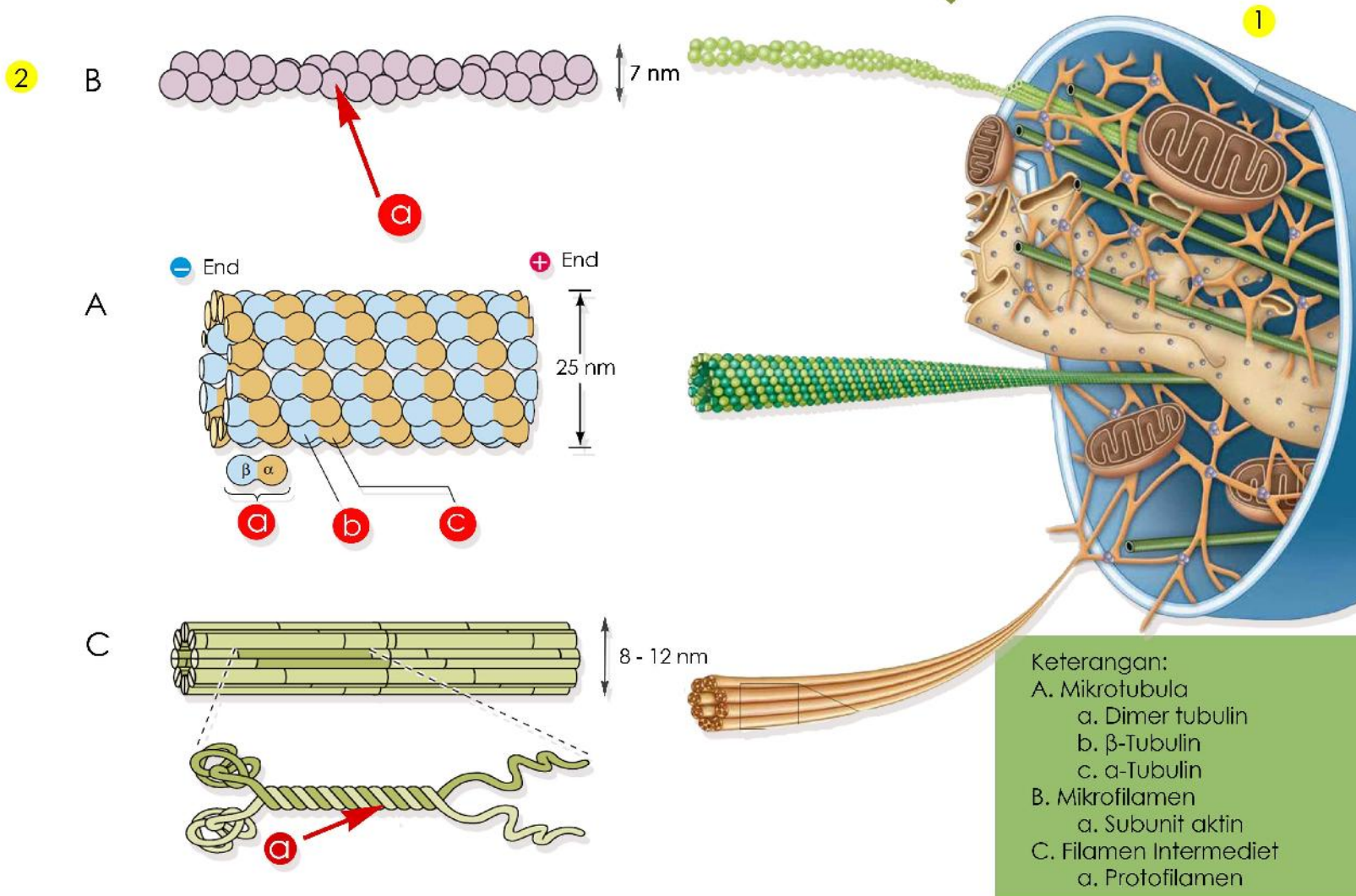


Organel peroksisom sel ginjal mamalia, bila dilihat menggunakan TEM dengan perbesaran 15000x



Organel peroksisom pada sel tumbuhan bila dilihat menggunakan TEM. Terlihat letak peroksisom yang berdekatan dengan mitokondria dan kloroplas. Ketiga organel tersebut memiliki keterkaitan fungsi dalam proses fotorespirasi.

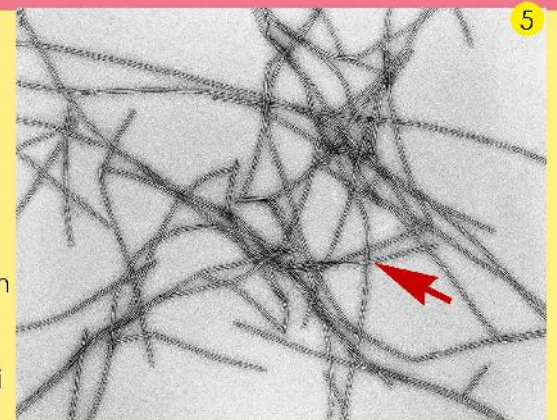
# Struktur Sitoskeleton Eukariotik



Lima puluh persen volume sel terdiri atas sitosol dan sisanya merupakan organel sel. Sitosol berisi ribuan enzim yang terlibat dalam proses metabolisme, selain itu dalam sitosol juga banyak terlarut ribosom yang menyintesis protein. Sebagian protein yang berada dalam sitosol membentuk benang-benang halus disebut filamen. Filamen-filamen ini membentuk suatu anyaman jala yang memberikan kekuatan kepada sel atau berfungsi sebagai kerangka sel yang kemudian disebut dengan sitoskeleton. Sitoskeleton ini juga berfungsi memberi bentuk pada sel, mengatur dan menimbulkan gerakan sitoplasma yang beruntun, dan berkaitan dalam membentuk jejaring kerja yang membantu reaksi enzimatik. Berdasarkan struktur dan diameternya, sitoskeleton dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu mikrotubula, mikrofilamen, dan filamen intermediet.

**Mikrotubula** merupakan kelompok sitoskeleton terbesar dengan rata-rata diameter 25 nm dan tersusun atas tiga belas protofilamen, tiap protofilamen merupakan struktur dimer yang terdiri atas molekul-molekul tubulin ( $\alpha$ -Tubulin dan  $\beta$ -Tubulin). Kedua molekul ini hanya dijumpai pada sel eukariotik. Yang termasuk dalam kelompok mikrotubula adalah mikrotubula labil dan mikrotubula stabil.

Mikrotubula labil terdapat di dalam sitoplasma (disebut mikrotubula sitoplasma), berfungsi dalam memberi bentuk sel, membantu pergerakan sel, dan menentukan bidang pembelahan sel (sehingga disebut gelondong mitosis). Sedangkan mikrotubulus stabil terdapat pada sel-sel pada jaringan yang sudah dewasa (sudah terdiferensiasi; berhenti dari aktivitas pembelahan sel). Mikrotubula memiliki kutub positif dan negatif. Hal ini menyebabkan struktur mikrotubula tersebut menjadi labil dan menyebabkan pergerakan.



Struktur mikrotubulus apabila dilihat dengan TEM pada perbesaran 45000x

**Mikrofilamen** tersusun dari subunit aktin yang terlilit dan merupakan kelompok sitoskeleton terkecil dengan diameter 7 nm. Aktin merupakan protein globular dan merupakan protein terbanyak yang terdapat dalam sel eukariotik (hampir 5%).

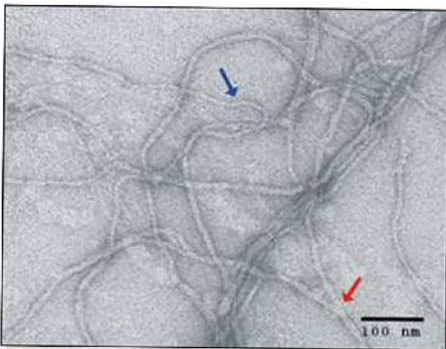
Aktin dalam bentuk terurai (monomer) disebut Aktin G, apabila aktin terikat maka disebut Aktin F. Aktin diketahui sebagai protein kontraktile terkait dengan sifatnya yang labil (mudah terurai dan terikat) yang terlibat dalam proses sitokinesis, aliran plasma, gerakan sel, dan gerakan mikrovili intestinal (gerakan mikrovili usus halus). Mikrofilamen juga membantu sel untuk saling berlekatan dengan sel lainnya yang masih dalam satu macam jaringan.

Struktur Mikrofilamen bila dilihat dengan menggunakan TEM

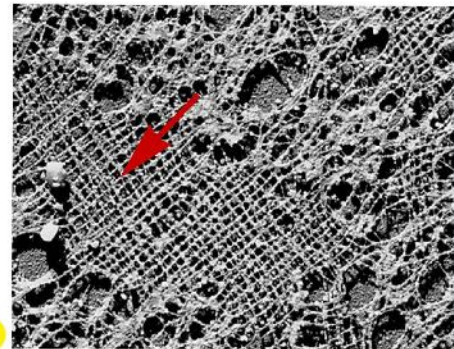


**Filamen intermediet (FI)** tersusun atas polipeptida FI yang saling berlilit membentuk protofilamen. Diameter filamen intermediet adalah 8-12 nm. Sifat filamen intermediet lebih lentur dan memiliki daya rentang yang sangat tinggi. Biasanya kelompok sitoskeleton dijumpai di sekitar nukleus. Berdasarkan urutan asam aminonya, filamen intermediet diklasifikasikan menjadi enam tipe, yaitu:

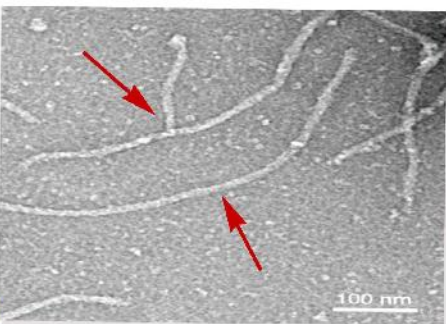
- Tipe I dan tipe II merupakan filamen intermediet yang paling stabil. Tipe I tersusun dari 15 jenis protein keratin bersifat asam. Tipe II tersusun atas 15 jenis protein keratin bersifat basa atau netral. FI tipe I dan II ini banyak ditemukan pada sel epitelium. Protein keratin yang menyusun tipe I dan II, dibedakan menjadi dua macam, yaitu keratin keras dan keratin halus. FI keratin keras biasanya menyusun sitoskeleton pada sel-sel rambut, kuku, dan tanduk binatang, sedangkan FI keratin halus menyusun sitoskeleton sel epitelium.
- Tipe III tersusun dari vimentin (terdapat di sel leukosit dan fibroblas), desmin (terdapat dalam sel otot), dan protein serat glial asidik (terdapat di sel glial), serta peripherin (terdapat di sel sekeliling neuron)
- Tipe IV tersusun dari protein neurofilament-light (NF-L), neurofilament-medium (NF-M), dan neurofilament-heavy (NF-H). Semua FI tipe IV menyusun sitoskeleton sel saraf yang sudah dewasa. Sedangkan untuk sel saraf yang masih dalam tahap berkembang menjadi dewasa, protein FI yang menyusun sitoskeleton sel adalah protein nestin (Tipe VI).
- Tipe V tersusun dari protein lamina nukleus yaitu lamin A, B, dan C (terdapat di lamina nukleus semua sel eukariot).



Contoh struktur filamen intermediet Tipe I yang terdapat pada sel epitelium tersusun atas keratin halus dan bersifat asam



Contoh struktur filamen intermediet Tipe IV yang terdapat pada lamina nukleus tersusun atas protein lamin A, B, dan C

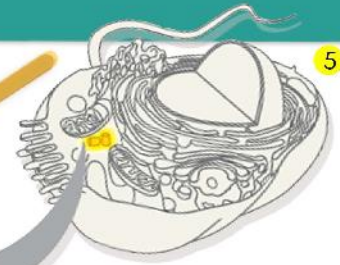
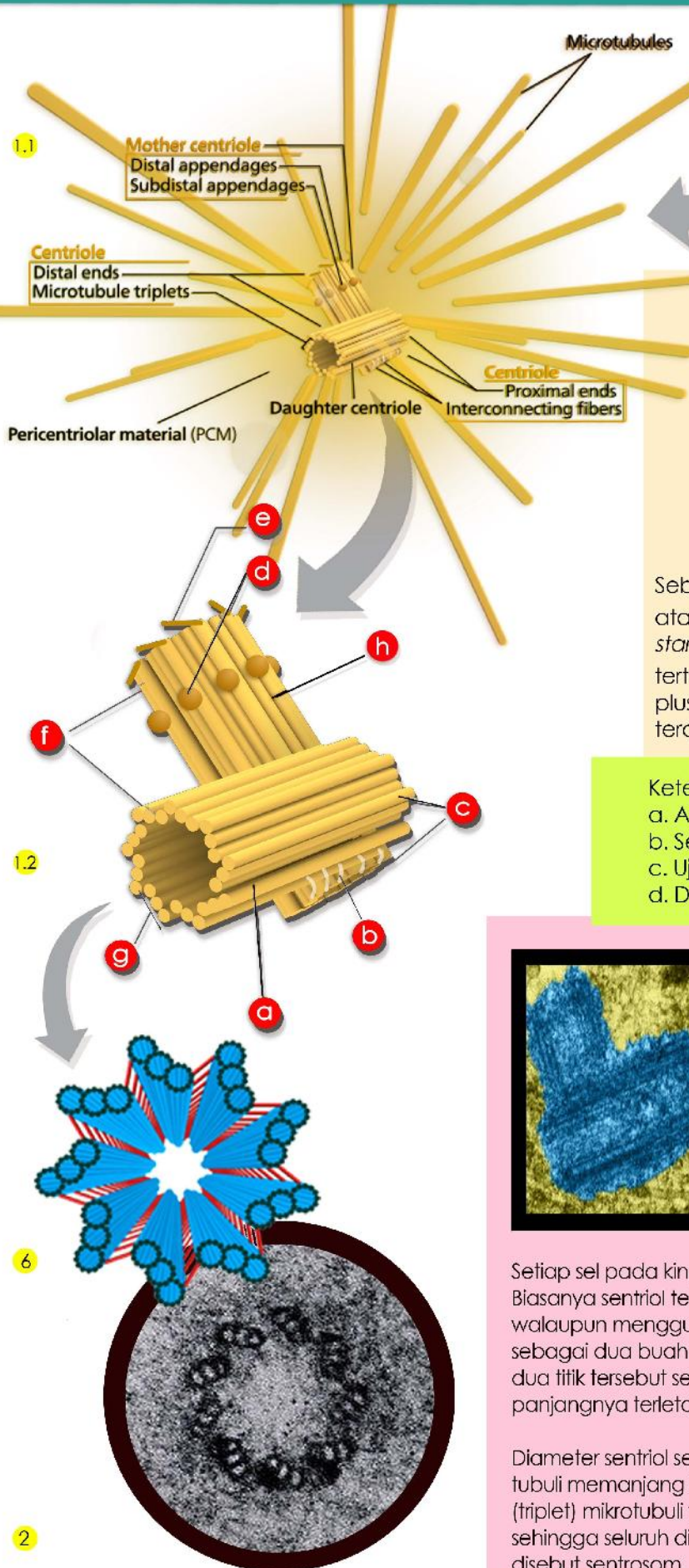


Contoh struktur filamen intermediet Tipe II yang terdapat pada fibroblas dan leukosit tersusun atas protein vimentin

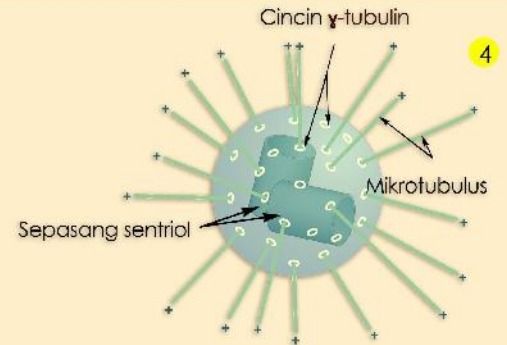
Sumber gambar :

- Schoolbag.info
- 78stephealth.us
- Becker's World of The Cell 8th Edition
- David M. Phillips
- Thomas Deerinck
- Molecular & Cellular Biophysics
- C. Guzmán et al - Journal Molecular Biology

# Struktur Sepasang Sentrinol dalam Sebuah Sentrosom



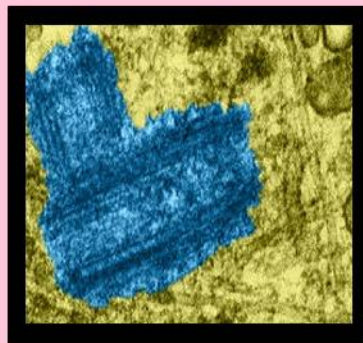
- Sumber gambar:  
 1 Kelvin Song  
 2 Alvin Telser  
 3 David M. Phillips  
 4 Zlir'a  
 5 Campbell Biology 10th Edition  
 6 Cronodon



Sebuah sentrosom terdiri atas materi perisentrinolar yang terdiri atas ratusan cincin  $\gamma$ -tubulin. Cincin-cincin tersebut merupakan *starting point* untuk polimerisasi mikrotubulus. Ujung minus (-) tertanam di sentrosom pada cincin  $\gamma$ -tubulin, sedangkan ujung plus (+) terdapat bebas di sitoplasma. Di dalam sentrosom terdapat sepasang sentriol.

**Keterangan:**

- a. Anak sentriol
- b. Serabut penghubung
- c. Ujung proksimal
- d. Distal
- e. Subdistal
- f. Ujung distal
- g. Triplet mikrotubulus
- h. Induk sentriol



Struktur sepasang sentriol tegak lurus satu sama lain. Dilihat dengan TEM perbesaran 80000x

Setiap sel pada kingdom animalia yang dapat membelah diri memiliki sentriol. Biasanya sentriol terletak di dekat nukleus. Pengamatan dengan mikroskop cahaya walaupun menggunakan teknik pewarnaan khusus, sentriol hanya nampak sebagai dua buah titik kecil, sedangkan pengamatan dengan mikroskop elektron dua titik tersebut sebenarnya merupakan dua buah bangunan silindris yang sumbu panjangnya terletak saling tegak lurus.

Diameter sentriol sebesar  $0,2 \mu\text{m}$  dan dinding silindrisnya tersusun atas 9 berkas mikrotubuli memanjang berukuran  $0,5 \mu\text{m}$ . Tiap berkas mikrotubuli terdiri atas 3 buah (triplet) mikrotubuli yang tersusun rapat karena dihubungkan oleh protein nontubulin, sehingga seluruh dinding sentriol terdapat 27 mikrotubuli. Daerah di sekitar sentriol disebut sentrosom.

Struktur sebuah sentriol pada irisan melintang yang dilihat dengan menggunakan TEM perbesaran 90000x

# Daftar pustaka online gambar

## Halaman 1

1. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bc/E\\_coli\\_at\\_10000x%2C\\_original.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bc/E_coli_at_10000x%2C_original.jpg)

## Halaman 2

1. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/64/Average\\_prokaryote\\_cell\\_unlabeled.svg/737px-Average\\_prokaryote\\_cell\\_unlabeled.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/64/Average_prokaryote_cell_unlabeled.svg/737px-Average_prokaryote_cell_unlabeled.svg.png)

2. <https://fineartamerica.com/featured/e-coli-bacterium-tem-dr-klaus-boller.html>

## Halaman 3

2. <https://fineartamerica.com/featured/1-propionibacterium-acnes-bacteria-sem-scimat.html3>

3. <https://fineartamerica.com/featured/9-e-coli-bacteria-science-photo-library.html>

## Halaman 4

1. <https://fineartamerica.com/featured/structure-of-bacteria-cell-kateryna-kon.html>

## Halaman 5

1. <https://lant.toulouse.inra.fr/bacteria/annotation/web/img/spiroplasma.jpg>

2. <https://www.nature.com/news/2008/080109/pdf/451124a.pdf>

4. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bacteria\\_Cytoskeleton\\_Spanish.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bacteria_Cytoskeleton_Spanish.svg)

## Halaman 6

1. [http://www.bacteriainphotos.com/streptococcus\\_pyogenes\\_3D.html](http://www.bacteriainphotos.com/streptococcus_pyogenes_3D.html)

2. <https://fineartamerica.com/featured/11-borrelia-burgdorferi-science-picture-co.html>

3. <https://fineartamerica.com/featured/1-helicobacter-pylori-science-picture-co.html>

4. <https://www.nature.com/news/2008/080109/pdf/451124a.pdf>

## Halaman 7

1. [biology.touchspin.com](http://biology.touchspin.com)

2. [http://www.q-bank.eu/Plants/lookalikes/Hydrocharitaceae/Hydrilla\\_verticillata\\_474-b2.jpg](http://www.q-bank.eu/Plants/lookalikes/Hydrocharitaceae/Hydrilla_verticillata_474-b2.jpg)

3. <https://www.consciouslifestylemag.com/wp-content/uploads/2015/08/hydrilla-plant-shoot.jpg>

## Halaman 8 dan 9

1. <http://www.freenatureimages.eu/plants/Musci,%20Mossen,%20Mosses/Plagiomnium%20rostratum/Plagiomnium%20rostratum%201,%20Gesnaveld%20Boogsterrenmos,%20Saxifraga-Rutger%20Barendse.jpg>

2.1 <https://fineartamerica.com/featured/8-moss-leaf-john-durham.html>

2.2 <https://fineartamerica.com/featured/11-moss-leaf-john-durham.html>

2.3 <https://fineartamerica.com/featured/9-moss-leaf-john-durham.html>

2.4 <https://fineartamerica.com/featured/7-moss-leaf-john-durham.html>

2.5 <https://fineartamerica.com/featured/moss-leaf-john-durham.html>

2.6 <https://fineartamerica.com/featured/10-moss-leaf-john-durham.html>

2.7 <https://fineartamerica.com/featured/6-moss-leaf-john-durham.html>

3. <https://fineartamerica.com/featured/moss-cells-light-micrograph-science-photo-library.html>

## Halaman 10 dan 11

1. 1 <https://www.sciencephoto.com/image/464199/225>

1. 2 <https://www.sciencephoto.com/image/464200/225>

1. 3 <https://www.sciencephoto.com/image/549197/225>

1. 4 <https://www.sciencephoto.com/image/464197/350wm>

2. [quoracdn.net](http://quoracdn.net)

3. [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Solanum\\_nigrum\\_leafs\\_flowers\\_fruits.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Solanum_nigrum_leafs_flowers_fruits.jpg)

## Halaman 12

1. [https://c2.staticflickr.com/4/3573/3417926302\\_8fced260b4\\_z.jpg?zz=1](https://c2.staticflickr.com/4/3573/3417926302_8fced260b4_z.jpg?zz=1)

3.1 <http://www.bca.org/gallery/bioimages2013/large/aconitum.jpg>

3.2 <http://agentur-focus.de/Lightboxen/ANGEBOTE/FEATURES/2014/Natur/EOSGiftpflanzen/index.html>

4. <https://news.s3.amazonaws.com/taxon-images-1000s1000/Ranunculaceae/aconitum-napellus-ha-bibild1.jpg>

5. [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQJ7fGr7jwqY6o1yky9ofkq-579w6l5W3heZEz\\_vOVoxffqidw9Q](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQJ7fGr7jwqY6o1yky9ofkq-579w6l5W3heZEz_vOVoxffqidw9Q)

## Halaman 13

1. <http://www.benary.com/en/product/Y5901>

3. <https://fineartamerica.com/featured/chloroplasts-in-cells-of-zinnia-dr-jeremy-burgess.html>

4. <https://fineartamerica.com/featured/tem-of-the-lower-epidermis-of-a-leaf-marilyn-schaller.html>

## Halaman 14

1. <https://exploringtheinvisible.com/2013/10/24/visualizing-my-microbiome/>

## Halaman 15

1. <https://fineartamerica.com/featured/2-purkinje-nerve-cells-sem-david-mccarthy.html>

2. <https://fineartamerica.com/featured/1-purkinje-nerve-cell-tem-science-photo-library.html>

## Halaman 16 dan 17

1. <https://fineartamerica.com/featured/4-cross-section-of-liver-pixologicstudio.html>

2. <https://fineartamerica.com/featured/illustration-of-the-structure-of-the-liver-john-bavosi.html>
3. <https://fineartamerica.com/featured/human-liver-lobules-dorling-kindersleyuig.html>
- 4.1 <https://fineartamerica.com/featured/2-the-liver-asklepios-medical-atlas.html>
- 4.2 <https://fineartamerica.com/featured/29-the-liver-asklepios-medical-atlas.html>
- 4.3 <https://fineartamerica.com/featured/the-liver-asklepios-medical-atlas.html>
- 4.4 <https://fineartamerica.com/featured/28-the-liver-asklepios-medical-atlas.html>
5. <https://fineartamerica.com/featured/coloured-sem-of-a-liver-cell-known-as-hepatocyte-professors-pm-motta-t-fujita-m-muto.html>
6. <https://www.sciencephoto.com/media/310247/view>
7. <https://www.sciencephoto.com/media/214964/view>
8. <https://fineartamerica.com/featured/8-human-liver-sebastian-kaulitzki.html>

Halaman 18 dan 19

- 1.1 dan 1.2 <https://fineartamerica.com/featured/4-human-kidney-nephron-pixologicstudio.html>
2. <https://fineartamerica.com/featured/1-illustration-of-nephron-science-source.html>
- 3.1 <https://fineartamerica.com/featured/1-kidney-tubule-sem-steve-gschmeissner.html>
- 3.2 <https://fineartamerica.com/featured/kidney-tubule-tem-steve-gschmeissner.html>
- 3.3 <https://fineartamerica.com/featured/kidney-tubule-sem-steve-gschmeissner.html>
- 3.4 <https://fineartamerica.com/featured/1-kidney-tubule-tem-steve-gschmeissner.html>
- 4.1 <https://fineartamerica.com/featured/1-smooth-endoplasmic-reticulum-sem-dr-david-furness-keele-university.html>
- 4.2 <https://fineartamerica.com/featured/2-cell-organelles-sem-dr-david-furness-keele-university.html>
5. <https://render.fineartamerica.com/images/rendered/search/print/images-medium-5/human-kidneys-sciepro.jpg>
6. <https://render.fineartamerica.com/images/rendered/search/print/images-medium-5/10-human-kidneys-sebastian-kaulitzki.jpg>
7. <https://render.fineartamerica.com/images/rendered/search/print/images/artworkimages/medium/1/smooth-endoplasmic-reticulum-tem-david-m-phillips.jpg>
8. <https://render.fineartamerica.com/images/rendered/search/print/images-medium-5/rough-endoplasmic-reticulum-ammrf-university-of-sydney.jpg>
9. <https://fineartamerica.com/featured/renal-corpuscle-of-kidney-prof-p-motta-dept-of-anatomyuniversity--5cla-sapienza-5c-22-rome-22.html>

Halaman 20 dan 21

1. <https://fineartamerica.com/featured/1-healthy-pancreas-artwork-sciepro.html>
- 2.1 <https://fineartamerica.com/featured/7-pancreas-surface-sem-susumu-nishinaga.html>
- 2.2 <https://fineartamerica.com/featured/8-pancreas-surface-sem-susumu-nishinaga.html>
- 2.3 <https://fineartamerica.com/featured/5-pancreas-surface-sem-susumu-nishinaga.html>
- 3.1 <https://fineartamerica.com/featured/4-pancreas-cell-sem-steve-gschmeissner.html>
- 3.2 <https://fineartamerica.com/featured/3-pancreas-cell-sem-steve-gschmeissner.html>
4. <http://www.sciencephoto.com/media/214869/view>
5. [http://remf.dartmouth.edu/Pancreas/tn/20\\_PancreasGolgi33kX\\_74.jpg](http://remf.dartmouth.edu/Pancreas/tn/20_PancreasGolgi33kX_74.jpg)
6. <https://fineartamerica.com/featured/2-pancreas-monica-schroeder.html>

Halaman 22 dan 23

- 1.1 <https://fineartamerica.com/featured/skin-section-sem-steve-gschmeissner.html>
- 1.2 <https://fineartamerica.com/featured/1-skin-cells-tem-steve-gschmeissner.html>
- 1.3 <https://fineartamerica.com/featured/2-skin-cell-sem-steve-gschmeissner.html>
2. [https://media.gettyimages.com/photos/skin-surface-sem-picture-id117451986?k=6&m=117451986&s=170667a&w=0&h=a5LyfcZVcBNq8jXdr1WSVxFa7ZSjufIO63kSjIEZ\\_tk=](https://media.gettyimages.com/photos/skin-surface-sem-picture-id117451986?k=6&m=117451986&s=170667a&w=0&h=a5LyfcZVcBNq8jXdr1WSVxFa7ZSjufIO63kSjIEZ_tk=)
3. <http://amcoffee.celebratewomantoday.com/wp-content/uploads/2014/06/Hands-with-peeling-skin.jpg>
4. <https://fineartamerica.com/featured/layers-and-cells-of-epidermis-asklepios-medical-atlas.html>
5. <https://www.utne.com/mind-and-body/under-your-skin-ze0z1405zjhar>
- 6.1 <https://fineartamerica.com/featured/2-cytoskeleton-sem-.html>
- 6.2 <https://fineartamerica.com/featured/1-microtubules-sem-.html>
7. <https://fineartamerica.com/featured/human-skin-pixologicstudio.html>

Halaman 25

1. [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQprshTT-u\\_xf8nVHBDuVomD1GYO1LcUZHPed0aV2CbckW6Qjp](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQprshTT-u_xf8nVHBDuVomD1GYO1LcUZHPed0aV2CbckW6Qjp)

Halaman 26, 27, dan 28

2. [biobook.kuensting.org](http://biobook.kuensting.org)
3. [https://en.wikipedia.org/wiki/Cell\\_wall#/media/File:Plant\\_cell\\_wall\\_diagram-en.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Cell_wall#/media/File:Plant_cell_wall_diagram-en.svg)
4. [https://www.researchgate.net/figure/7022383\\_fig1\\_Fig-1-Schematic-depiction-of-tracheid-cell-wall-structure-in-black-spruce-wood-W-thin](https://www.researchgate.net/figure/7022383_fig1_Fig-1-Schematic-depiction-of-tracheid-cell-wall-structure-in-black-spruce-wood-W-thin)
5. [http://classconnection.s3.amazonaws.com/954/flashcards/2108954/jpg/plant\\_cell\\_to\\_cell\\_wall1350955622737.jpg](http://classconnection.s3.amazonaws.com/954/flashcards/2108954/jpg/plant_cell_to_cell_wall1350955622737.jpg)
7. <https://fineartamerica.com/featured/cellulose-fibrils-tem-biophoto-associates.html>

Halaman 29 dan 30

1. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/da/Cell\\_membrane\\_detailed\\_diagram\\_en.svg/1280px-Cell\\_membrane\\_detailed\\_diagram\\_en.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/da/Cell_membrane_detailed_diagram_en.svg/1280px-Cell_membrane_detailed_diagram_en.svg.png)
5. <http://i18.servimg.com/u/f18/17/30/76/23/jkjqz10.png>

Halaman 31

3. <https://fineartamerica.com/featured/cell-division-interphase-kent-wood.html>
4. <https://fineartamerica.com/featured/4-plant-cell-mitosis-steve-gschmeissner.html>

#### Halaman 32

1. <https://fineartamerica.com/featured/nuclear-envelope-connecting-to-er-drjeremy-burgess.html>
2. <https://fineartamerica.com/featured/ribosomes-tem-cnri.html>

#### Halaman 33

2. [http://www.sciencephoto.com/image/214788/large/G4550042-SEM\\_of\\_ribosomes\\_pores\\_on\\_nuclear\\_membrane-SPL.jpg](http://www.sciencephoto.com/image/214788/large/G4550042-SEM_of_ribosomes_pores_on_nuclear_membrane-SPL.jpg)
5. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26932/figure/A2157>

#### Halaman 34

3. <https://media.nature.com/m685/nature-assets/cr/journal/v2/n2/images/cr199215f4.jpg>

#### Halaman 35

3. <https://fineartamerica.com/featured/1-lymphocyte-white-blood-cell-steve-gschmeissner.html>
4. <https://fineartamerica.com/featured/1-chromatin-fibers-tem-biology-pics.html>

#### Halaman 36 dan 37

4. <https://render.fineartamerica.com/images/rendered/search/print/images-medium/1-human-chromosome-1-sem-adrian-t-sumner.jpg>
5. <https://render.fineartamerica.com/images/rendered/search/print/images-medium-5/4-human-chromosome-10-sem-spl.jpg>

#### Halaman 38

1. [https://en.wikipedia.org/wiki/Cell\\_nucleus#/media/File:Blausen\\_0212\\_CellNucleus.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Cell_nucleus#/media/File:Blausen_0212_CellNucleus.png)
2. <https://mmegias.webs.uvigo.es/02-english/5-celulas/imagenes/nucleo-nucleolo.png>

#### Halaman 39 dan 40

4. <https://fineartamerica.com/featured/endoplasmic-reticulum-steve-gschmeissner.html>

#### Halaman 41 dan 42

- 2.1 <https://lh3.googleusercontent.com/9nyFA0gLplbbuLUIZTT2J21yDXYZACWYxLNOQd1CNMbPI-v9O8mrYWFTwj0S6VCqhw=h900>
- 2.2 <https://lh3.googleusercontent.com/K-24sn1svJkr1RrDR4bHJuwX1CDkdKjvuL9heE1ZlaU1KnLokCo3x1JkZiENeODTr8A=w300>
3. <https://fineartamerica.com/featured/1-organelles-tem-science-source.html>

#### Halaman 43 dan 44

2. <https://www.sciencesource.com/archive/-SS294258.html>
7. <https://fineartamerica.com/featured/1-escherichia-coli-tem-biology-pics.html>
9. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a8/80S\\_2XZM\\_4A17\\_4A19.png/600px-80S\\_2XZM\\_4A17\\_4A19.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a8/80S_2XZM_4A17_4A19.png/600px-80S_2XZM_4A17_4A19.png)
10. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/42/Ribosome\\_shape.png/800px-Ribosome\\_shape.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/42/Ribosome_shape.png/800px-Ribosome_shape.png)

#### Halaman 45 dan 46

4. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9d/Granum\\_labels.svg/432px-Granum\\_labels.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9d/Granum_labels.svg/432px-Granum_labels.svg.png)
- 5.1 <https://fineartamerica.com/featured/tem-of-a-chloroplast-from-a-tobacco-leaf-dr-jeremy-burgess.html>
- 5.2 <https://fineartamerica.com/featured/tem-of-a-chloroplast-drjeremy-burgess.html>
6. <https://fineartamerica.com/featured/1-chloroplast-grana-tem-biology-pics.html>

#### Halaman 47 dan 48

- 2.1 <https://render.fineartamerica.com/images/rendered/search/print/images/artworkimages/medium/1/mitochondria-tem-cnri.jpg>
- 2.2 <https://render.fineartamerica.com/images/rendered/search/print/images-medium/1-mitochondrion-tem-cnri.jpg>
3. [https://simple.wikipedia.org/wiki/Mitochondria#/media/File:Animal\\_mitochondrion\\_diagram\\_en\\_\(edit\).svg](https://simple.wikipedia.org/wiki/Mitochondria#/media/File:Animal_mitochondrion_diagram_en_(edit).svg)
4. <https://render.fineartamerica.com/images/rendered/search/print/images-medium-5/7-mitochondria-steve-gschmeissner.jpg>
5. <http://www.sciencephoto.com/media/214974/view>

#### Halaman 49

1. [https://sites.google.com/a/asu.edu/the-almighty-cell/\\_/rsrc/1285719061110/the-source/animal-cell/vacuole/vacuole%201.jpg?height=320&width=251](https://sites.google.com/a/asu.edu/the-almighty-cell/_/rsrc/1285719061110/the-source/animal-cell/vacuole/vacuole%201.jpg?height=320&width=251)
3. <https://fineartamerica.com/featured/leaf-cell-tem-biophoto-associates.html>

#### Halaman 50

2. <https://micro.magnet.fsu.edu/cells/lysosomes/images/lysosomesfigure1.jpg>

#### Halaman 51

2. <http://www.biologydiscussion.com/notes/peroxisomes-notes-on-the-origin-and-structure-of-peroxisomes/742>
3. <http://imgc.allpostersimages.com/images/P-473-488-90/64/6457/BJXH100Z/posters/donald-fawcett-peroxisomes-tem.jpg>

#### Halaman 52 dan 53

1. <https://qph.ec.quoracdn.net/main-qimg-eeee906f7d873a80a0b786b6791afc2.webp>
2. [https://www.78stepshealth.us/plasma-membrane/images/3342\\_115\\_144-components-cytoskeleton.jpg](https://www.78stepshealth.us/plasma-membrane/images/3342_115_144-components-cytoskeleton.jpg)
4. <https://fineartamerica.com/featured/microfilaments-tem-david-m-phillips.html>
5. <https://fineartamerica.com/featured/1-microtubules-thomas-deerinck-ncmir.html>
6. <http://bio.ph.tum.de/home/e27-prof-dr-bausch/research-areas/cytoskeleton-and-biopolymernetworks/intermediate-filamentnetworks.html>
7. <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S0022283606006115-gr1.jpg>

#### Halaman 54

- 1.1 [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fd/Centrosome\\_%28borderless\\_version%29-en.svg/800px-Centrosome\\_%28borderless\\_version%29-en.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/fd/Centrosome_%28borderless_version%29-en.svg/800px-Centrosome_%28borderless_version%29-en.svg.png)
- 1.2 <https://en.wikipedia.org/wiki/Centriole#/media/File:Centriole-en.svg>
2. <https://fineartamerica.com/featured/centriole-tem-alvin-telser.html>
3. <https://fineartamerica.com/featured/1-centriole-formation-tem-david-m-phillips.html>
4. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/33/Centrosome.svg/698px-Centrosome.svg.png>
6. [http://cronodon.com/sitebuilder/images/centriole\\_1-466x450.jpg](http://cronodon.com/sitebuilder/images/centriole_1-466x450.jpg)



# Daftar pustaka e-book gambar

- Alberts, B., A. Johnson., J. Lewis., M. Raff., K. Roberts, & P. Walter. 2002. *Molecular Biology of The Cell Fourth Edition*. New York: Garland Science.
- Campbell, N. A., J. B. Reece, L. A. Urry, M. L. Cain, S. A. Wasserman, P. V. Minorsky, & R. B. Jackson. 2014. *Biology Ninth Edition*. USA: Pearson Education.
- Campbell, N. A., J. B. Reece, L. A. Urry, M. L. Cain, S. A. Wasserman, P. V. Minorsky, & R. B. Jackson. 2014. *Biology Tenth Edition*. USA: Pearson Education.
- Campbell, N. A., J. B. Reece, L. A. Urry, M. L. Cain, S. A. Wasserman, P. V. Minorsky, & R. B. Jackson. 2014. *Biology Eleventh Edition*. USA: Pearson Education.
- Evert, R. F. & S. E. Eichhorn. 2013. *Raven Biology of Plants Eight Edition*. USA: W. H. Freeman and Company.
- Gartner, L. P., J. L. Hiatt, & J. M. Strum. 2011. *BRS Cell Biology & Histology 6th Edition*. China: Lippincott Williams & Wilkins.
- Hardin, J., G. P. Bertoni, & L. J. Kleinsmith. 2012. *Becker's World of The Cell Eighth Edition*. USA: Pearson Education.
- Lodish, H., A. Berk, P. Matsudaira, C. A. Kaiser, M. Krieger, M. P. Scott, L. Zipursky, & J. Darnell. 2003. *Molecular Cell Biology Fifth Edition*. New York: W. H. Freeman Company
- Purves, W. K., D. E. Sadava., G. H. Orians, & H. C. Heller. 2003. *Life: The Science of Biology Seventh Edition*. Sunderland: Sinauer Associates and W. H. Freeman.
- Raven, P. H, & G. B. Johnson. 2002. *Biology Sixth Edition*. Boston: McGraw-Hill.
- Simon, E., J. Reece, & J. Dickey. 2013. *Campbell Essential Biology with Physiology Fourth Edition*. USA: Pearson Education.
- Taiz, L. & E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology Third Edition*. USA: Sinauer Associates, Inc.
- Tortora, J. G., B. R. Funke, & C. L. Case. 2010. *Microbiology An Introduction Tenth Edition*. USA: Pearson Education.
- Willey, J. M., L. M. Sherwood, & C. J. Woolverton. 2008. *Prescott, Harley, and Klein's Microbiology Seventh Edition*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.

# Daftar pustaka materi

## Buku referensi

- Cadogan, A. & N. Green. 1985. *Biology*. London: Heinemann Educational Book Ltd.
- Campbell, N. A., J. B. Reece, L. A. Urry, M. L. Cain, S. A. Wasserman, P. V. Minorsky, & R. B. Jackson. 2012. *Biologi Edisi Delapan Jilid 1*. Terjemahan: Damaring Tyas Wulandari. Jakarta: Erlangga.
- Campbell, N. A., J. B. Reece, L. A. Urry, M. L. Cain, S. A. Wasserman, P. V. Minorsky, & R. B. Jackson. 2012. *Biologi Edisi Delapan Jilid 2*. Terjemahan: Damaring Tyas Wulandari. Jakarta: Erlangga.
- Campbell, N. A., J. B. Reece, L. A. Urry, M. L. Cain, S. A. Wasserman, P. V. Minorsky, & R. B. Jackson. 2014. *Biology Tenth Edition*. USA: Pearson Education.
- Evert, R. F. & S. E. Eichhorn. 2013. *Raven Biology of Plants Eight Edition*. USA: W. H. Freeman and Company.
- Gartner, L. P., J. L. Hiatt, & J. M. Strum. 2011. *BRS Cell Biology & Histology 6th Edition*. China: Lippincott Williams & Wilkins.
- Hidayat, E. B. 1995. *Anatomi Tumbuhan Berbiji*. Bandung: ITB.
- Hardin, J., G. P. Bertoni, & L. J. Kleinsmith. 2012. *Becker's World of The Cell Eighth Edition*. USA: Pearson Education.
- Irnaningtyas. 2013. *Biologi untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Erlangga.
- Lodish, H., A. Berk, P. Matsudaira, C. A. Kaiser, M. Krieger, M. P. Scott, L. Zipursky, & J. Darnell. 2003. *Molecular Cell Biology Fifth Edition*. New York: W. H. Freeman Company
- Marianti, A. & Sumadi. 2007. *Biologi Sel*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mulyani, S. 2006. *Anatomi Tumbuhan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Nature Vol: 451. 2008. Bacteria's New Bones. Nature Publishing Group.
- Parker, S. 2009. *Ensiklopedia Tubuh Manusia*. Jakarta: Erlangga.
- Pommerville, J. C. 2011. *Alcamo's Fundamentals of Microbiology*. USA: Jones and Bartlett Publisher.
- Subowo. 2010. *Biologi Sel Edisi 7*. Bandung: Sagung Seto.

## Referensi online

- Cooper, G. M. 2000. *The Cell, 2nd Edition A Molecular Approach*. Sunderland: Sinauer Associates. Online at <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK9834/>
- Gruenbaum, Y., R. D. Goldman, R. Meyuhas, E. Mills, A. Margalit, A. Fridkin, Y. Dayani, M. Prokocimer, & A. Enosh. 2003. The Nuclear Lamina and It's Functions in The Nucleus. Online at <http://www.ncbi.nlm.gov/pubmed/12921235>
- Lipi. 2010. Karakterisasi dan Analisa Struktur Nano dengan Mikroskop Elektron. Online at <http://situs.opi.lipi.go.id/wntsem&tem/>
- Burgess, Jeremy. 1989. An introduction to plant cell development (<https://books.google.com/books?id=r808AAAAIAAJ&pg=PA46>) (Pbk. ed.). Cambridge: Cambridge university press. p. 46. ISBN 0-521-31611-1.



## Tentang penyusun

Nurul Ummi Lathifah lahir di Cilacap, 29 Oktober 1992. Merupakan anak kedua dari pasangan Drs. Prayogo dan Dra. Niken Widhi Widyawati. Sebelum menjadi mahasiswi jurusan biologi UNNES, penyusun telah berhasil menamatkan pendidikannya di SD Negeri 2 Adipala, SMP Negeri 1 Cilacap, dan SMA Negeri 1 Cilacap. Biologi sel, Anatomi tumbuhan, dan Biologi molekuler merupakan mata kuliah favoritnya.

Atlas Biologi Sel terilhami dari pengalaman belajar penyusun selama perkuliahan. Belajar mengenai struktur sel tidak cukup hanya dengan mengandalkan teks, namun juga harus ada gambar yang merepresentasikan struktur tersebut. Telah banyak penelitian yang membuktikan bahwa belajar dengan menggunakan gambar akan menambah daya ingat. Oleh karena itu, penyusun berharap dengan adanya Atlas Biologi Sel, siswa lebih memahami materi dan senang mempelajari biologi khususnya materi Sel.

## Editor



Wiwi Isnaeni, lahir di Banyumas Jawa Tengah pada bulan Agustus tahun 1958. Beliau menyelesaikan pendidikan SD, SMP, dan SMA di Banyumas. S1 diraih dari Pendidikan Biologi IKIP Yogyakarta. S2 ditempuh di Biologi, PPs UGM. Kemudian doktor bidang kependidikan diraih dari program Pengukuran dan Evaluasi Pendidikan PPs UNY. Saat ini, beliau menjadi dosen untuk berbagai matakuliah biologi dan

kependidikan di Program Studi Pendidikan Biologi dan Biologi S1 FMIPA UNNES, Prodi Pendidikan IPA, PEP dan Pendidikan Dasar S2, PPs UNNES, Prodi Pendidikan IPA S3 dan pada Program Profesi Guru di Jurusan Biologi UNNES, juga sebagai asesor di PLPG UNNES. Berbagai penelitian khususnya di bidang fisiologi hewan dan kependidikan biologi telah dilakukan dan dipublikasikan melalui seminar dan jurnal. Buku yang telah ditulisnya ialah buku fisiologi hewan dan tiga buah buku biologi SMK, serta sebuah monograf berjudul Urgensi Implementasi PKP (Pendekatan Keterampilan Proses) untuk konstruksi pengetahuan IPA.

## Editor



Bambang Priyono, dilahirkan di Temanggung Jawa Tengah pada bulan Maret tahun 1957. Memperoleh gelar S1 dari Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta tahun 1986 dengan bidang ilmu Zoologi. Pada tahun 2001, lulus S2 dan memperoleh gelar M.Si dari Program Pasca-sarjana UGM dengan bidang ilmu Ekologi Hewan.

Saat ini, beliau menjadi dosen untuk berbagai matakuliah biologi di Program Studi Pendidikan Biologi dan Biologi S1 FMIPA UNNES. Matakuliah yang diampu yaitu Ekologi, Ekologi Hewan, Evolusi, Geologi, dan Biologi Umum. Berbagai penelitian dan pengabdian kepada masyarakat telah dilakukan dan dipublikasikan melalui seminar dan jurnal nasional maupun internasional.



# ABISEL

NURUL UMMI LATHIFAH

