

K₂ 4-10-94

ORGANELA-ORGANELA PENSINTESIS
KARBOHIDRAT, PROTEIN, DAN LIPIDA



MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG

DI TERIMA TGL	6-12-94
SUMBER/HARGA	lx
KOLEKSI	KKI
NO INVENTARIS	1662/lx/94-01(2)
LOKASI	574.19 nis ① Oleh

Drs. Ristiono, M.Pd.

Jurusan Pendidikan Biologi
Fakultas Pendidikan Matematika dan IPA
Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan Padang
1994

MILIK UPT PERPUSTAKAAN
IKIP PADANG

KATA PENGANTAR

Kajian struktur, ultra dan mikroultra struktur sel meliputi membran sel dan organela-organela yang terkandung dalam sel, seperti mitokondria, lisosoma, retikulum endoplasma, ribosoma, kompleks golgi, kloroplas pada tumbuhan, nukleus, dan lain-lain.

Proses fisikokimia, biokimia, dan analisis mikrokimia meliputi seluruh proses kimia yang terjadi dalam sel, seperti proses transportasi materi, reaksi metabolik pada kloroplas, retikulum endoplasma, kompleks golgi, ribosoma dan lain-lain.

Dalam pembahasan, penulis menjelaskan kajian organela-organela pensintesis karbohidrat, protein dan lipida. Bahasan organela sel tersebut berupa kloroplas pada tumbuhan dan peranannya dalam proses fotosintesis, retikulum endoplasma, dan ribosoma serta peranannya dalam sintesis membran dan protein, dan golgi-aparatus serta peranannya dalam sel.

Oleh karena sebagian kajian materi yang dibahas berkaitan dengan berbagai bidang ilmu biologi, seperti biologi sel, biokimia, fisiologi dan genetika, maka dapat dimanfaatkan dalam ilmu yang disebutkan di atas.

Dalam membuat karya ilmiah ini, penulis mendapat bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu Dra. Hj. Yuslidar Yunus (Lektor Kepala Madya/IVb) yang telah meluangkan waktu untuk konsultasi penyempurnaan isi buku ini.
2. Semua pihak yang telah sudi membantu penyelesaian buku ini, tanpa penulis sebutkan namanya satu persatu.

Dilain pihak, penulis juga mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca, demi perbaikan dan kesempurnaan penulisan buku ini di masa datang.

Padang, Juli 1994

Penulis.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
BAB I KOROPLAS	1
A. Struktur Kloroplas	1
1. Struktur Umum Kloroplas	1
2. Struktur Ultra Kloroplas	3
B. Kloroplas Sebagai Organel Fotosintesis	7
1. Klorofil	8
2. Fotosintesis	11
C. Biogenesis Kloroplas	22
1. Kloroplas Sebagai Salah Satu Organel Semio- tonom	22
2. Perkembangan Kloroplas	23
BAB II RETIKULUM ENDOPLASMA DAN RIBOSOMA	26
A. Struktur Retikulum Endoplasma	26
1. Tampak Morfologis	26
2. Struktur Kimiawi	28
B. Fungsi Retikulum Endoplasma	29
1. Peranan Selaput Retikulum Endoplasma	29
2. Peranan Cairan Luman Retikulum Endoplasma..	35
C. Biogenesis Retikulum Endoplasma	36
1. Terbentuknya Selaput Retikulum Endoplasma..	36
2. Perkembangan Selaput Retikulum Endoplasma..	37
D. Ribosoma dan RNA	38

E. Biogenesis Ribosoma	40
F. Sintesis Protein	41
1. Aktivasi Asam Amino	42
2. Tahap inisiasi	43
3. Tahap Pemanjangan (elongation)	44
4. Tahap penghentian (termination)	46
5. Modifikasi protein	47
BAB III KOMPLEKS GOLGI	51
A. Ultra Struktur Kompleks Golgi	51
B. Struktur Kimiawi Kompleks Golgi	52
C. Fungsi dan Peranan Kompleks Golgi.....	55
1. Perakitanm molekul makro berkarbohidrat Tinggi	55
2. Proses Sekresi	57
3. Pembentukan Akrosoma	59
4. Pembentukan fragmoplast.....	60
5. Pembentukan Lisosoma	61
D. Biogenesis Kompleks Golgi	62
DAFTAR PUSTAKA	64

BAB I

K L O R O P L A S

A. Struktur Kloroplas

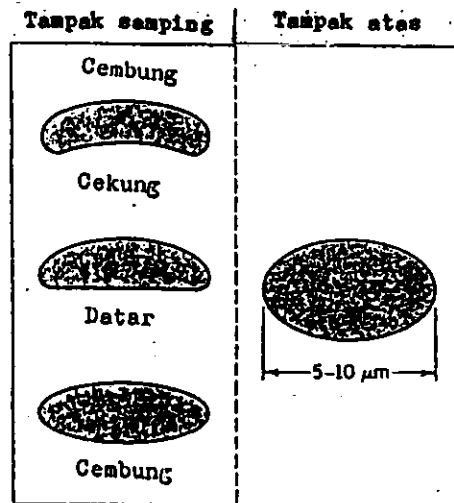
1. Struktur umum kloroplas

Kloroplas adalah plastida yang berwarna hijau, terdapat di dalam sel-sel tumbuhan lumut (Bryophyta), ganggang (Algae), paku-pakuan (Pteridophyta), dan tumbuhan berbiji (Spermatophyta).

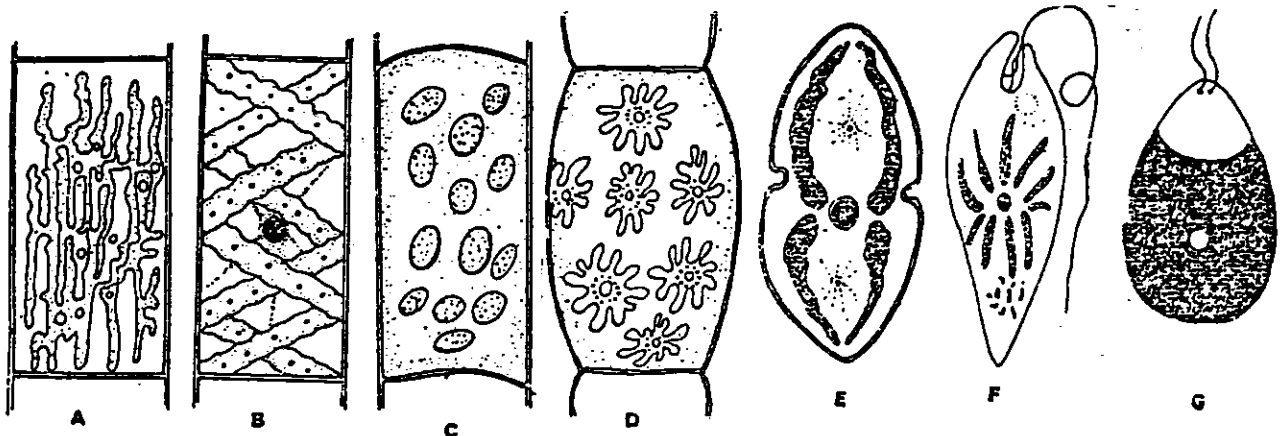
Jika dilihat dari samping, kloroplas berbentuk seperti lensa dengan satu sisi atau permukaan yang cembung dan permukaan lainnya cekung, datar, dan cembung. Sumbu panjang kloroplas berukuran 5 - 10 um, dan jika dilihat dari atas berbentuk ellip.

Bentuk kloroplas beraneka ragam, ada kloroplas berbentuk jala, pita spiral, lensa, dan bintang. Banyak tumbuhan tinggi memiliki sel yang mengandung kloroplas sebanyak 50- 200 buah (Thorpe, 1984, hal 432).

Untuk mengetahui bentuk dan ukuran kloroplas, para ahli melakukan isolasi terhadap daun bayam. Daun dihomogenasi dalam larutan NaCl 0,35 M atau sukrosa 0,3-0,4 M dengan pH mendekati netral, yaitu pH 8. Serpihan dinding dan nukleus disaring. Selanjutnya dengan sentrifugasi 1000 g, diperoleh kloroplas yang berada paling bawah (Thorpe, 1984, hal. 432).



Gambar 1: Morfologi kloroplas secara klasik (Thorpe, 1984; 433)



Gambar 2 : A. Kloroplas berbentuk jala di dalam sel Oedogonium.

B. Kloroplas berbentuk pita spiral di dalam sel ganggang Spirogyra.

C. Kloroplas berbentuk lensa di dalam sel Phloeiella.

D. Kloroplas berbentuk bintang di dalam sel Rhodochorton.

E. Kloroplas pada tumbuhan Euastrum clavis.

F. Kloroplas pada Euglena

G. Kloroplas pada Chlamydomonas

(Varuta AT.& KS. Bhatia, 1976; 113).

2. Struktur ultra kloroplas

a. Sistem membran kloroplas

Kloroplas dibatasi oleh dua sistem membran, yaitu membran luar dan membran dalam, yang dipisahkan oleh ruang antar membran. Membran dalam dihubungkan dengan suatu kompleks membran, yaitu bagian membran dalam yang melintasi bagian dalam kloroplas, membentuk kantong pipih yang disebut tilakoid, sehingga organella ini memiliki sistem tiga membran. Tilakoid itu terdapat dalam stroma. Tumpukan beberapa tilakoid disebut grana. Masing-masing tilakoidnya disebut tilakoid granum. Setiap granum dibatasi oleh sekat-sekat. Daerah sekat yang membatasi setiap tilakoid granum dinamakan zona partisi. Tilakoid yang memanjang ke stroma disebut tilakoid stroma, dan tilakoid yang melintasi satu granum ke granum yang lain dinamakan fret.

Membran luar permeabel bagi bermacam senyawa dengan berat molekul rendah seperti nukleotida, fosfat organik, derivat-derivat fosfat, asam karboksilat, dan sukrosa. Membran dalam merupakan pembatas fungsional antara sitosol dan stroma. Ia tidak permeabel bagi sukrosa, sorbitol, dan berbagai anion seperti di dan trikarboksilat, fosfat dan senyawa-senyawa seperti nukleotida dan gula fosfat. Namun permeabel bagi CO_2 dan asam monokarboksilat tertentu dan kurang permeabel terhadap asam amino. Membran dalam mengandung

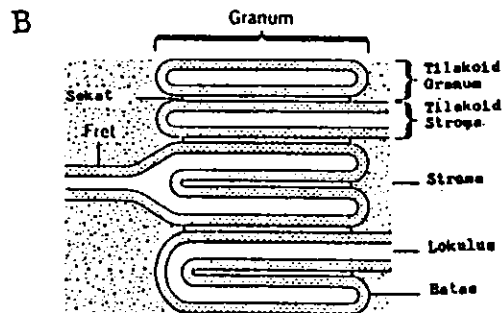
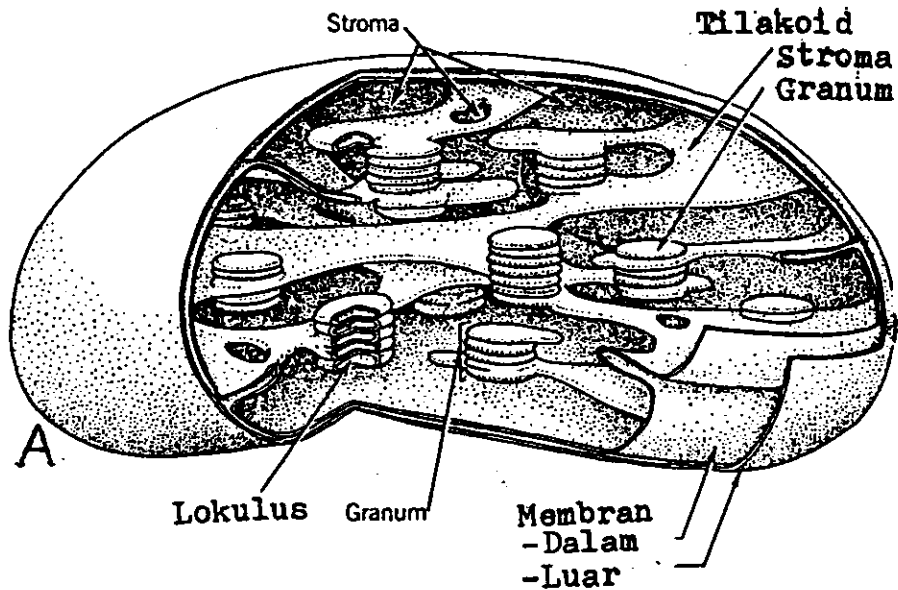
protein pembawa khas untuk mengangkut fosfat, fosfoglisarat, dehidroksi aseton fosfat, dikarboksilat, dan ATP (Thorpe, 1984, 435).

Sistem membran bagian dalam merupakan membran tilakoid, berisi kelengkapan enzim yang kompleks untuk reaksi terang. Membran tilakoid mengandung klorofil, "carrier" elektron, dan faktor penggandeng (coupling factors) transpor elektron pada fosforilasi.

Membran tilakoid mengandung sekitar 50% lipid; 10% fosfolipid, 40% galaktolipid, dan 4% sulfolipid.

Stroma mengandung enzim-enzim untuk melaksanakan fiksasi CO_2 , beberapa macam partikel seperti butir pati, plastoglobulin, yaitu tempat penyimpanan lipida terutama plastokuinon, tokoforilkuinon, serta mengandung ribosoma dan benang-benang DNA (Thrope, 1984, hal 436-437).

Gambaran model kloroplas yang menekankan penamaan komponen-komponennya dan model struktur membran dalam pada granum dapat dilihat pada halaman berikut ini.



Gambar 3:A. Satu model kloroplas yang penekanan pada komponennya.

B. Satu model struktur membran dalam pada granum.

(Thorpe, 1984; 433).

b. Komposisi kimia kloroplas

Komposisi kimia dari kloroplas dapat diketahui dengan gambaran kloroplas bayam yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1 : Komposisi Kimia Kloroplas Bayan

Komponen	Berat kering kloroplas (%)	
	Kloroplas dipisahkan dari air	Nilai koreksi Protein terlarut yang hilang
Jumlah protein	50	69
Protein tidak larut dalam air	50	31
Protein larut air	0	38
Jumlah lipida	34	21
Klorofil	8	5
Karotenoid	1,1	0,7
Asam Ribonukleat	-	1,0-7,5
Asam Deoksiribonukleat	-	0,02-0,1
Karbohidrat (tepung, dll)	Berubah-ubah	

(Sheeler, 1987; 424).

Berdasarkan analisis peptida dan SDS gel.elektroporesis, dapat dilihat perbedaan komposisi antara stroma dan lamela grana.

Tabel 2 : Komponen utama pada lamela stroma dan lamela grana.

!	! Lamela	! Lamela	!
!	! Stroma	! Grana	!
! Jumlah klorofil	! 278 ^a	! 401	!
! Klorofil a	! 238	! 281	!
! Klorofil b	! 40	! 130	!
! P ₇₀₀	! 2,5	! 0,6	!
! β -Karoten	! 21	! 17	!
! Lutein	! 10	! 29	!
! Neoxantin	! 15	! 20	!
! Fosfolifida	! 8	! 16	!
! Monogalaktosil digliserida	! 76	! 66	!
! Digalaktosil digliserid	! 231	! 214	!
! Sulfolipida	! 172	! 185	!
! Sitokrom b	! 1,0	! 3,4	!
! Sitokrom f	! 0,5	! 0,7	!
! Mangan	! 0,3	! 3,2	!

^aNilai dalam mikromol pada komponen per gram pada membran protein.

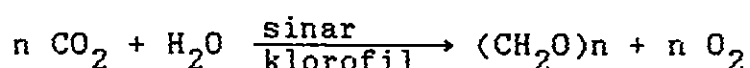
(Sheeler, 1987; 425)

B. Kloroplas Sebagai Organel Fotosintesis

Suatu sifat fisiologi yang hanya dimiliki khusus oleh tumbuhan ialah kemampuannya untuk menggunakan zat karbon dari udara untuk diubah menjadi bahan organik serta diasimilasikan di dalam tubuh tanaman. Peristiwa ini hanya berlangsung jika ada cukup cahaya. Fotosintesis merupakan suatu proses perubahan zat-zat anorganis H₂O dan CO₂ oleh klorofil menjadi zat organik dengan bantuan cahaya.

Pengubahan energi cahaya menjadi energi kimiawi yang kemudian di dalam tubuh tanaman, hewan atau manusia dijadikan energi kerja dalam peristiwa pernafasan itu merupakan rangkaian proses kehidupan di dunia ini.

Fotosintesis merupakan salah satu fungsi biologis dasar yang terpenting dari kloroplas. Melalui klorofil yang terkandung dalam kloroplas, tumbuhan hijau menangkap energi cahaya matahari yang dipancarkan sebagai foton dan mengubah bentuknya menjadi energi kimia. Energi ini ditimbun dalam senyawa kimia. Reaksi fotosintesis secara umum sebagai berikut :



Reaksi ini menunjukkan, bahwa pada dasarnya fotosintesis merupakan penggabungan CO_2 dan H_2O untuk membentuk karbohidrat dengan melepaskan O_2 . Disamping itu, ada dua peristiwa kimia yang kompleks terlibat. Yang pertama adalah reaksi fotokimia atau terang yang terjadi pada lamela dari kloroplas. Pada reaksi ini energi cahaya diabsorpsi dan digunakan untuk membentuk ATP serta menguraikan molekul air dan pembebasan oksigen. Hidrogen digunakan untuk mereduksi NADP. Reaksi yang kedua adalah reaksi sintesis atau reaksi gelap yang terjadi pada stroma dari kloroplas. Walaupun reaksi ini tidak memerlukan cahaya, namun reaksinya tergantung akan adanya ATP dan NADPH_2 dari reaksi pertama dalam rangka mereduksi CO_2 menjadi gula.

1. Klorofil

Salah satu komponen penting dalam kloroplas adalah klorofil. Klorofil dapat dibedakan menjadi klorofil a, b, c, dan d, bakterioklorofil dan bakterioviridin. Yang

paling dikenal dan paling penting adalah klorofil a dan b yang terdapat pada tumbuhan tinggi.

Setiap macam klorofil mempunyai ciri karakteristik mengenai spektrum absorpsi, klorofil a maksimum 430 dan 670 nm, sedangkan klorofil b pada 455 dan 640 nm. Absorpsi maksimum dari klorofil beberapa jenis tanaman disampaikan berikut ini :

Tabel 3: Absorpsi maksimal dari pigmen tumbuhan dan bakteri.

Pigmen	Panjang Gelombang (nm)	Terdapat pada
Klorofil a	430.670	Semua tumbuhan hijau
Klorofil b	455.640	Tumbuhan tinggi, ganggang hijau
Klorofil c	445.625	Diatome, ganggang coklat
Bakterioklorofil	365.605.770	Bakteri hijau dan ungu
α Karotin	420.440.470	Daun, beberapa ganggang
β Karotin	425.450.480	Beberapa tumbuhan
γ Karotin	440.460.495	Beberapa tumbuhan
Luteol	425.445.475	Daun hijau, ganggang merah dan coklat
Violaksantol	425.450.475	Beberapa daun
Fukoksantol	425.450.475	Diatome, ganggang coklat
Pikoeritrin	490.546.576	Ganggang merah dan biru-hijau
Pikosianin	618	Ganggang merah dan biru-hijau
Allofikoksantin	654	Ganggang merah dan biru-hijau

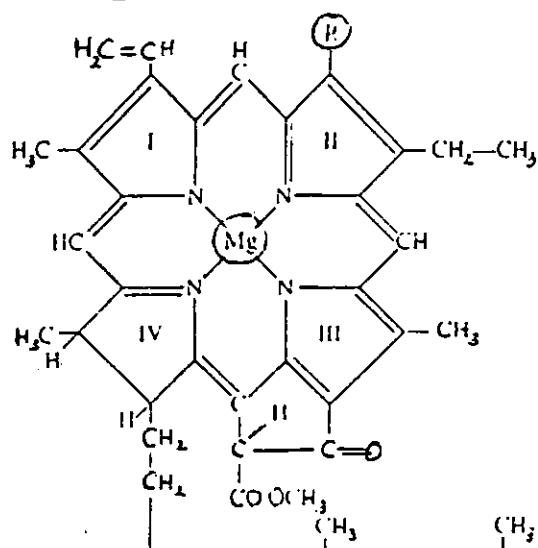
(Sheeler, 1980; 371).

Molekul-molekul klorofil pada umumnya tersusun dari C, H, O, N, dan Mg sebagai intinya.

Klorofil bersama-sama dengan karotenoid dan santofil terdapat dalam grana. Melalui pengamatan mikroskop

elektron terlihat, bahwa granum terdiri dari tilakoid yang bertumpuk-tumpuk serupa ongkongan uang logam dan pada permukaan tilakoid terdapat bentukan-bentukan seperti batu kerikil yang disebut kuantosoma, yang penting untuk sintesis ATP. Berdasarkan penelitian telah diketahui, bahwa setiap kuantosoma mengandung 230 klorofil dan 48 molekul karotenoid. Setiap unit juga mengandung molekul P700. Atas dasar perhitungan ini dan juga berdasarkan hasil penelitian secara fisiologi telah disepakati, bahwa kuantosoma adalah unit dasar dari fotosintesis. Pigmen-pigmen lain yang termasuk dalam kelompok karotenoid ditutupi oleh warna hijau dari klorofil. Pada musim gugur, jumlah klorofil menurun dan pigmen-pigmen lain seperti karotin dan santofil menjadi semakin tampak. Seluruh pigmen yang penting dan sitokrom terdapat pada lamela.

Rumus bangun klorofil a dan b sebagai berikut :



Klorofil a: R-CH₃

Klorofil b: R-CHO

Gambar 4: Struktur Klorofil a dan b.
(Sheeler, 1980; 370)

2. Fotosintesis

Fotosintesis terdiri dari dua fase pokok. Yang diistilahkan fotolisis, yaitu pemisahan air oleh adanya cahaya dan klorofil. Fase ini diikuti dengan fiksasi CO_2 , yaitu penggabungan hidrogen hasil dari fotolisis dengan karbon dan oksigen dari CO_2 . Menurut istilah kimia, penambahan hidrogen pada senyawa merupakan salah satu bentuk dari "reduksi".

Oleh karena itu, fotosintesis fase kedua ini bisa dikategorikan sebagai "fiksasi- CO_2 yang reduktif".

a. Fotosintesis

1). Ionisasi klorofil

Jika cahaya mengenai molekul-molekul klorofil, maka energi dari semua gelombang-gelombang cahaya itu kecuali yang berwarna hijau diserap. Hasil dari penyerapan cahaya yang berwarna merah dan ungu kebiruan mengakibatkan molekul kehilangan sebuah elektron. Foton pada cahaya yang berwarna merah mempunyai energi yang cukup untuk membangkitkan dan mengionisasikan klorofil. Cahaya yang berwarna ungu kebiruan lebih energik, tetapi tidak dapat menunjukkan kemampuannya yang lebih besar pada ionisasi klorofil daripada cahaya yang berwarna merah.

Klorofil a tampaknya sebagai pigmen khusus yang diperlukan untuk reaksi-reaksi fotolisis. Pigmen-pigmen lainnya diketahui membantu

fotolisis tetapi secara tak langsung, misalnya karotenoid-karotenoid menyerap cahaya biru. Energi dari cahaya biru yang diserap mungkin ditransfer berturut-turut pada molekul-molekul karotenoid lainnya kemudian kepada klorofil b dan pada akhirnya turut mengakibatkan pembangkitan klorofil a. Begitu pula fikokseritrin dari ganggang merah menyerap cahaya biru dan energi ini ditransfer pada klorofil d yang kemudian terus ke klorofil a. Pada semua deretan transfer ini, klorofil a selalu sebagai penerima energi yang terakhir. Hanya pembangkitan klorofil a yang dapat meningkatkan fotolisis secara langsung. Fotosintesis dapat terjadi tanpa adanya pigmen-pigmen lain ataupun klorofil-klorofil lainnya, tetapi fotosintesis tidak dapat terjadi tanpa adanya klorofil a. Jika klorofil a yang ada di dalam grana bangkit karena cahaya dan telah dipakai untuk suatu donor elektron, maka klorofil itu dapat berfungsi sebagai penerima elektron, yaitu klorofil yang terionisasi itu bisa menangkap kembali sebuah elektron sehingga kembali menjadi netral muatan listriknya.

2). Pentransferan elektron yang siklis

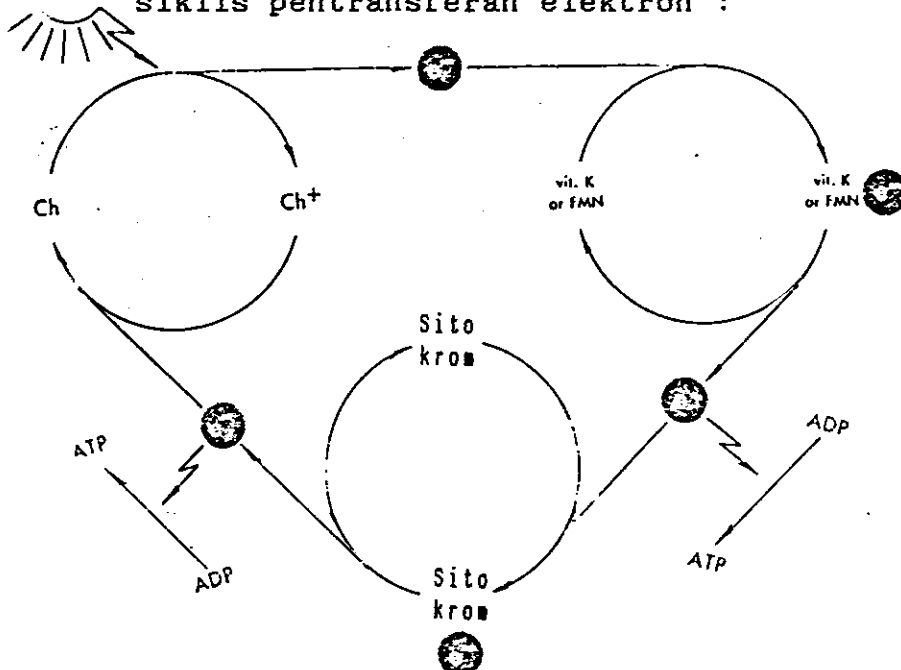
Di dalam pola transfer siklis, sebuah elektron terusir dari klorofil yang kemudian

dengan cepat ditangkap akseptor pertama yaitu vitamin K dan flavin mononukleotida/FMN. Selanjutnya elektron dilepaskan kepada akseptor kedua, yaitu sitokrom. Di dalam pentransferan elektron dari akseptor pertama ke akseptor kedua, energi dari elektron itu menyusut kemudian menjadi berguna jika ditangkap oleh zat-zat kimia tertentu, sehingga kembali menjadi energi yang kaya. Dengan demikian, pemindahan salah satu elektron dari vitamin K atau FMN ke sitokrom mengakibatkan beberapa energi terpakai dan bergabung ke dalam ADP dan fosfat, yang menghasilkan sebuah molekul ATP. Setelah sitokrom menerima sebuah elektron dan ATP terbentuk, elektron tersebut dapat dilepaskan kembali pada akseptor ketiga.

Akseptor ketiga adalah klorofil yang berbentuk ion, yang rangkaiannya dimulai dengan kehilangan elektron. Pada pentransferan elektron dari sitokrom yang berbentuk ion, energi fisika dari sebuah elektron diturunkan dan salah satu molekul ATP terbentuk.

Hasil dari seluruh rangkaian tersebut ialah sebuah elektron telah menjelajahi suatu perputaran lengkap, yaitu dari klorofil. Namun perputaran itu elektron yang pada permulaan perjalanannya dapat dikatakan kaya dengan energi

yang dibuat karena cahaya, sebaliknya kembalinya elektron itu dapat dikatakan miskin dengan energi. Perbedaan energi itu tergabung menjadi dua molekul ATP. Berikut ini digambarkan pola siklus pentransferan elektron :



Gambar 5: Pola siklus transfer elektron (Weisz, 1959, hal. 344).

3). Pentransferan elektron yang "non siklis"

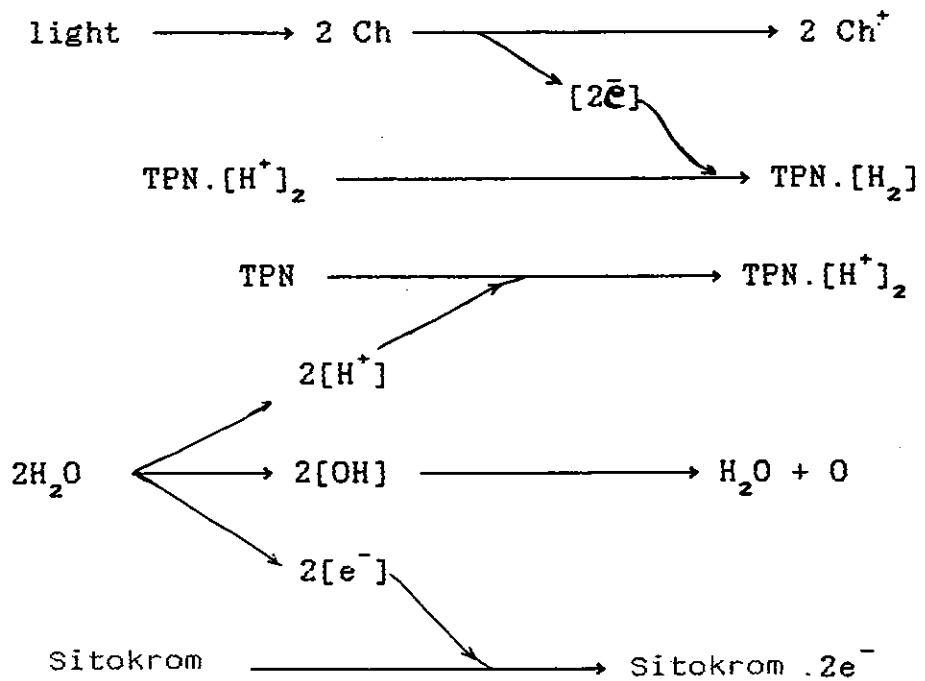
Pola siklis yang baru saja diuraikan menghasilkan energi dan merupakan penambahan yang berharga bagi respirasi. Tetapi pola siklis tidak dapat menghasilkan hidrogen yang penting untuk pembuatan makanan secara fotosintesis. Hidrogen tersebut disediakan melalui pola non siklis, yang berbeda dengan pola siklis dalam hal terusirnya sebuah elektron dari klorofil yang tidak akan kembali ke klorofil lagi. Pada akhirnya sumber

terakhir adalah air, bahan mentah yang fungsinya juga sebagai sumber hidrogen di dalam pembuatan makanan. Untuk mudahnya uraian ini, ionisasi air yang ikut serta dalam penyusunan tiga komponen yaitu (H^+), (OH^-) dan (e^-) ikut mengambil bagian dalam pola non siklis berikut ini :

- a). Ion hidrogen (H^+) tidak bebas di dalam kloroplas, tetapi terikat pada akseptor hidrogen tertentu. Akseptor ini adalah derivat dari nukleotida dan disebut triphosphoryl nucleotida atau TPN. Sebuah molekul TPN bergabung dengan dua hidrogen terbentuklah TPN (H^+)₂.
- b). Dua (OH^-) juga terbentuk karena ionisasi molekul-molekul air, akhirnya timbul dalam bentuk satu molekul air dan satu atom oksigen yang bebas.
- c). Dua elektron terbentuk dalam ionisasi dari dua molekul air yang tertangkap oleh akseptor elektron yaitu sitokrom.

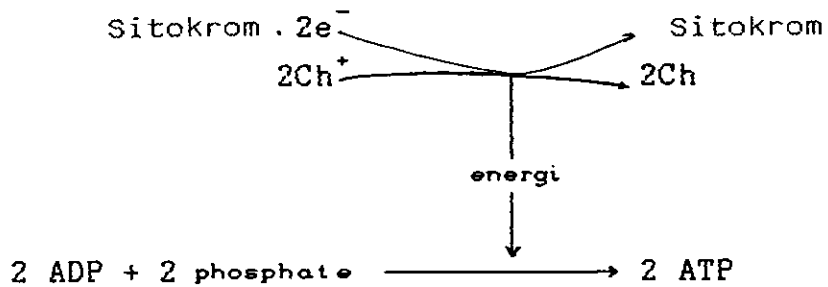
Jika dua molekul klorofil disinari terus-menerus, maka dua elektron dibebaskan dan ditangkap oleh TPN (H^+)₂ yang terbentuk karena ionisasi air, yang berfungsi sebagai akseptor elektron.

TPN.H₂ merupakan sumber hidrogen yang kelak digunakan untuk pembuatan karbohidrat.



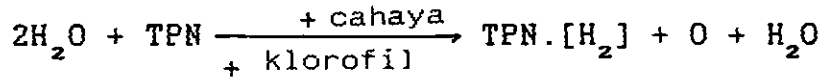
Gambar 6: Hasil-hasil ionisasi dari air di dalam grana.
(Weisz, 1958; 342)

Klorofil segera mendapatkan kembali elektron dari sitokrom $2e^-$, pemindahan ini menimbulkan energi pembentuk ATP.

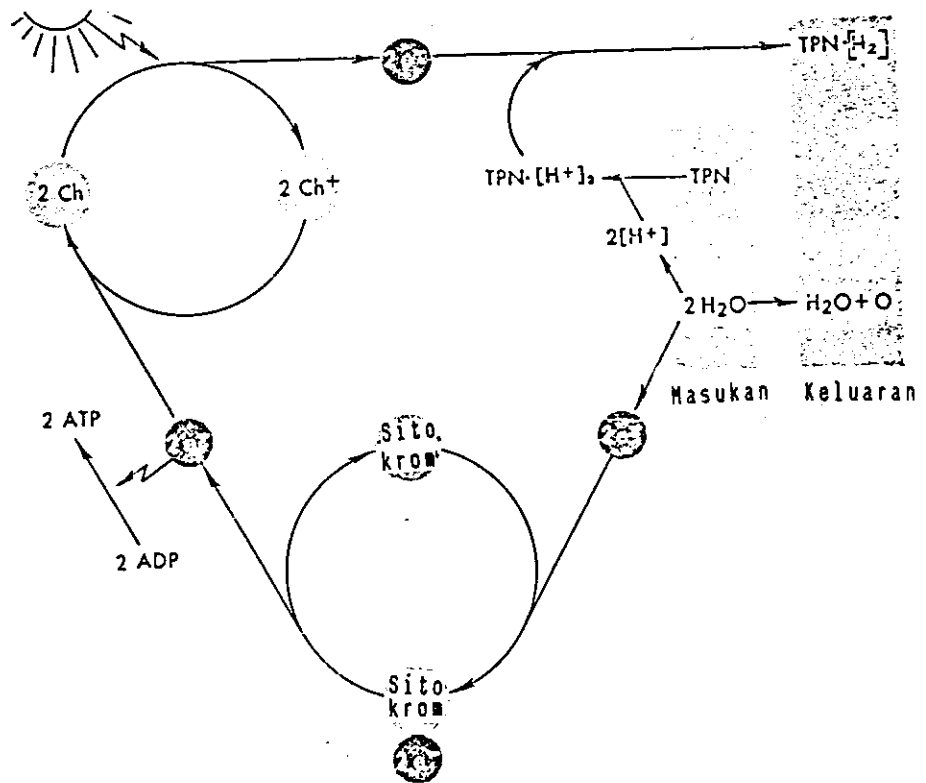
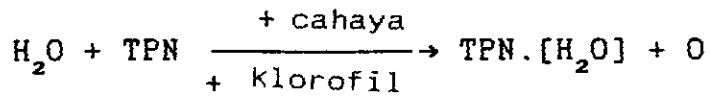


Hasil pemasukan bahan-bahan ke dalam seluruh rangkaian reaksi adalah satu molekul TPN, dua molekul air dan ADP, sedangkan hasil pengeluaran selain ATP juga TPN. (H_2), satu molekul air, dan

satu atom oksigen yang bebas. Dengan terbentuknya TPN .(H₂), maka proses berikutnya memasuki proses fiksasi CO₂. Proses pemasukan dan pengeluaran dapat diringkas seperti berikut ini :



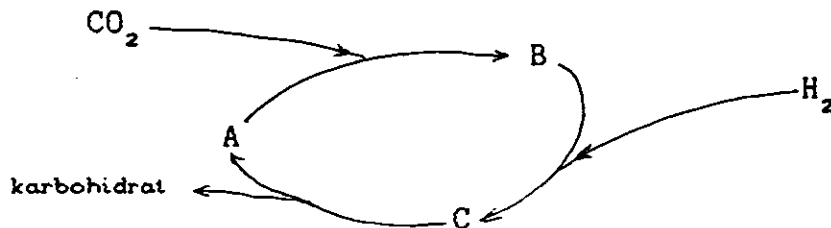
atau



Gambar 7: Pola non siklis transfer elektron (Weisz, 1959; 343)

b. Fiksasi CO₂

Pola umum putaran fiksasi CO₂ dapat digambarkan secara skematis sebagai berikut :

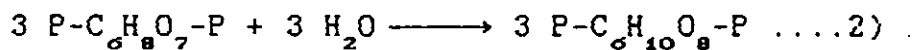
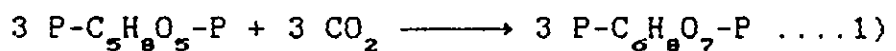


Gambar 8: Skema pola umum putaran fiksasi CO₂ dalam kloroplas. (Ilustrasi, 1994)

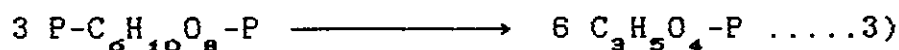
Tahapan dari putaran fiksasi CO₂ di atas dijelaskan di bawah ini :

1). Bagian AB

Zat yang pertama sekali berputar pada fiksasi CO₂ adalah karbohidrat berfosfor yang disebut ribulose difosfat (P-C₅H₈O₅-P) atau RDP. Jika tiga molekul RDP berada pada titik permulaan, tingkatan pertama adalah suatu reaksi dari tiga molekul tersebut dengan tiga molekul CO₂.



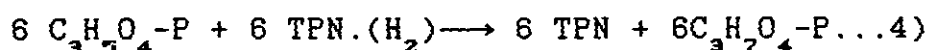
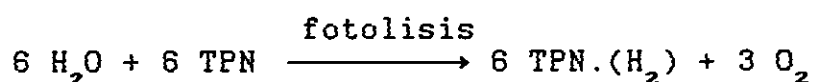
Hasil akhir merupakan suatu rantai karbon -6 dan masing-masing ujung masih mengikat gugusan -P. Zat ini sangat labil dan akan pecah menjadi dua fragmen. Dari tiga molekul karbon -6 dihasilkan enam molekul karbon -3 :



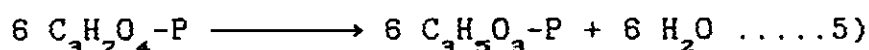
Senyawa pada reaksi 3 ini disebut fosfogliserin atau PGA.

2). Bagian BC.

Bagian ini melibatkan hidrogen hasil fotolisis dalam bentuk $\text{TPN} \cdot (\text{H}_2)$.



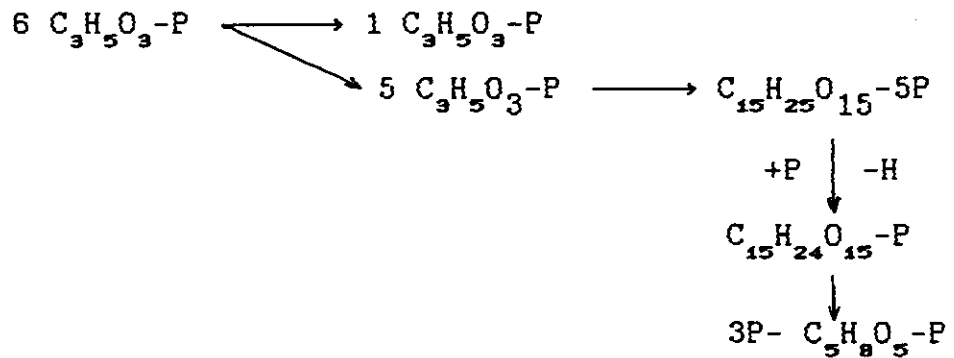
Hasil akhir yang pokok dari reaksi di atas ($\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_4\text{-P}$) mengalami penyederhanaan struktur yang pada reaksi berikutnya kehilangan sebuah molekul air. Dalam penyederhanaan enam molekul $\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_4\text{-P}$, sebagai hasil tambahan akan terdapat enam molekul air.



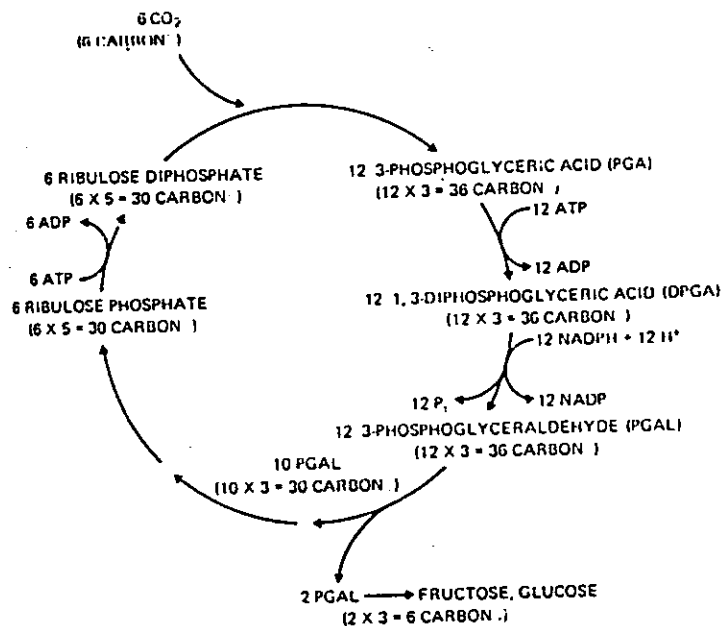
Dengan terbentuknya $6 \text{ C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{-P}$, bagian kedua dari siklus itu telah lengkap. Senyawa $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{-P}$ adalah fosfogliseraldehid atau PGAL.

3). Bagian CA

Keenam molekul PGAL hasil fiksasi CO_2 tersebut mengalami perubahan sebagai berikut :



Fiksasi CO_2 secara keseluruhan dapat digambarkan sebagai berikut :



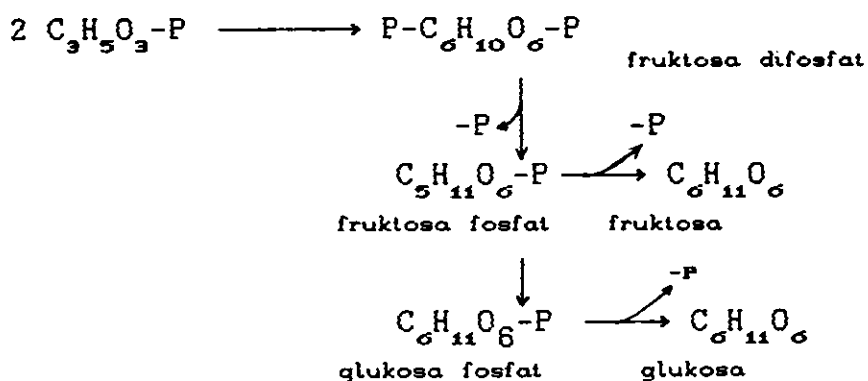
Gambar 9: Jalur fiksasi CO_2 dalam fotosintesis (Kimball, 1983; 161)

Hasil akhir dari fotosintesis, yaitu PGAL merupakan suatu molekul. Oleh karena bentuk-bentuk PGAL terdapat di dalam grana, maka sedikit-banyak tidak dapat tertimbun. PGAL tersebut dengan segera mengalami salah satu dari tiga hal yang utama, yaitu mungkin secara langsung digunakan sebagai

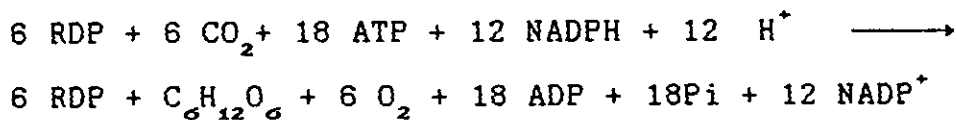
makanan bagi sel yang menghasilkannya; mungkin dikirim kepada sel-sel lain atau disimpan.

Sel yang hijau umumnya membuat PGAL lebih banyak dari pada yang diperlukannya untuk pemeliharaan dirinya. Secara besar-besaran hasil fotosintesis diangkut ke sel-sel yang tidak melakukan fotosintesis. Tetapi PGAL tidak diangkut seperti itu, karena sangat mudah bereaksi. Untuk itu, PGAL diubah menjadi glukosa dan fruktosa.

Beberapa tingkatan perubahan PGAL secara metabolis menjadi glukosa terlihat pada reaksi di bawah ini :



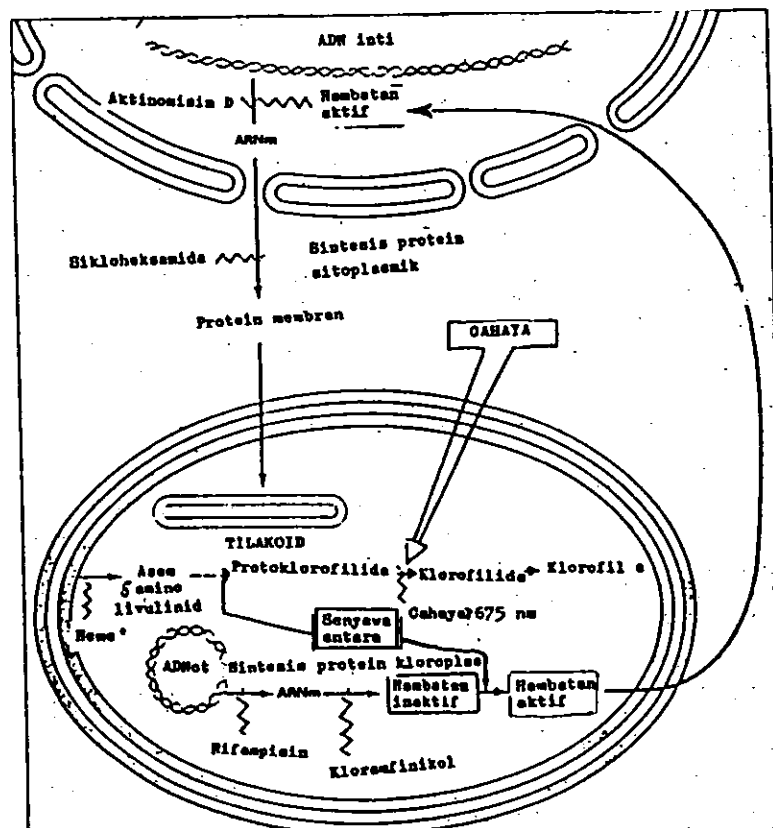
Secara keseluruhan, menurut Lehninger (1982, hal. 665) fotosintesis dilukiskan sebagai berikut :



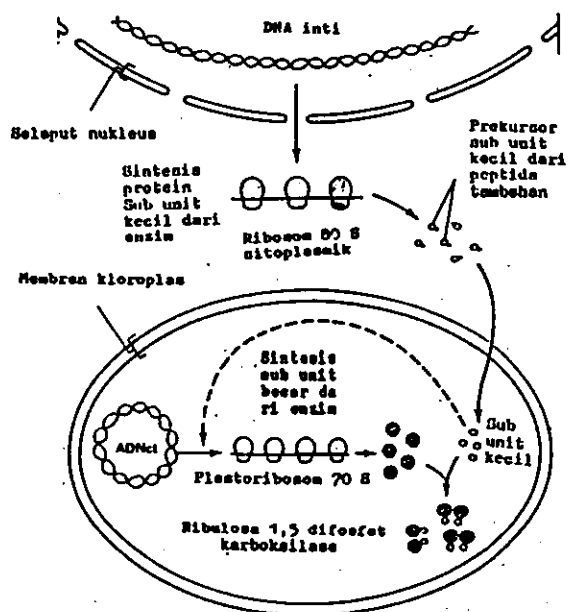
Fotosintesis merupakan proses yang "sangat efisien". Telah diketahui bahwa dari semua energi cahaya yang diserap oleh kloroplas, 50-60% ditemukan kembali sebagai energi pembentuk glukosa.

C. Biogenesis Kloroplas

1. Kloroplas sebagai salah satu Organel semiotonom Replikasi dan diferensiasi dikontrol sebagian oleh genom inti dan sebagian lagi oleh DNA kloroplas. Replikasi dan diferensiasi kloroplas dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan antara lain cahaya, suhu, nutrisi, dan hormon.
- Di bawah ini diperlihatkan hubungan genom inti dengan DNA kloroplas dalam hal sintesis protein dan ribulosa.



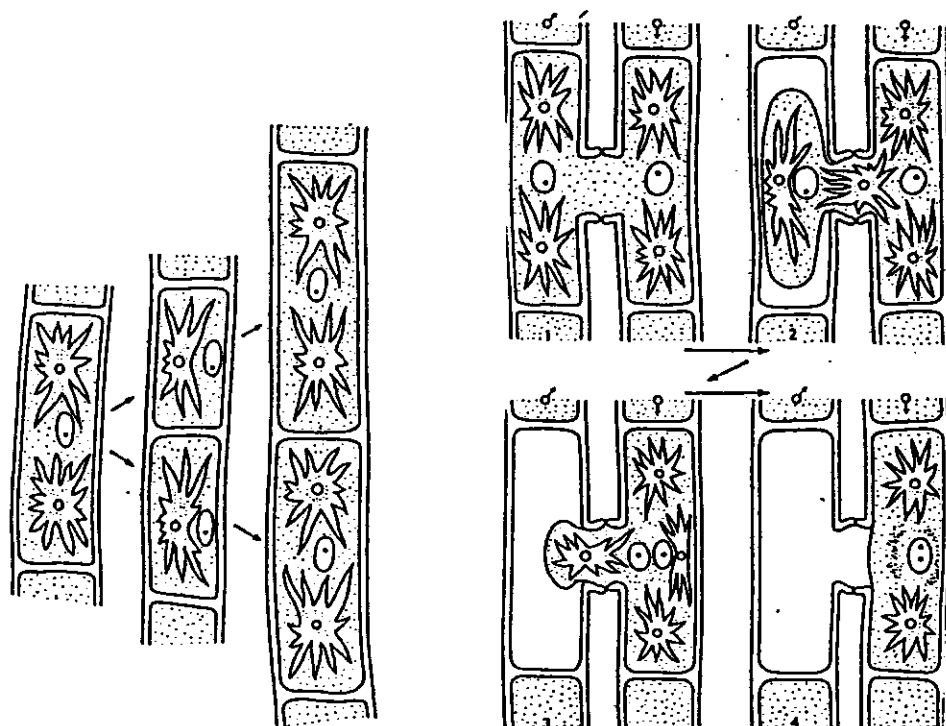
Gambar 10: Pengaturan sintesis protein di kloroplas dengan adanya cahaya yang dikode oleh inti pada *Chlamydomonas*. (Berkaloff, 1981; 85).



Gambar 11: Biosintesis ribulosa 1,5 difosfat karboksilase.
(Berkaloff, 1981; 78).

2. Perkembangan kloroplas

Perkembangan kloroplas secara umum dengan cara pembelahan, namun pada beberapa tumbuhan tingkat rendah dapat terjadi melalui konyugasi. Gambar-gambar di bawah ini memperlihatkan proses pembelahan dan konyugasi kloroplas.



a. Pembelahan

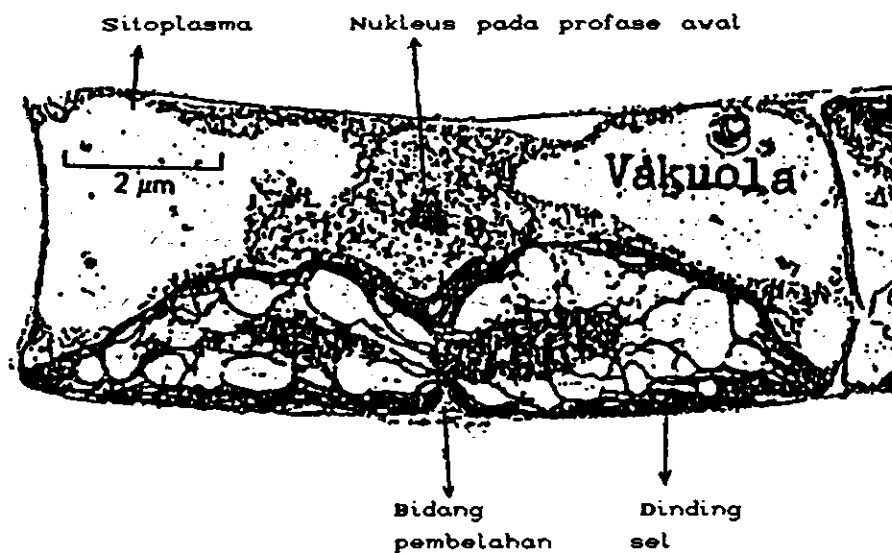
b. Konyugasi

Gambar 12: a. Tahap pembelahan kloroplas pada ganggang Zygnema

b. Konyugasi gamet σ dan ρ , dan kloroplas gamet σ berdegenerasi. (Berkaloff, 1981; 73).



Gambar 13: Rangkaian tahap pembelahan kloroplas pada alga coklat, Fucus (Sheeler, 1980 ; 373).



Gambar 14: Pembelahan kloroplas pada alga Klebsormidium. (Albert, 1983, 530)

BAB II RETIKULUM ENDOPLASMA DAN RIBOSOMA

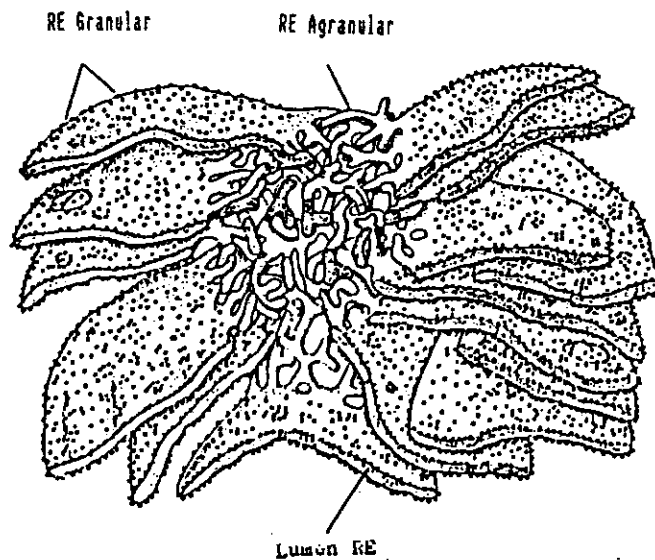
A. Struktur Retikulum Endoplasma

1. Tampak morfologis

Retikulum endoplasma memiliki tiga bentuk, yaitu bentuk tubulus, lamela, dan bentuk vesikula. Retikulum endoplasma merupakan organella berselaput yang membentuk lembaran-lembaran atau lempengan-lempengan pipih yang saling berhubungan dan lempengan-lempengan tersebut disebut sebagai sisterna.

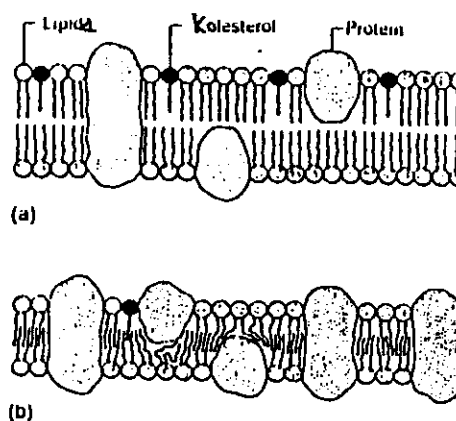
Selaput retikulum endoplasma memiliki dua permukaan, yaitu permukaan hialoplasmik, yaitu permukaan selaput yang menghadap ke sitosol, dan permukaan luminal, yaitu permukaan yang menghadap ke lumen.

Berdasarkan ada-tidak adanya butiran-butiran yang menempel pada permukaan sitosolik, terdapat dua jenis retikulum, yaitu retikulum endoplasma granular (REG), yaitu retikulum endoplasma yang permukaan selaput sitoplasmanya mengandung butir-butir ribosoma, dan retikulum endoplasma A-granular (REA), yaitu retikulum yang permukaan selaput sitosoliknya tidak mengandung butir-butir ribosoma. Untuk melihat lebih jelas perbedaan dua jenis ribosoma tersebut dapat dilihat gambar berikut ini.



Gambar 15: Perbedaan retikulum endoplasma granular dan A-granular. (Albert, 1987 ; 337).

Selaput retikulum endoplasma memiliki struktur seperti selaput sel, tetapi memiliki ukuran 75 \AA , sedangkan selaput retikulum endoplasma memiliki ukuran $50 \text{ \AA} - 60 \text{ \AA}$. Untuk melihat lebih jelas perbedaan tebal dua selaput tersebut dapat dilihat gambar di bawah ini.



Gambar 16: Perbedaan ukuran selaput, (a) selaput sel dan (b) selaput retikulum endoplasma. (Thorpe, 1984 ; 201).

2. Struktur kimiawi

a. Komposisi kimia selaput retikulum endoplasma

Dari hasil analisis kimia yang telah dilakukan di laboratorium diketahui, bahwa selaput retikulum endoplasma tersusun atas :

- 1). Lipida sekitar 30 - 40%. Dari total lipida tersebut, sebagian besar berupa fosfatidilkolin 55%, fosfatidil etanol amin 20 - 25%, fosfatidil serin 5 - 10%, fosfatidil inositol = 5 - 10%, dan spingomielin = 4 - 7%.

Jika dibandingkan dengan selaput sel, fosfolipida retikulum endoplasma memiliki rantai asam lemak yang kurang panjang dan kurang jenuh, begitu juga kolesterolnya juga lebih sedikit.

- 2). Protein sekitar 60-70% dari total kimiawi selaput

- 3). Enzim, pada selaput retikulum endoplasma terdapat enzim yang dapat dikelompokkan menjadi :

- a). Enzim yang terdapat di permukaan sitosolik, yaitu sitokrom b_5 , NADH cyt b_5 reduktase, NADPPH cyt-C reduktase, ATP ase, cyt P_{450} reduktase, 5 nukleosidase, Nukleosida pirofosfatase, dan GDP monosil transferase.

- b). Enzim yang terdapat di permukaan luminal retikulum endoplasma, yaitu Glukosa-6-fosfatase, Nukleotida fosfatase, Asetanilid

hidrolase dan β glukuronidase (Thorpe, 1984 ; 201).

b. Komponen cairan lumen retikulum endoplasma

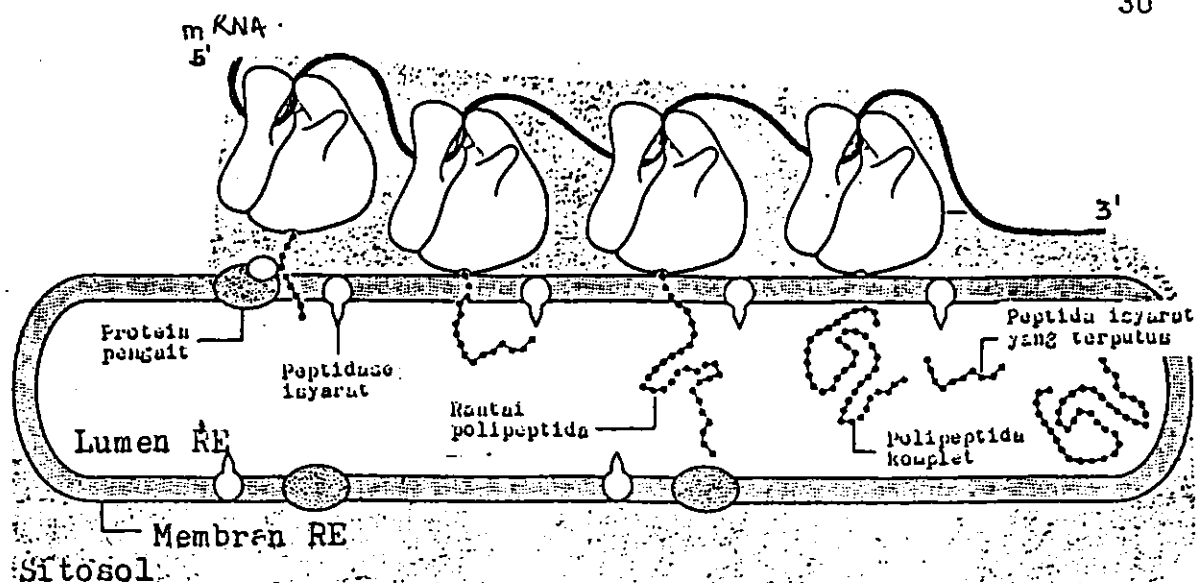
Di dalam cairan lumen retikulum endoplasma terdapat beberapa protein, antara lain Imunoglobulin, Protokolagen, dan enzim hidrolase in-aktif.

B. Fungsi Retikulum Endoplasma

1. Peranan selaput retikulum endoplasma

a. Tempat terjadinya sintesis protein

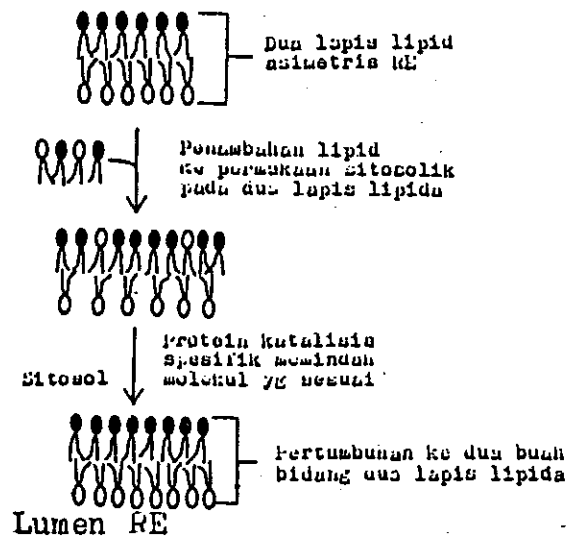
Dengan adanya ribosoma yang menempel pada selaput luar retikulum endoplasma, maka sintesis protein dapat berlangsung di selaput retikulum endoplasma. Hasil sintesis protein, selanjutnya akan ditransfer masuk ke lumen retikulum endoplasma. Untuk dapat melihat lebih jelas peristiwa sintesis protein tersebut dapat dilihat gambar berikut ini:



Gambar 17: Peristiwa sintesis protein yang terjadi di membran retikulum endoplasma (Sheeler, 1987; 346).

b. Terlibat dalam pemulihan selaput.

Selaput retikulum endoplasma mampu membentuk fosfolipid, liposakarida, protein dan glikoprotein yang berfungsi untuk memulihkan selaput yang mengalami kerusakan yang terjadi pada proses invaginasi dan evaginasi (pertunasan). Proses pembentukan lipida tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

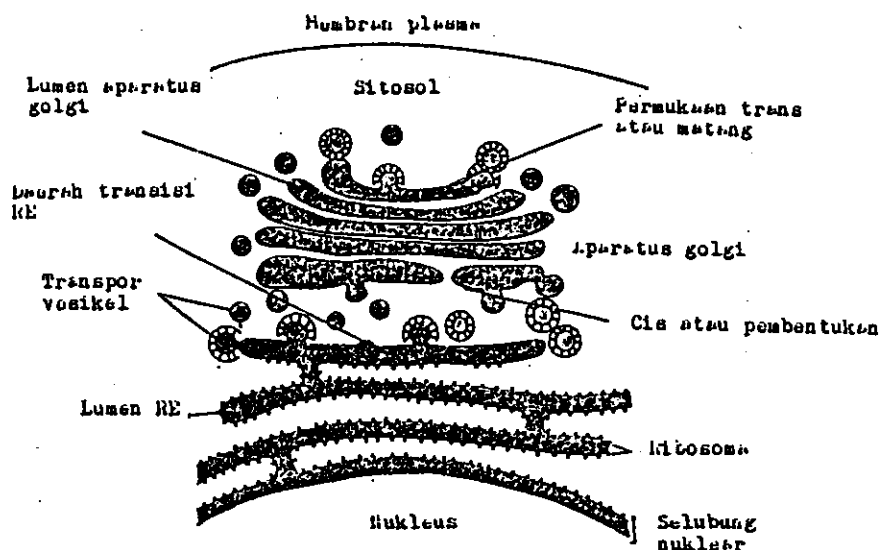


Gambar 18: Proses pembentukan fosfolipida untuk penggantian selaput yang rusak (Albert, 1989; 336).

c. Terlibat dalam proses sekresi

Sintesis protein yang dihasilkan di retikulum endoplasma akan ditranspor ke organela yang memerlukan dan ada pula yang dikeluarkan dari sel dengan jalan pertunasan. Ada vesikula yang langsung menuju ke sitosol dan selanjutnya akan menuju ke selaput sel dan ada pula vakuola yang harus melewati aparatus golgi yang selanjutnya membentuk vesikel.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar berikut ini.



Gambar 19: Proses Sekresi yang terjadi di retikulum endoplasma dengan jalan pertunasan (Albert, 1989; 336).

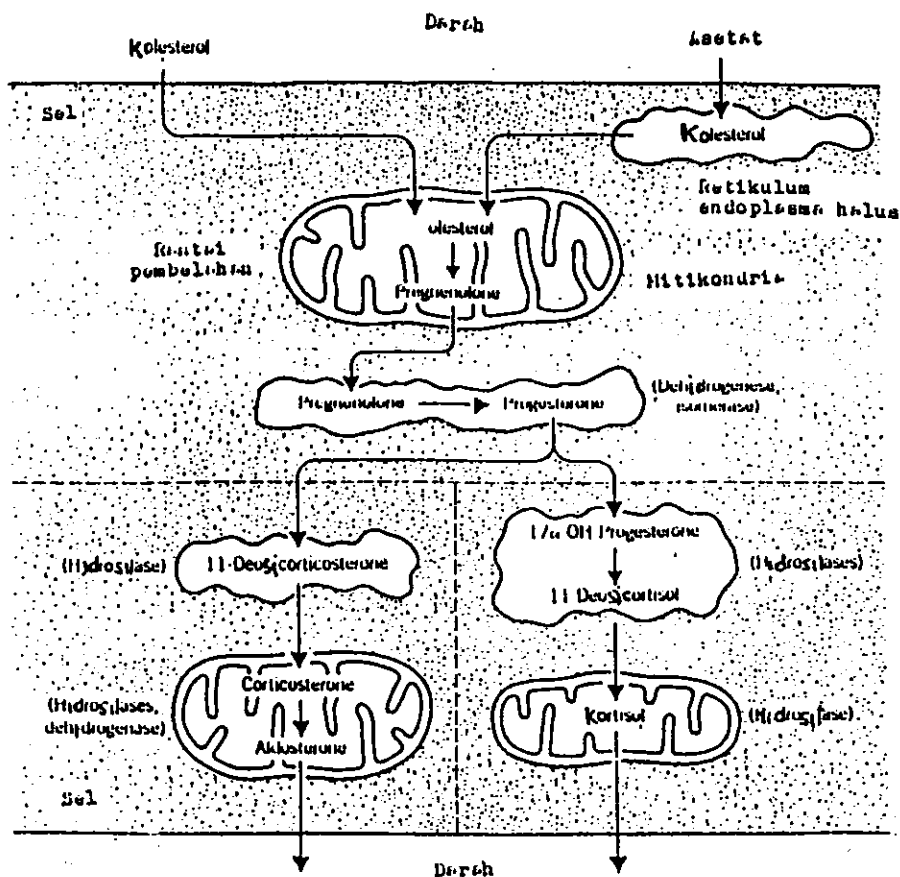
d. Membantu proses detoksifikasi.

Obat-obatan atau racun dapat muncul dari sel itu sendiri dan dapat pula datang dari luar sel. Obat-obatan dari luar sel pada umumnya larut dalam lemak. Retikulum endoplasma melakukan detoksifikasi obat-obatan tersebut sehingga senyawa-senyawa terpecah-pecah menjadi senyawa baru yang mudah larut dalam air. Senyawa yang larut dalam air ini mudah dikeluarkan dari dalam sel.

Atau dengan cara lain : retikulum endoplasma menggembung mengadakan detoksifikasi yang sangat aktif dan selanjutnya akan membentuk vesikel-vesikel yang disekresikan ke luar sel.

e. Pembentukan hormon steroid.

Retikulum endoplasma mampu membentuk hormon steroid, antara lain testoteron, progesteron, dan kortikosteron. Proses pembentukan hormon tersebut sebagai berikut : Asam asetat akan diubah oleh selaput retikulum endoplasma halus (REA) membentuk kolesterol, kemudian kolesterol dari selaput retikulum endoplasma halus dan yang berasal dari darah yang masuk ke dalam sel akan diubah oleh mitokondria, akan dikirim ke membran retikulum endoplasma. Dengan adanya enzim, ia diubah menjadi progesteron atau testoteron atau kortikosteron. Untuk lebih jelasnya peristiwa pembentukan hormon tersebut dapat dilihat gambar berikut ini.

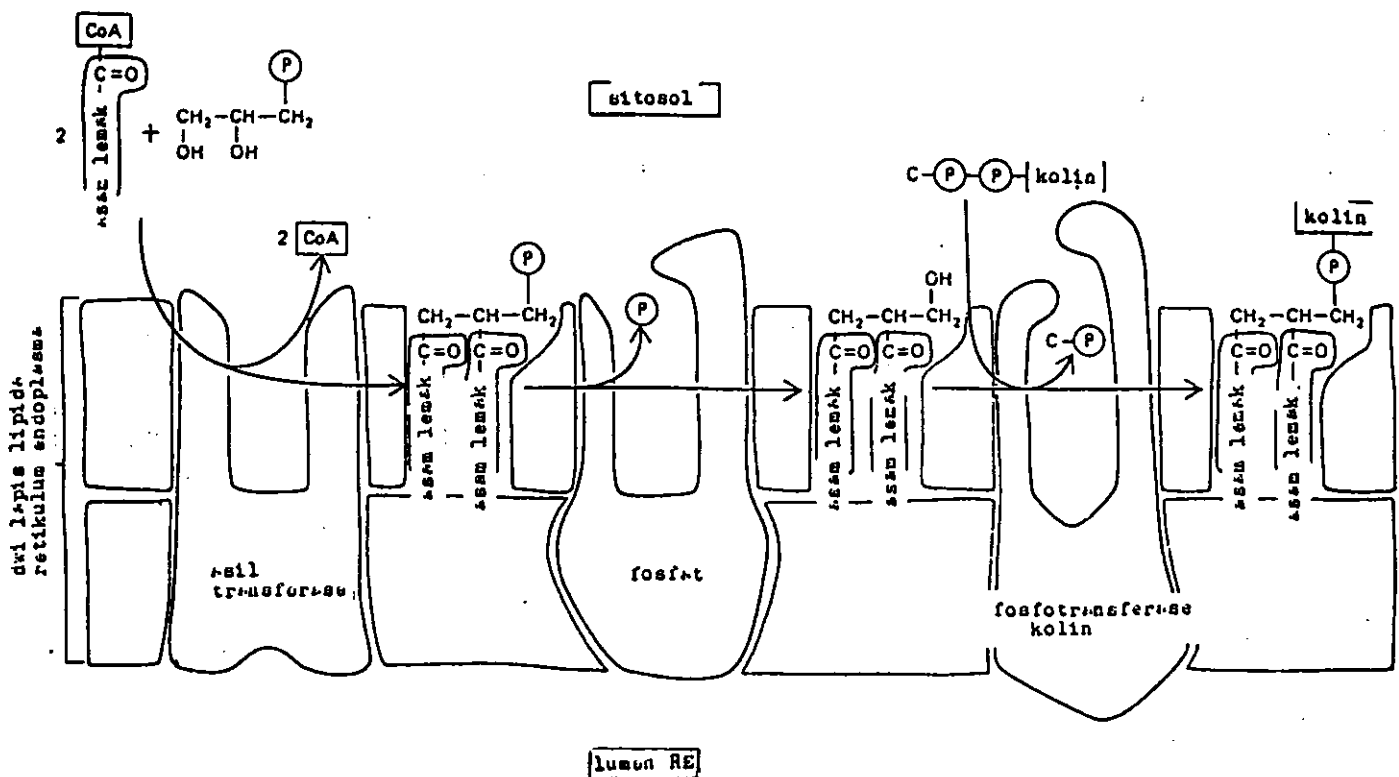
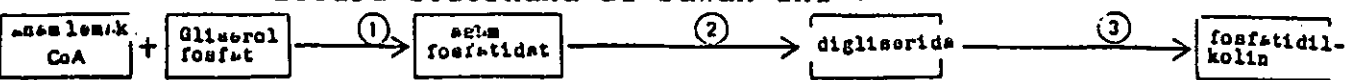


Gambar 20: Proses pembentukan hormon steroid di retikulum endoplasma (Thorpe, 1984; 215).

f. Pembentukan fosfolipida

Proses pembentukan fosfolipida dapat dijelaskan sebagai berikut : Asam lemak yang berikatan dengan Co-enzim A (Co-A) dan gliserolfosfat yang terdapat dalam sitosol akan diubah oleh enzim hasil transferase pada membran retikulum endoplasma menjadi asam fosfatidat. Selanjutnya asam fosfatidat akan diubah lagi oleh enzim fosfatase membran retikulum endoplasma menjadi digliserida. Digliserida dan CDP-Colin akan diubah oleh enzim fosfat transferase kolin

menjadi fosfatidil kolin. Fosfatidil kolin inilah yang merupakan fosfolipida pembentuk struktur lipida selaput. Proses pembentukan fosfolipida digambarkan secara sederhana di bawah ini :

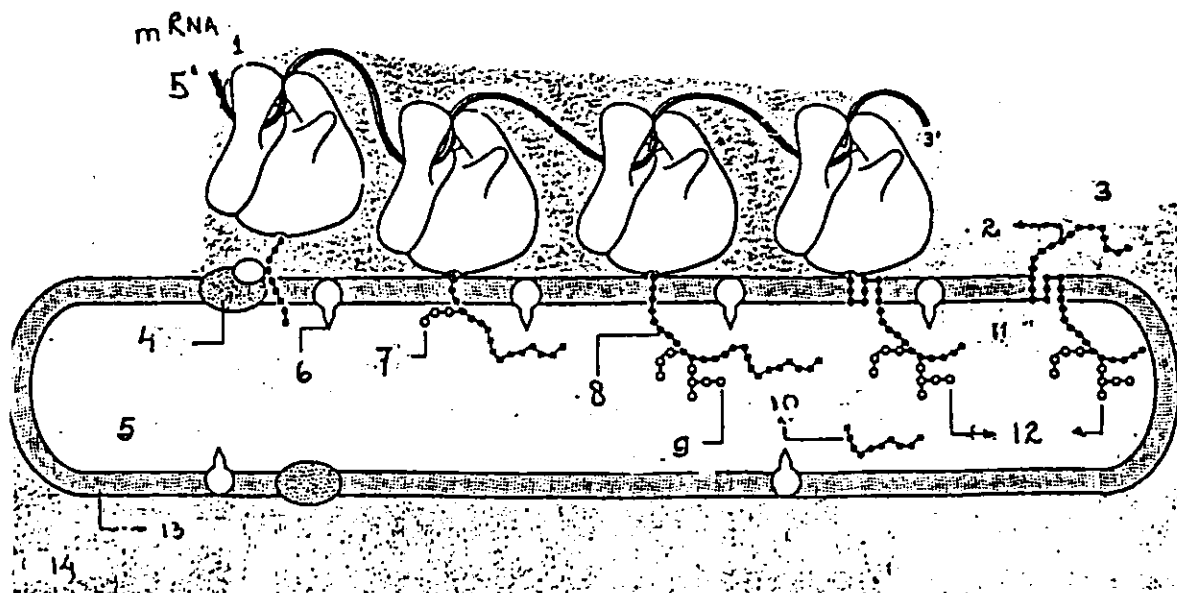


Gambar 21: Proses pembentukan fosfolipida di retikulum endoplasma. (Albert, 1989; 350).

2. Peranan cairan lumen retikulum endoplasma

Lumen retikulum endoplasma berperan sebagai tempat penampungan hasil sintesis protein dari ribosoma dan tempat penyempurnaan (glikosilasi) glikoprotein dan enzim tertentu untuk disekresikan ke organela lain.

Proses glikosilasinya dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 22: Proses glikosilasi yang terjadi di retikulum endoplasma.
(Sheeler, 1987; 347).

Keterangan gambar

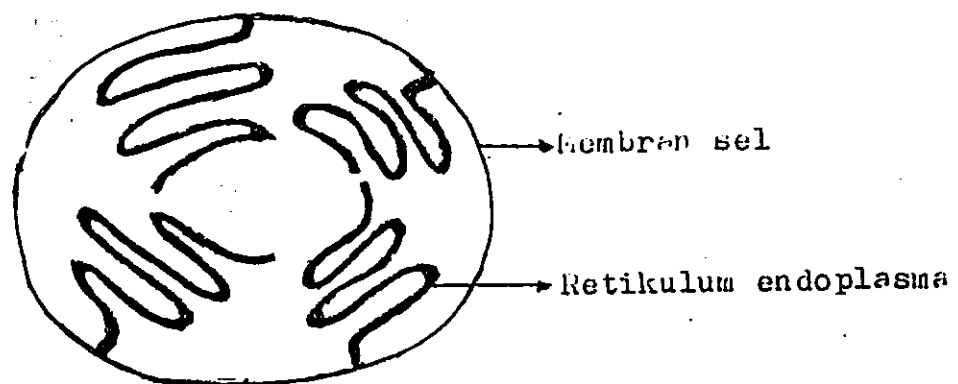
- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. mRNA | 8. Rantai polipeptida |
| 2. Bagian hidropilik | 9. Rantai gula yang bercabang |
| 3. Polipeptida yang terikat di selaput | 10. Peptida isyarat yang terputus. |
| 4. Protein pengait | 11. Bagian hidropilik |
| 5. Lumen retikulum endoplasma. | 12. Rantai gula. |
| 6. Petidase isyarat | 13. Membran retikulum endoplasma. |
| 7. Rantai gula | 14. Sitosol. |

C. Biogenesis Retikulum Endoplasma

1. Terbentuknya selaput retikulum endoplasma

Selaput retikulum endoplasma dapat terjadi melalui invaginasi selaput sel yang terus-menerus, sehingga

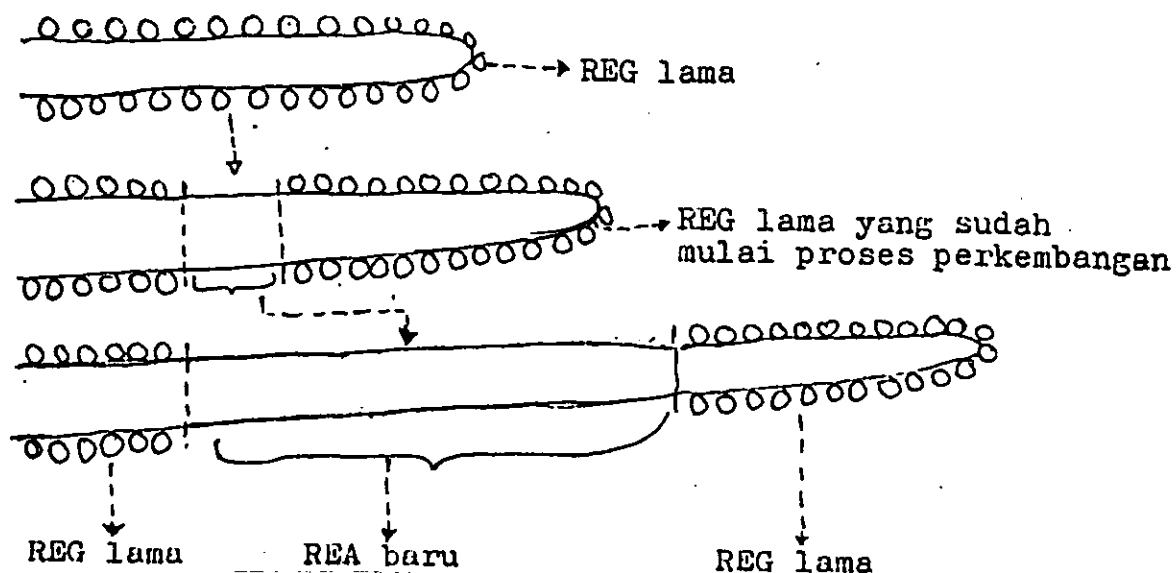
membentuk lipatan-lipatan yang selanjutnya dinamakan retikulum endoplasma. Proses terbentuknya dapat dilihat pada gambar skematis berikut ini.



Gambar 23: Proses pembentukan retikulum endoplasma
(Ilustrasi; 1994)

2. Perkembangan selaput retikulum endoplasma

Fosfolipida yang dibentuk oleh membran retikulum endoplasma dan protein-protein yang dibentuk oleh ribosoma yang dapat berfungsi sebagai struktural selaput, akan dimanfaatkan oleh retikulum endoplasma untuk membentuk selaput yang baru. Proses perkembangan selaput retikulum endoplasma dalam rangka persiapan pembentukan selaput digambarkan secara skematis di bawah ini :



Gambar 24: Perkembangan selaput retikulum endoplasma (Ilustrasi; 1994).

D. Ribosoma dan RNA

Ribosoma merupakan partikel-partikel sub mikroskopik, terdiri dari asam ribonukleat dan protein yang memiliki peranan fundamental dalam sintesis protein. Pada Prokariota, ribosoma bebas dalam protoplasma, dan pada Eukariota sejumlah tertentu ribosoma menempel di selaput pembatas, tergantung pada tipe sel. Ribosoma-ribosoma yang menempel pada retikulum endoplasma berfungsi utama mempersatukan protein selaput.

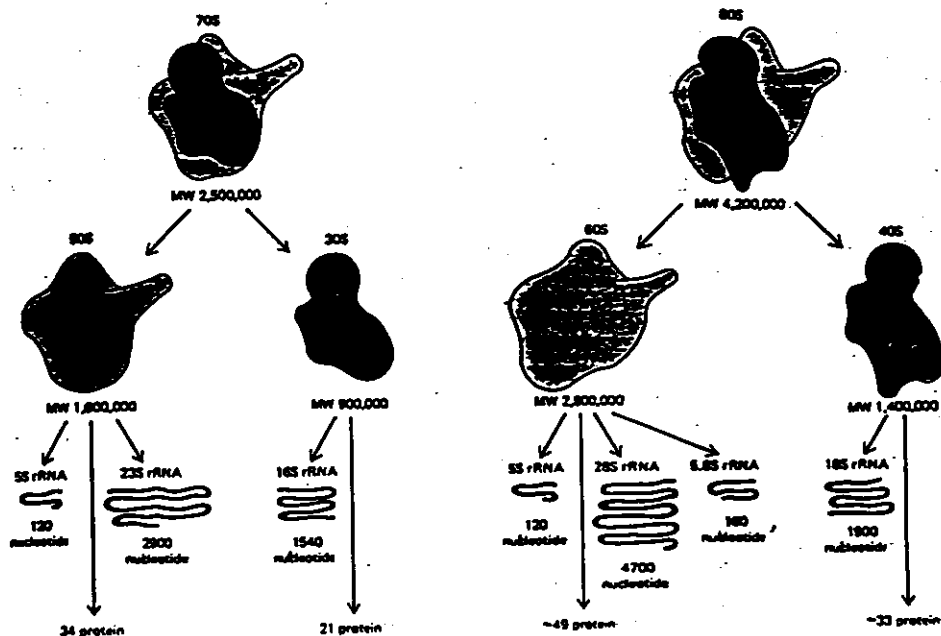
Pada Eukariota, masing-masing ribosoma merupakan spheroid, berukuran kira-kira 23 nm dan 80s, masing-masingnya terdiri dari bagian yang besar (60s) dan yang kecil (40s). Ribosoma prokariota lebih kecil (70s) dan terpisah-pisahkan dengan bagian 50s dan 30s. Selama

proses sintesis protein, beberapa ribosoma melekat pada molekul RNA, yang membentuk poliribosoma atau polisoma. Dalam kloroplas dan mitokondria terdapat ribosoma ukuran kecil.

Model ribosoma yang memperlihatkan perincian lebih nyata dari kedua bahagian tersebut dikemukakan dalam gambar 25. Dari gambar tersebut diperlihatkan bahwa mRNA berada dalam celah di antara kedua bahagian yang ada lekukan.

RNA ribosoma menggambarkan lebih dari 80% dari keseluruhan RNA dalam sel. Sebahagian besar Eukariota mengandung 28s, 5,8s dan 5s RNA. Bahagian yang kecil mengandung 18s RNA. Hanya 5s RNA disatukan di luar nukleus (inti).

Kira-kira 70% dari rRNA merupakan helikal. Gen-gen RNA ribosoma memiliki kandungan G-C yang tinggi. RNA tersebut berperan serta dalam sintesis protein 16s RNA bakteri merupakan pelengkap terhadap ribosoma dalam mRNA, dan rangkaian dalam 5s RNA merupakan pelengkap pada rangkaian TGC dalam tRNA.



Gambar 25: Struktur Ribosoma Prokariota dan Eukariota.
(Albert, 1989; 211)

E. Biogenesis Ribosoma

Biogenesis ribosoma merupakan hasil penyatuan terkoordinasi dari beberapa hasil molekul yang mengumpul pada nukleus. Gen-gen yang berkode 18s, 28s dan 5,8s RNA terdapat dalam nukleus. Gen-gen 5s terletak di bagian-bagian lain dari genom dan protein-protein ribosoma dihasilkan di Sitoplasma. Hasil gen 5s dan protein bergerak berpindah ke arah nukleus tempat mereka diproses dan disatukan dalam ribosoma aktif.

Bukti langsung mengenai fungsi nukleus sebagai suatu pabrik ribosoma diperoleh dengan penemuan mutan anukleolate. Angka berbeda dari gen ribosoma juga ditemukan di mutan *Drosophila* yang memiliki bermacam jumlah pengatur nukleus.

Pada bakteri ada sejumlah kecil copy dari gen RNA, pada Eukariota gen-gen itu sifatnya berulang-ulang, dan gen-gen itu disusun berpasang-pasangan dan terpisahkan oleh pembatas. Di bawah mikroskop elektron, proses penurunan itu bisa divisualisasikan. Gen rDNA bisa dipisahkan dalam Cesium Klorida, karena kandungan G-C yang lebih tinggi. Pembatas terbuat dari rangkaian perulangan pendek dan mungkin berbeda panjang masing-masingnya.

Pada *Xenopus*, ada 450 gen rRNA dalam masing-masing pengatur nukleus (inti). Gen 5s RNA terletak pada telomer yang kebanyakan atau umumnya mikrosomal. Terdapat sejumlah 24.000 gen tersusun secara berpasangan dalam A-T. RNA 5s diturunkan oleh RNA polimerase III dan kemudian diangkut ke nukleus (inti). Pematangan gen merupakan proses pengcopian secara selektif sekumpulan gen. DNA dalam oocyte ampibi mengalami proses tersebut yang terkumpul dalam telur. Sebahagian besar ribosoma digunakan pada tahapan pertama dari perkembangan.

F. Sintesis Protein

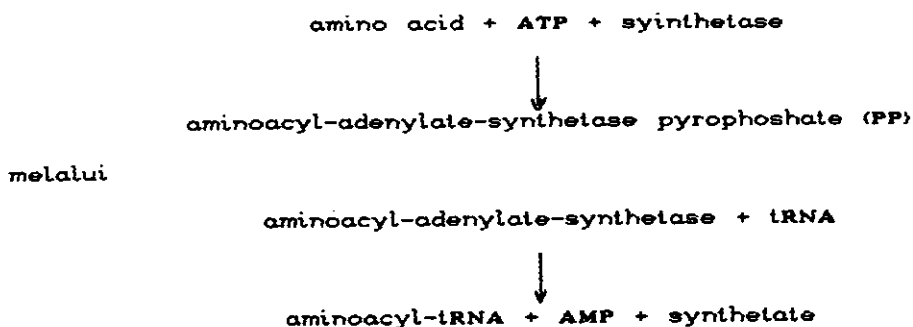
Ada empat tahap yang terjadi dalam sintesis protein yaitu : tahap aktivasi asam amino, tahap pendahuluan (inisiasi), tahap pemanjangan (elongation), dan tahap penghentian (termination).

1. Aktivasi asam amino

Asam amino yang ada dalam sel diperoleh dari sumber-sumber makanan dan biosintesis asam amino dalam sel itu sendiri. Golongan pertama disebut asam amino esensial yaitu asam amino yang tidak dapat disintesis dalam tubuh (sel), sedangkan golongan kedua disebut asam amino non-esensial yaitu asam amino yang dapat disintesis dalam sel. Ada 20 macam asam amino : golongan esensial; (1) arginin, (2) histidin, (3) isoleusin, (4) leusin, (5) lisin, (6) methionin, (7) fenilalanin, (8) treonin, (9) triptofan, (10) valin; golongan non-esensial; (11) alanin, (12) asparagin, (13) aspartat, (14) sistin, (15) glutamat, (16) glisin, (17) prolin, (18) serin, (19) tiroksin dan (20) glutamin.

Setiap asam amino dalam sel sebelum disintesis menjadi protein haruslah diaktivasi terlebih dahulu. Aktivasi asam amino dilakukan dengan ATP dan enzim pengaktivasi. Setiap asam amino enzim pengaktivasinya berbeda. Enzim pengaktivasi itu disebut aminosil-ARNT sintetase.

Ringkasan reaksi aktivasi asam amino hingga terbentuknya amino asil-ARNT disajikan pada skema berikut ini.



Gambar 26: Skema reaksi aktivasi asam amino hingga terbentuk aminoasil-tRNA. (Avers, 1980; 317)

2. Tahap Inisiasi

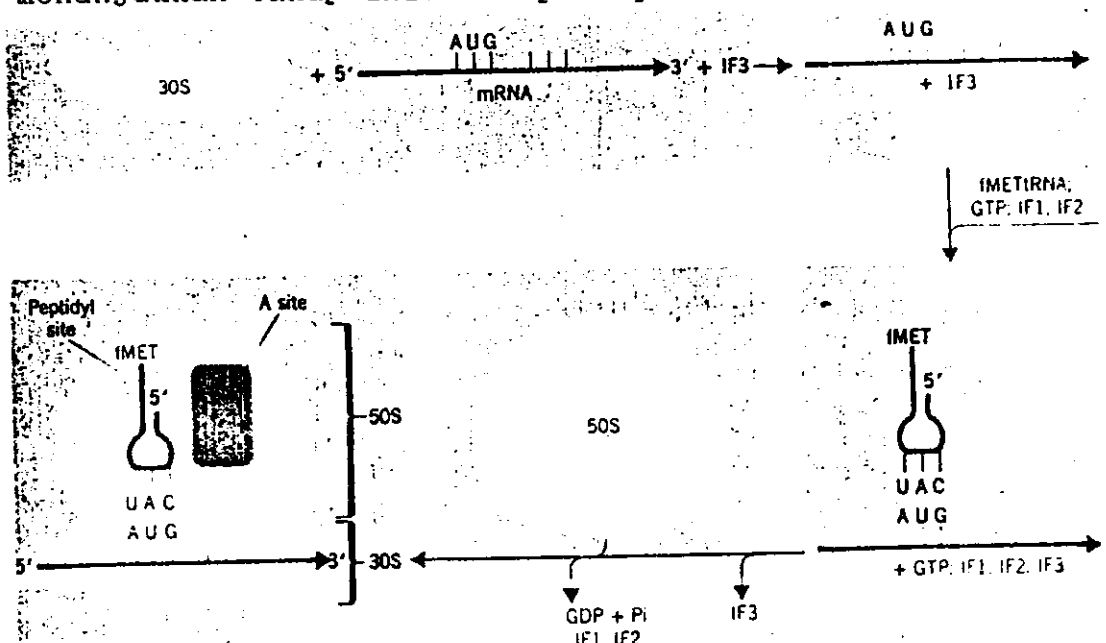
Langkah pertama inisiasi yaitu berikatannya terminal 5' utas ARNd pada sub unit kecil (16s RNA dari 30S ribosom eukariotik), dengan bantuan faktor inisiasi (IF3 dan atau IF1 pada prokariotik; pada eukariotik mungkin IF3).

Langkah kedua yaitu berikatannya inisiator khusus ARNt pada kodon AUG dari ARNd. Inisiator ARNt pada eukariotik membawa Methionin ($\text{tRNA}_f^{\text{met}}$), sedang prokariotik membawa N-formyilmethionin ($\text{tRNA}_f^{\text{met}}$).

Dengan bantuan IF2 (IF1) dan GTP, aminoasil- $\text{tRNA}_f^{\text{met}}$ berikatan dengan kompleks ARNd-ARN ribosom subunit 60S atau 30S.

Langkah ketiga yaitu berikatannya subunit 60S atau 50S dengan hasil langkah kedua, disertai lepasnya IF1, IF2, IF3 dan GDP + Pi. Inisiator ARNt pada langkah ketiga ini berada dalam tempat P (peptidyl site) dari

subunit 60S ribosom, sedangkan tempat A (amino site) masih kosong menunggu ARNt spesifik berikutnya. Sampai dengan langkah ketiga ini, kompleks inisiasi telah terbentuk yaitu terbentuknya kompleks inisiasi 80S pada eukariotik. Kompleks ini telah mentranslasi kode pertama dari ARNd yaitu terbentuknya methionin. Gambar 27 menunjukkan tahap inisiasi pada prokariotik.



Gambar 27: Langkah-langkah pembentukan kompleks inisiasi 70S pada E.coli (Conn and Stumpf, 1976;534)

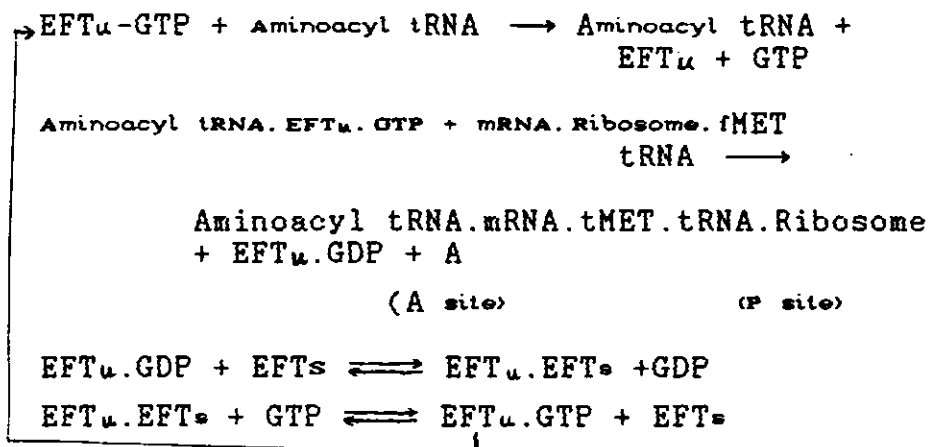
3. Tahap pemanjangan (elongation)

Setelah kompleks inisiasi terbentuk, proses berikutnya yaitu pemanjangan asam amino hingga terbentuknya polypeptida berdasarkan urutan basa yang dibawa oleh ARNd.

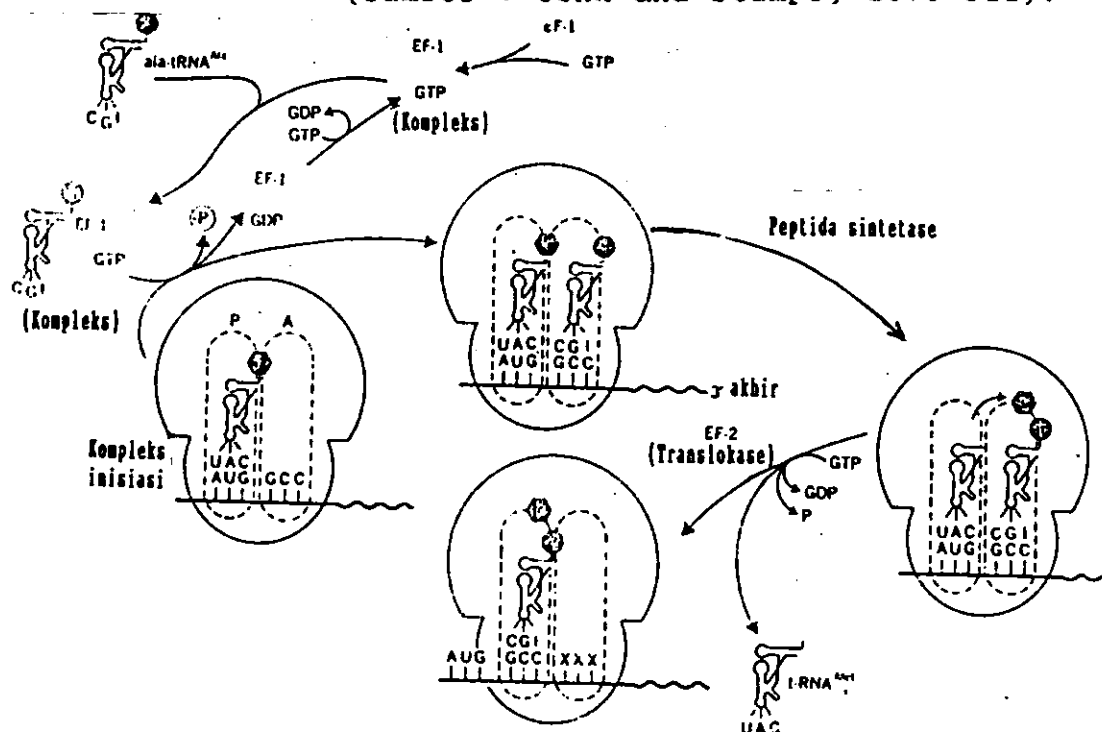
Dalam tahap pemanjangan ini, aminoasil-ARNT berikutnya yang membawa asam amino sesuai dengan kodon ARNd, berikatan pada tempat A dari subunit besar ribosom. masuknya aminoasil-ARNT dibantu oleh GTP dan faktor pemanjangan (EF1 pada eukariotik; EF-TU pada prokariotik).

Setelah aminoasil-ARNT berada pada tempat A, terbentuklah ikatan peptida antara asam amino ARNT kedua. Pembentukan ikatan dibantu enzim peptida sintetase. Pada proses ini, asam amino yang dibawa ARNT pertama berpindah dari tempat P ke tempat A pada ARNT kedua.

Adanya ikatan peptida, mengakibatkan ARNT pertama pada tempat P tidak lagi membawa asam amino. Oleh karenanya, ARNT pertama lepas dari kompleks inisiasi. Bersamaan dengan itu, ARNT kedua yang telah memiliki asam amino, berpindah dari tempat A ke tempat P. Proses adanya GTP dan faktor pemanjangan (EF2 pada eukariotik; EF-G prokariotik). Akhir dari proses ini, tempat A kembali kosong dan tempat P memiliki dua asam amino. Proses pemanjangan ini berlangsung terus (dengan proses seperti di atas) sampai semua kodon ARNd dibaca, sehingga terbentuk polipeptida lengkap. Skema ringkasan tahap pemanjangan disajikan pada skema di bawah ini:



Gambar 28: Skema reaksi terhadap elongation pada prokariotik.
(Sumber : Conn and Stumpf, 1976:544).



Gambar 29: Pemanjangan asam amino pada eukariotik.
(Sheeler, 1980;491)

4. Tahap penghentian (termination)

Reaksi penghentian berisi dua kejadian :

- (1) pengenalan tanda penghentian dalam ARN-duta dan

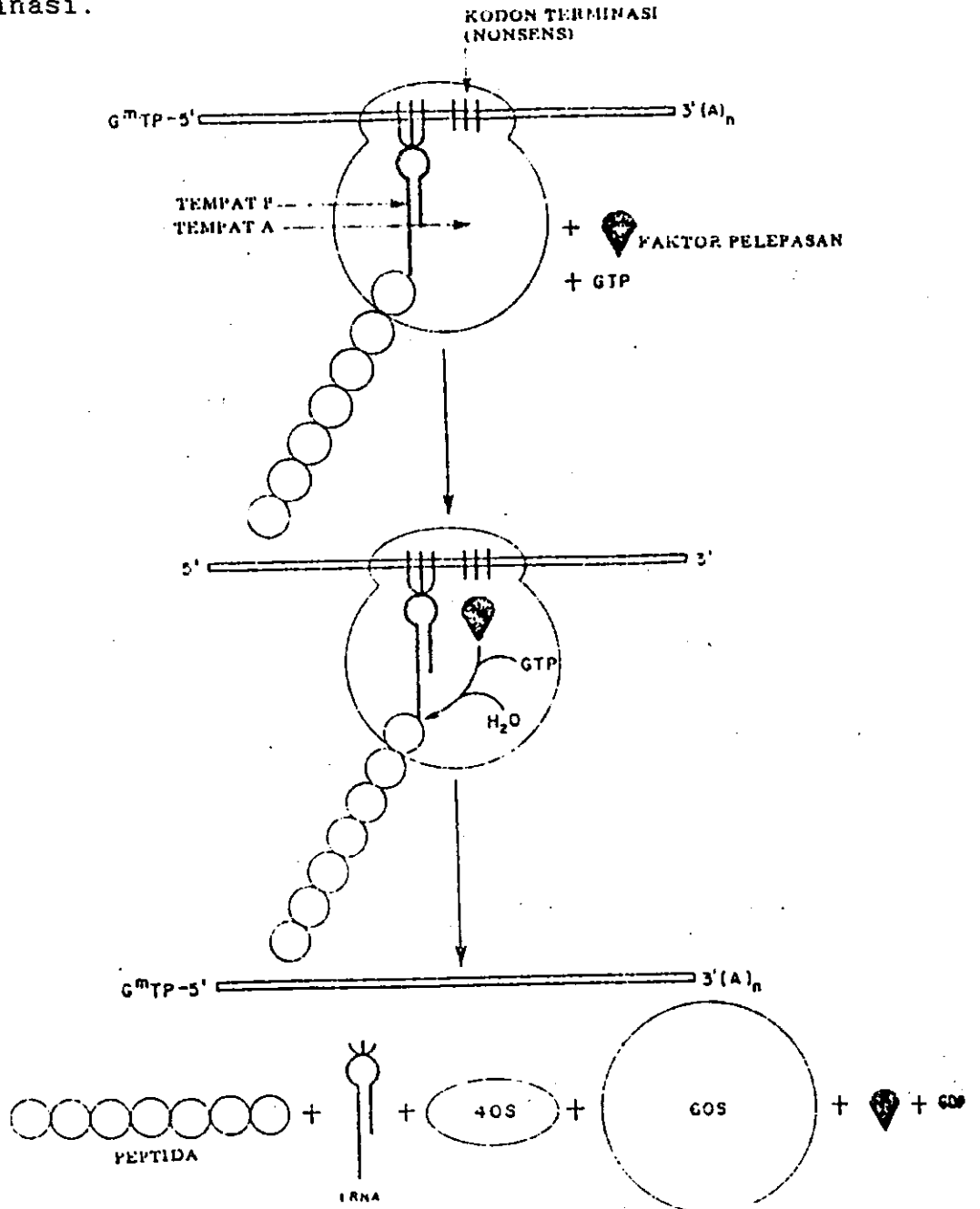
(2) hidrolisis penghubung ester peptidyl t-RNA untuk melepas protein yang baru terbentuk.

Kodon terminasi yaitu UAA, UAG atau UGA, sedangkan faktor yang diperlukan yaitu RF (releasing factor) pada eukariotik atau R_1 , R_2 dan R_3 pada prokariotik. R_1 merupakan faktor protein yang berfungsi mengenali kodon UAA dan UAG, sedang R_2 mengenali UAA dan UGA. R_3 berfungsi mengenali kodon monitor. RF berfungsi untuk berintegrasi dengan kodon terminator dan sekaligus menjaga tempat A agar tidak diisi ARN_1 .

Sebelum polipeptida yang terselesaikan dapat dilepas dari ribosoma, penghubung antara asam amino C-terminal dan ARN_1 -nya haruslah dipecahkan. Dengan demikian polipeptida yang terbentuk memiliki N-terminal dan C-terminal.

Prosesnya RF dan GTP masuk ke tempat A yang ada kodon terminasinya. adanya enzim peptida sintetase (Freifelder, 1985; 167, menyebut peptida transferase) dan enzim translokase, peptidil-tRNA lepas dari sub unit ribosom kemudian tRNA melepaskan peptidilnya, sehingga terbentuk polipeptida. Setelah proses ini, RF dan $GDP+pi$ dikeluarkan dari ribosoma, ribosom kemudian berdisosiasi menjadi dua sub unit, besar dan kecil, sehingga lepaslah ARN_d .

Sebagian besar ARNd merupakan molekul yang berumur pendek, begitu pesan-pesan yang dibawanya telah ditranslasi, ARNd akan rusak, (Anna C.Pai, 1985; 139). Gambar berikut ini menunjukkan tahap-tahap pada proses terminasi.



Gambar 30: Gambar diagramatis proses terminasi sintesis protein tempat peptidil-tRNA ditunjukkan sebagai tempat P dan A. Hidrolisis kompleks peptidil tRNA diperlihatkan oleh masukannya H₂O. (Martin et. al, 1984; 460).

5. Modifikasi protein

Ada dua macam modifikasi protein yaitu Co-Translational modification dan Post-Translational Modification.

Pada co-translational modification beberapa perubahan dilakukan terhadap rantai polipeptida selama sintesis berlangsung. Dalam hal ini, yang diubah yaitu struktur dan organisasi polipeptidanya. Beberapa macam perubahan itu antara lain deformilasi, pembelahan asam amino, pengubahan side-chain asam amino, pembentukan jembatan disulfida, dan penambahan gula.

Deformilasi terjadi pada prokariotik atau mitokondria dan kloroplas eukariotik. Gugus formil dari terminal N methionin pada polipeptida dipecah oleh suatu enzim.

Pembelahan asam amino terjadi pada prokariotik dan eukariotik, dimana terminal-N methionin ataupun asam amino tertentu lainnya dipecah secara enzimatik oleh amino peptidase.

Pengubahan side-chain asam amino yaitu terjadinya pengubahan gugus alkil (R) asam amino tertentu. Contohnya, residu-residu prolin dan lisin dihidroksilasi untuk membentuk hidrosiprolin dan hidrosilisin. Ini terjadi pada sintesis kolagen. Selain dihidroksilasi, ada juga asam amino yang difosforilasi, misalnya serin.

Pembentukan jembatan disulfida banyak diperlukan untuk membentuk struktur kuarter. Penambahan gula dilakukan melalui proses enzimatik terhadap asam-asam amino tertentu selama sintesis protein berlangsung, misalnya terbentuknya glikoprotein.

Post-translational modification terjadi setelah polipeptida lengkap terbentuk dan dilepaskan dari kompleks translasi. Ada beberapa macam modifikasi post translasi, misalnya: pembelahan peptida dan penambahan gugus prostetik.

Pembelahan peptida beberapa protein diubah strukturnya untuk membentuk ikatan-ikatan spesifik. Sebagai contoh, rantai polipeptida A dan B pada insulin dibentuk dalam proses modifikasi ini.

Penambahan gugus prostetik pada rantai polipeptida tertentu dapat terjadi secara spontan atau dikatalisis dengan enzim tertentu. Penambahan gugus prostetik memberikan karakteristik protein.

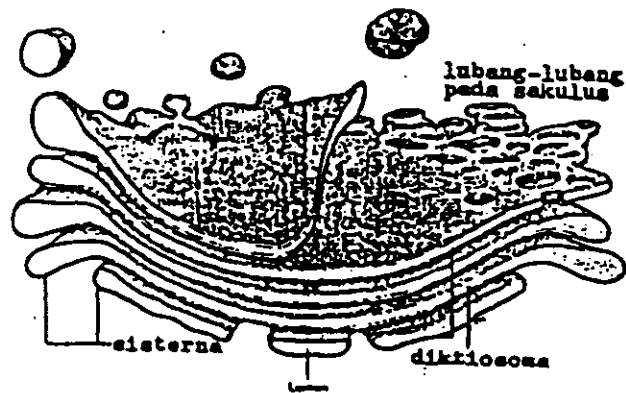
BAB III

KOMPLEKS GOLGI

A. Ultra Struktur Kompleks Golgi

Golgi merupakan tumpukan kantong-kantong pipih berbentuk cawan, tabung dan bola-bola kecil. Oleh karena organella ini terdiri dari beberapa bentukan, maka dinamakan kompleks golgi. Kompleks golgi yang biasa juga disebut diktiosoma, memiliki dua bagian permukaan, yaitu permukaan cis atau pembentukan yang menghadap dan berkaitan erat dengan retikulum endoplasma bergranula dan permukaan trans atau pemasakan yang berkaitan dengan pembentukan gelembung-gelembung sekretoris.

Di antara permukaan cis dengan retikulum endoplasma bergranula terdapat kantong-kantong kecil berbentuk bola berukuran $\pm 200^{\circ}\text{A}$, berasal dari pertunasan retikulum endoplasma. Kantong-kantong berupa bola-bola kecil ini dinamakan vesikuli peralihan. Dibagian permukaan trans juga terdapat kantong-kantong berbentuk bola berukuran $\pm 400 - 800^{\circ}\text{A}$, berasal dari pertunasan bagian trans. Kantong-kantong kecil ini disebut vesikuli sekretoris. Pada lembaran-lembaran golgi terdapat lobang-lobang yang dinamakan fenestrae.



Gambar 31: Morfologis Kompleks Golgi.
(Thorpe, 1984; 359)

B. Struktur Kimiawi Kompleks Golgi

Kompleks golgi pada sel tumbuhan maupun sel hewan dapat dipisahkan melalui teknik homogenesi yang diikuti dengan sentrifugasi differensial dan gradiem. Fraksi-fraksi sub seluler yang bermacam-macam dapat dicirikan oleh enzimnya. Enzim-enzim yang terlihat terkonsentrasi pada fraksi golgi adalah thiamine pirofosfatase dan glikosil transferase.

Berdasarkan analisis kimiawi, ternyata beberapa senyawa yang terdapat pada kompleks golgi serupa dengan yang berada pada retikulum endoplasma maupun membran plasma. Senyawa-senyawa tersebut adalah lipida yang terdiri dari fosfolipida dan lemak netral dan protein yang terdiri

dari glikoprotein, mukoprotein, dan enzim. Perbandingan komposisi lipida pada kompleks golgi retikulum endoplasma dan membran plasma diperlihatkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 4: Perbandingan lipida yang dikandung oleh kompleks golgi, retikulum endoplasma dan membran plasma pada hati tikus.

Senyawa	Kompleks Golgi	Retikulum Endoplasma	membran plasma
Fosfolipida total	53,9	84,9	61,9
Spingomeilin	12,3	3,7	18,9
Fosfatidilkolin	45,3	60,9	39,9
Fosfatidilserin	4,2	3,3	3,5
Fosfatidilinositol	8,7	8,9	7,5
Fosfatidiletanolamin	17,0	18,6	17,8
Lisofosfatidilkolin	5,9	4,7	6,7
Lisofosfatidiletanolamin	6,3	-	5,7
Lemak netral total	46,1	15,1	38,1
Kolesterol	16,5	24,6	34,5
Asam lemak bebas	38,9	40,6	35,1
Trigliserida	35,1	24,7	22,4
Ester kolesterol	9,6	10,1	8,0

(Thorpe 1984; 367).

Analisis kimia dari fraksi-fraksi sub seluler yang dihomogenasi menunjukkan bahwa glikosiltransferase terkonsentrasi pada fraksi golgi. Dari kenyataan ini enzim glikosiltransferase merupakan enzim yang paling banyak terdapat di dalam kompleks golgi dibandingkan enzim-enzim

lainnya, dan karenanya enzim-enzim ini dapat dipakai sebagai penanda kompleks golgi.

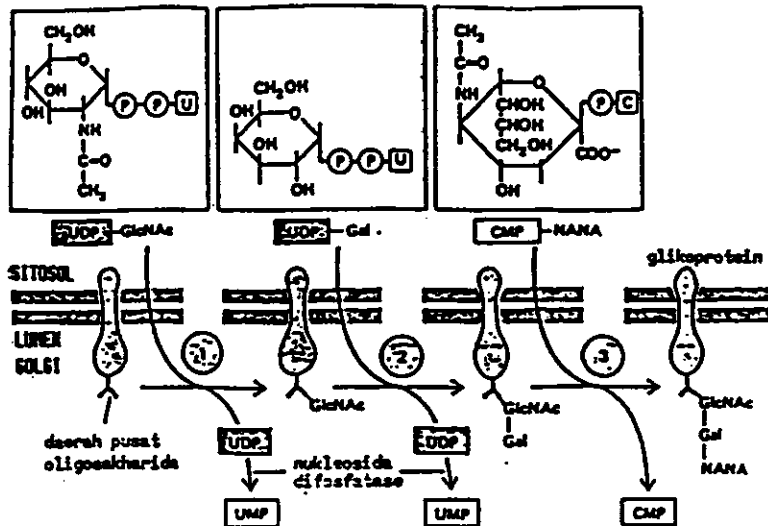
Enzim-enzim yang dikandung oleh kompleks golgi dapat ditunjukkan melalui tabel enzim pada kompleks golgi sel hewan berikut ini :

Tabel 5: Enzim-enzim dalam kompleks golgi sel hewan.

glikoseltrasferase	: Untuk sintesis
Sialitransferase	
UDP-Galaktosa	: N-asetilglukosamin galakprotein
Glikoprotein	tosil trasferase glikoprotein
a-galatoseltransferase	a-galaktoseltransferase
UDP-N-Asetilglukosamin	glikoprotein
	N-asetilglukosaminiltransferase
Sulfo dan Glikosal	Untuk biosintesis glikolipid
Transferase	
Galaktoserebroside	sulfotransferase
CPM-NANA	Laktosel seramida sialitransferase
CPM-NANA	: GM ₁ sialitransferase
CPM-NANA	: GM ₃ sialitransferase
UDP-Galaktosa	: GM ₂ galaktosiltransferase
UDP-Gal NaC	: GM ₃ N-asetilglukosaminiltransferase
Oksidoreduktase	
NADH-sitokrom C	reduktase
NADPH-sitokrom	reduktase
Fosfatase	
5'-Nukleotidase	
Adenosin trifosfatase	
Thiamin pirofosfatase	
Kinase	
Kasein fosfokinase	

yang terikat pada molekul-molekul protein pada umumnya adalah D-galaktosa, D-manosa, L-fruktosa, N-asetil, D-glukosamin, N-asetil- D-galaktosamin, dan N-asetil asam neurominat (asam sialat). Unit-unit monosakarida tersebut ber- ikatan sesamanya sebagai oligosakarida pendek Oligosakarida terikat pada molekul polipeptida dapat dengan dua cara, yaitu berikatan pada ikatan-N dan ikatan-O. Oligosakarida yang berikatan pada N adalah oligosakarida majemuk dan oligosakarida bermanosa banyak, yang dapat berikatan pada glikoprotein yang telah matang atau sempurna.

Di dalam komplek golgi, oligosakarida bermanosa banyak tidak mendapat tambahan monosakarida, namun sebaliknya oligosakarida majemuk akan mendapat tambahan monosakarida baru. Rantai oligosakarida berasal dari sitosol, yang diangkut ke lumen golgi melewati protein trans membran. Proses glikosilasi rantai oligosakarida majemuk melalui jalur yang teratur.



Gambar 32: Skema penambahan karbohidrat pada rantai oligosakarida di dalam kompleks golgi. (Albert, 1989; 453)

2. Proses sekresi

Kompleks golgi mampu menghasilkan senyawa-senyawa yang dapat dimanfaatkan berbagai unit atau bagian sel. Secara garis besar, mekanisme sekresi yang dilakukan kompleks golgi ada 2 macam, yaitu sekresi konstitutif atau ajeg dan sekresi regulatif atau isyarat.

Sekresi konstitutif atau ajeg merupakan proses sekresi yang terjadi terus menerus. Senyawa-senyawa yang akan disekresikan terlebih dahulu ditimbun dalam vesikula-vesikula yang dinamakan vesikuli sekretoris atau granula sekretoris. Materi yang disekresikan antara lain protein dan lipida pada membran vesikula untuk memulihkan selaput atau membran sel dan materi-materi berupa substansi albumin, protrombin, immunoglobulin, enzim pankreas dan lain-lain yang diangkut ke luar sel untuk dijadikan substansi antar

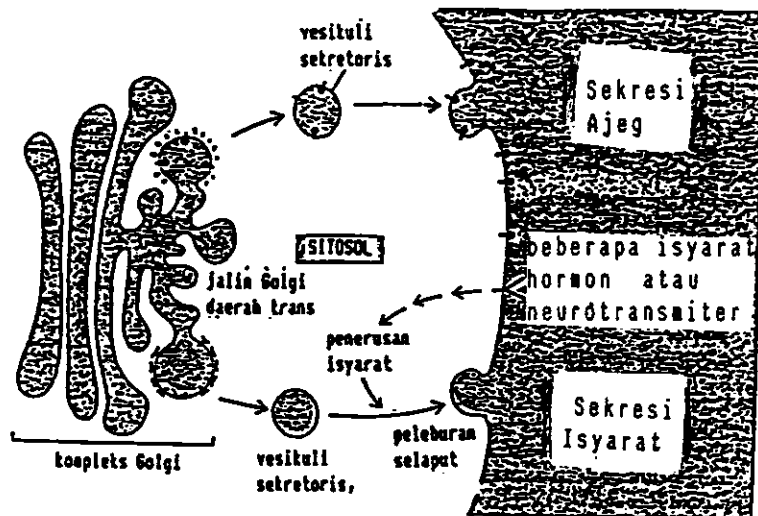
sel, yaitu substansi dasar, dan serabut-serabut kologen. Materi-materi yang akan dikeluarkan akan disekresikan dengan cara eksositosis.

Sekresi regulatif merupakan proses sekresi yang terjadi jika ada isyarat dari luar badan golgi. Senyawa-senyawa yang akan disekresikan juga terlebih dahulu ditimbun dalam vesikula sekretoris. Vesikula-vesikula ini akan ditunaskan dari golgi bagian trans setelah adanya isyarat atau dengan kata lain pertunasan terbentuk setelah adanya picuan. Pembentukan tunas dipercepat oleh suatu protein yang disebut klatrin. Klatrin akan menyelubungi vesikula yang bertunas dan setelah tunas lepas dari badan golgi membentuk granula sekretoris maka klatrin pun akan lepas pula.

Jika sekresi regulatif diisyaratkan untuk pengeluaran senyawa ke luar sel, maka materi-materi itupun disekresikan dengan cara eksositosis.

Sekresi konstitutif maupun regulatif yang dimaksudkan untuk mengeluarkan senyawa ke luar sel terjadi dengan cara eksositoris, dimana dalam proses pengeluaran senyawa harus didahului dengan proses penggabungan membran vesikula dengan membran sel. Dengan sendirinya, membran vesikula yang juga memiliki komponen membran yang serupa dengan membran sel

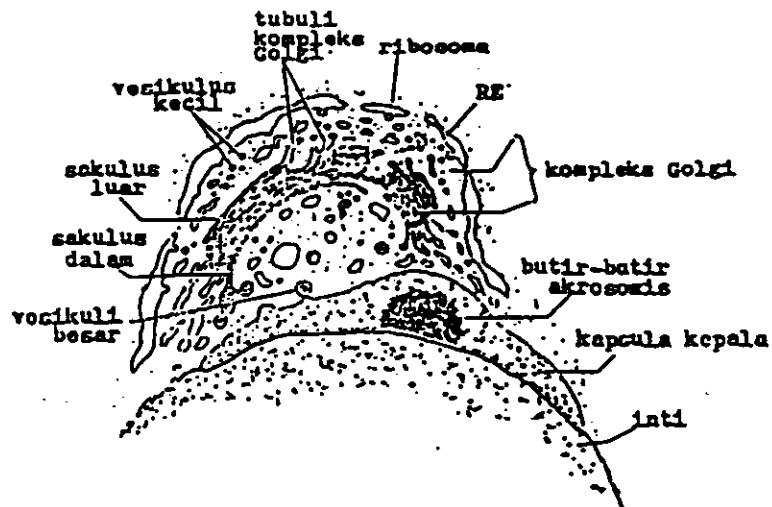
menjadi bagian membran sel. Oleh karenanya, pada proses sekresi oleh golgi juga diikuti dengan proses pembentukan membran sel sewaktu proses eksositosis dan sekaligus berperan memulihkan membran sel yang berkurang disebabkan adanya proses endositosis.



Gambar 33: Proses sekresi ajeg dan isyarat yang dilakukan kompleks golgi.
(Albert, 1989; 466)

3. Pembentukan akrosoma

Pada sel spermatozoa, kompleks golgi berperan membentuk sekelompok lisosoma yang terkonsentrasi pada bagian kepala (bagian depan). Sekelompok lisosoma dan sekaligus membran yang melindungi kelompok lisosoma tersebut dinamakan akrosoma. Akrosoma ini berperan dalam proses fertilisasi, dimana enzim-enzim hidrolasennya dimanfaatkan untuk melebur membran sel telur (ovum) pada bagian zona pelusida, sehingga spermatozoa dapat melakukan fusi dengan sel telur.



Gambar 34: Gambaran skematis kompleks golgi dan akrosoma pada sel spermatozoa. (Torpe, 1984; 379)

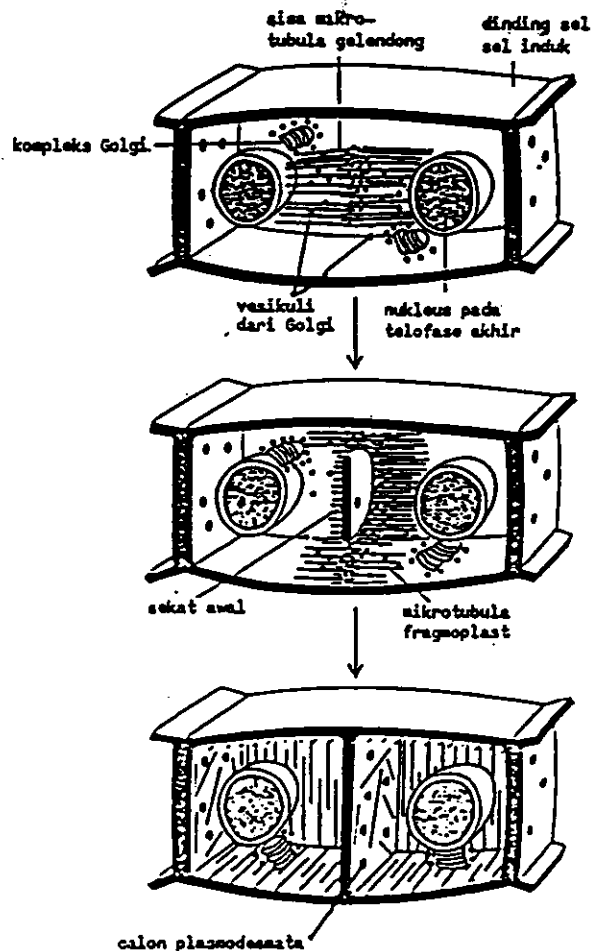
4. Pembentukan fragmoplast.

Pada sel tumbuhan, kompleks golgi juga berperan dalam pembentukan dinding sel. Sewaktu sel mengalami pembelahan, vesikula-vesikula yang dibentuk kompleks golgi befusi membentuk sekat antara kedua inti anak (nukleus) sel. Sekat yang membatasi kedua anak sel tersebut secara terus menerus befusi dengan vesikula yang dibuat golgi, sehingga sekat yang terjadi benar-benar memisahkan kedua anak sel yang terbentuk.

Oleh karena vesikula yang dihasilkan golgi mengandung pektin hemiselulosa, maka antara kedua sel anak akan terdapat senyawa-senyawa tersebut. Senyawa ini berperan membentuk lamela tengah sebagai dinding

sel primer dan juga selanjutnya berperan sebagai pembentuk dinding sel sekunder.

Proses pembentukan vesikula-vesikula sampai terbentuknya dinding sel primer tersebut dinamakan proses pembentukan pragmoplast.

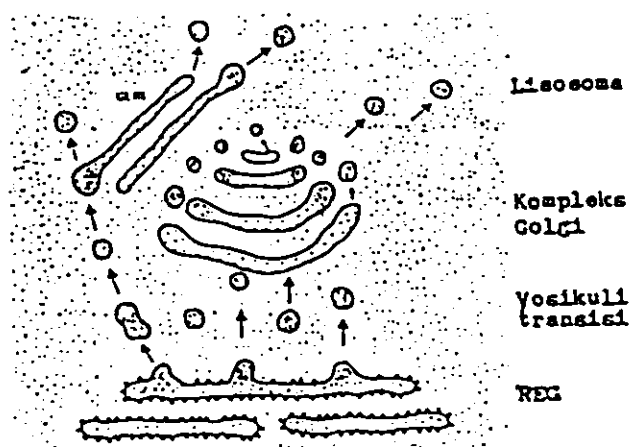


Gambar 35: Proses embelahan sel tumbuhan dan pembentukan fragmoplast.
(Issoegianti Reksoatmodjo, 1993; 281)

5. Pembentukan lisosoma

Dari proses sekresi yang dilakukan kompleks golgi, lisosoma terbentuk sewaktu golgi melakukan sekresi yang

diisyaratkan (regulatif). Jika sel membutuhkan zat-zat makanan tertentu atau dalam keadaan membutuhkan kehancuran organela-organela yang telah aus atau mendapat gangguan toksik, maka isyarat-isyarat ini bertindak sebagai pemicu pembentukan lisosoma. Pembentukan lisosoma oleh kompleks golgi diperlihatkan pada gambar skematis berikut ini :



Gambar 36: Proses pembentukan lisosoma oleh kompleks golgi.
(Torpe, 1984; 282)

D. Biogenesis Komplek Golgi

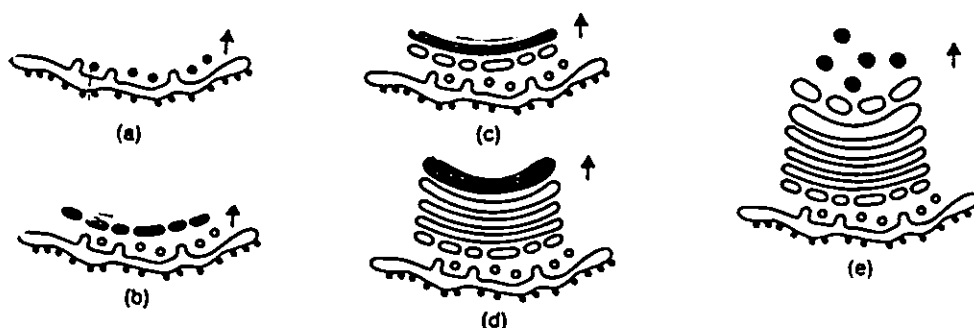
Kompleks golgi dapat dibentuk dari proses balik pembentukan fragmoplas pada tumbuhan. Vesikula-vesikula pembentuk fragmoplas bersatu kembali membentuk kompleks golgi.

Secara umum, kompleks golgi terbentuk dari vesikula-vesikula yang dihasilkan oleh retikulum

endoplasma agranular dan sedikit dari membran luar nukleus. Pada waktu proses pembelahan sel, kompleks golgi terbentuk cukup banyak, sehingga sel yang membagi diri memiliki kompleks golgi yang seimbang.

Biogenesis kompleks golgi secara umum dimulai dengan terbentuknya vesikula-vesikula transisi dari retikulum endoplasma. Selanjutnya vesikula-vesikula berfungsi membentuk badan golgi yang merupakan bagian cis. Badan golgi bagian cis ini akan menjadi bagian media sewaktu vesikula-vesikula transisi dari retikulum endoplasma. Kemudian bagian media akan menjadi bagian trans dan bagian cis akan menjadi bagian bagian media setelah vesikula-vesikula transisi kembali menjadi golgi bagian cis. Akhirnya bagian trans berubah menjadi vesikula-vesikula sekretoris.

Gambaran proses pembentukan kompleks golgi dapat dilihat pada gambar skematis di bawah ini.



Gambar 37: Model pembentukan kompleks golgi dari retikulum endoplasma.
(Modifikasi dari Thorpe, 1934; 393)

DAFTAR PUSTAKA

- Albert, Bruce, et. al. 1983. Molecular Biology of the Cell. New York. Garland Publishing, Inc.
- _____, 1989. Molecular Biology of the Cell. New York Garland Publishing, Inc.
- Arbayah, 1990. Biologi Sel. Bandung. Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan ITB.
- Avers, Charlotte J. 1980. Genetics. New York D. Van Nostrand and Company.
- Berkaloff, A. et. al. 1981. Biologie at Physiologi Cellulaires. Paris Herman.
- Conn, Eric E and P.K. Stunyo. 1976. Outlines of Biochemistry. Fourth Edition. New York.
- Cunningham, Earlene Brown, 1973. Biochemistry: Mechanisms of Metabolism. New York. Mc. Graw-Hill Book Company.
- Freifelder, David. 1985. Essentials of Molecular Biology. Boston. Jones and Barlett Publishers, Inc.
- Issoegianti Reksoatmodjo, 1993. Biologi Sel. Depdikbud Dirjen Dikti. Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan Pendidikan Tinggi.
- Karp, Gerald, 1984. Cell Biology. New York. Mc. Graw-Hill Book Company.
- Kimball, John W. 1983. Biology Fifth Edition. Massachusetts. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- Lehninger, Albert L. 1982. Principles of Biochemistry, Worth Publisher, Inc.
- Martin, David W. alih bahasa Adji Darma 1984. Review of Biochemistry 19th Edition. Jakarta EGC.
- Pai, Anna C. 1985. Foundations of Genetics : Science for Society. Second Edition. New York. Mc. Graw-Hill. Book Company.

- Sheeler, Philip and Donald E. Bianchi. 1980. Cell Biology.
New York. John Wiley and Sons.
- _____. 1983. Cell Biology. New York. John Wiley and
Sons.
- _____. 1987. Cell and Molecular Biology. New York.
John Wiley and Sons.
- Thorpe, Neal O. 1984. Cell Biology. New York. John Wiley and
Sons.
- Varuta, AT. dan K.S. Bathia. 1976. Cell : Structure and
Function. New Delhi. Vikas Publishing House PVT LTD.
- Weisz, Paul B. 1959. The Science of Biology. New York.
Mc. Graw-Hill Book Company, Inc.
- _____. 1962. The Science of Botany. New York.
Mc. Graw-Hill Book Company, Inc.
- Wiranata Djamhur. 1986. Biology Sell. Jakarta.
Universitas Terbuka.