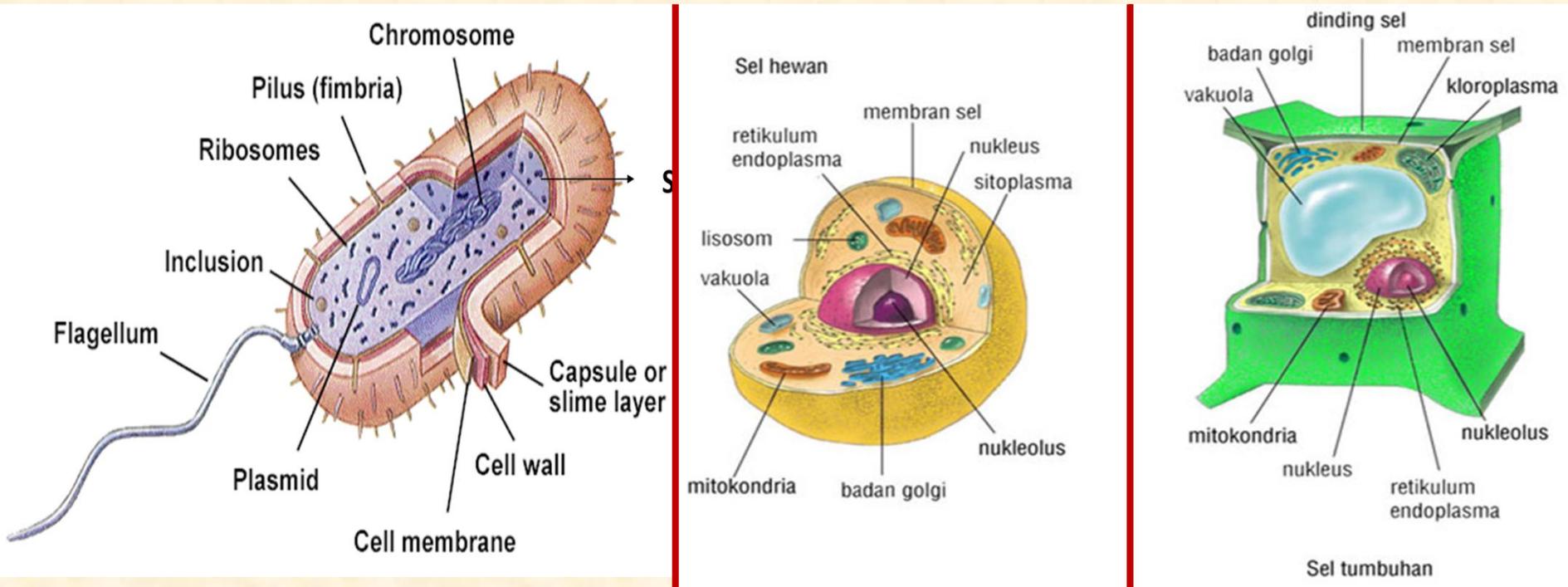


Struktur dan Fungsi Sel



Oleh

Trisia Lusiana Amir, S.Pd., M. Biomed

Fakultas Fisioterapi, Universitas Esa Unggul

2016

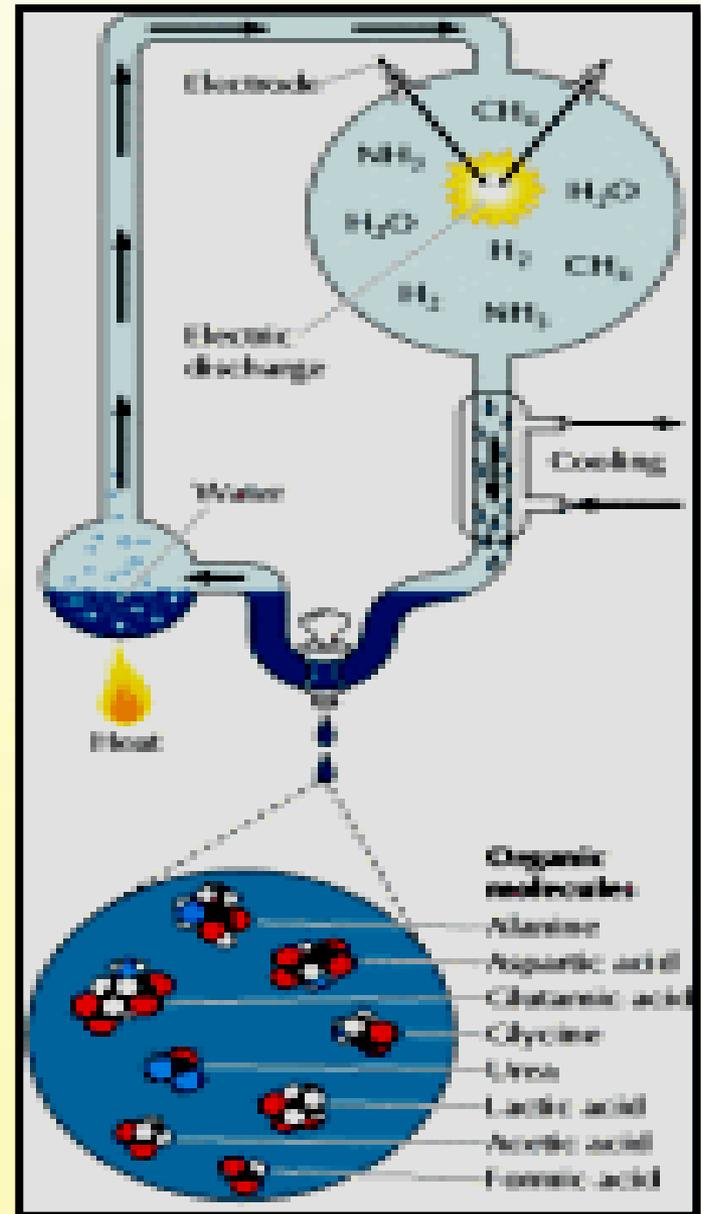
Sejarah Evolusi Sel

- Sejarah dimulainya kehidupan (di bumi) dibuat berdasarkan asumsi dan spekulasi, karena tidak ada/sedikit sekali bukti-bukti konkrit yang reproducible → dapat dianalisa kembali di lab/lapangan.
- Kehidupan dimulai ± 3,8 milyar tahun lalu → 750 milyar tahun sesudah bumi exist (terbentuk).
- Bumi dalam keadaan sangat tidak stabil: banyak gunung api, gempa tektonik, gelombang laut besar & intensitas tinggi, dll → memediasi reaksi-reaksi alamiah tertentu.

- Atmosfer bumi pada waktu itu mengandung sedikit sekali O_2 , & terdiri dari CO_2 , N_2 dan gas H_2 , H_2S , CO dalam konsentrasi kecil.
- Gas yang ada (H_2 , H_2S , CO), berlaku sebagai reduktor (reduced agent) membentuk molekul-molekul organik secara spontan dimediasi oleh sinar matahari, arus listrik yang dihasilkan kilat, dsb.

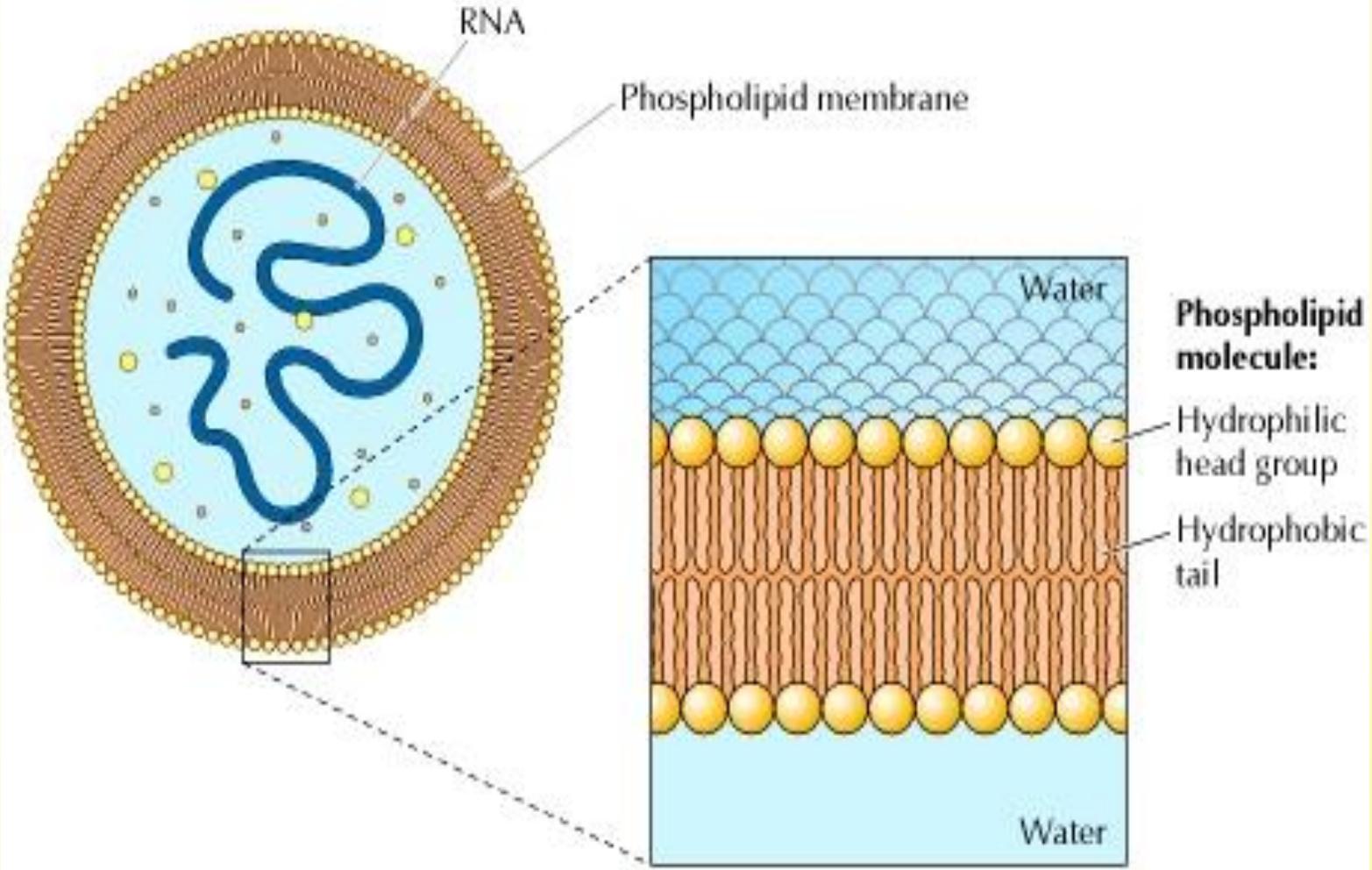
Percobaan :

gas H_2 , CH_4 , NH_3 dlm ruang tertutup dialirkan uap air & disuplai energi dari *electrical spark* → setelah didinginkan terbentuk air yang mengandung molekul-molekul organik : asam aspartat, glutamat, alanin, glisin.



- Molekul organik membentuk makromolekul dengan polimerisasi atau agregasi dengan molekul lain → terjadi secara spontan dalam kondisi prebiotik (kenaikan suhu, pengeringan, dll).
- Makromolekul mereplikasi diri → membentuk kopi secara spontan : RNA → RNA baru – tonggak dimulainya kehidupan.
- RNA dipercaya sebagai molekul pertama yang mampu mereplikasi diri (menjadi template & sintesis untai baru) → memperlihatkan aktifitas kehidupan paling primitif & distribusi informasi genetik yang pertama.

- RNA berasosiasi dengan fosfolipid yang mbtk struktur misel (molekul amfifatik) → fosfolipid menjadi komponen dasar sistem membran – membran plasma pada prokariota, eukariota & organel spesifik pada eukariota.
- RNA yang diselubungi fosfolipid dpt mereplikasi diri dan bertranslasi membentuk protein-protein utk menunjang aktifitas hidup & evolusi sesudahnya.



Sejarah Biologi Sel

Sitologi → ilmu yang mempelajari tentang sel

Berkembang dari pertengahan abad 17 hingga sekarang ditunjang oleh kemajuan ilmu dan teknologi lain yang relevan :

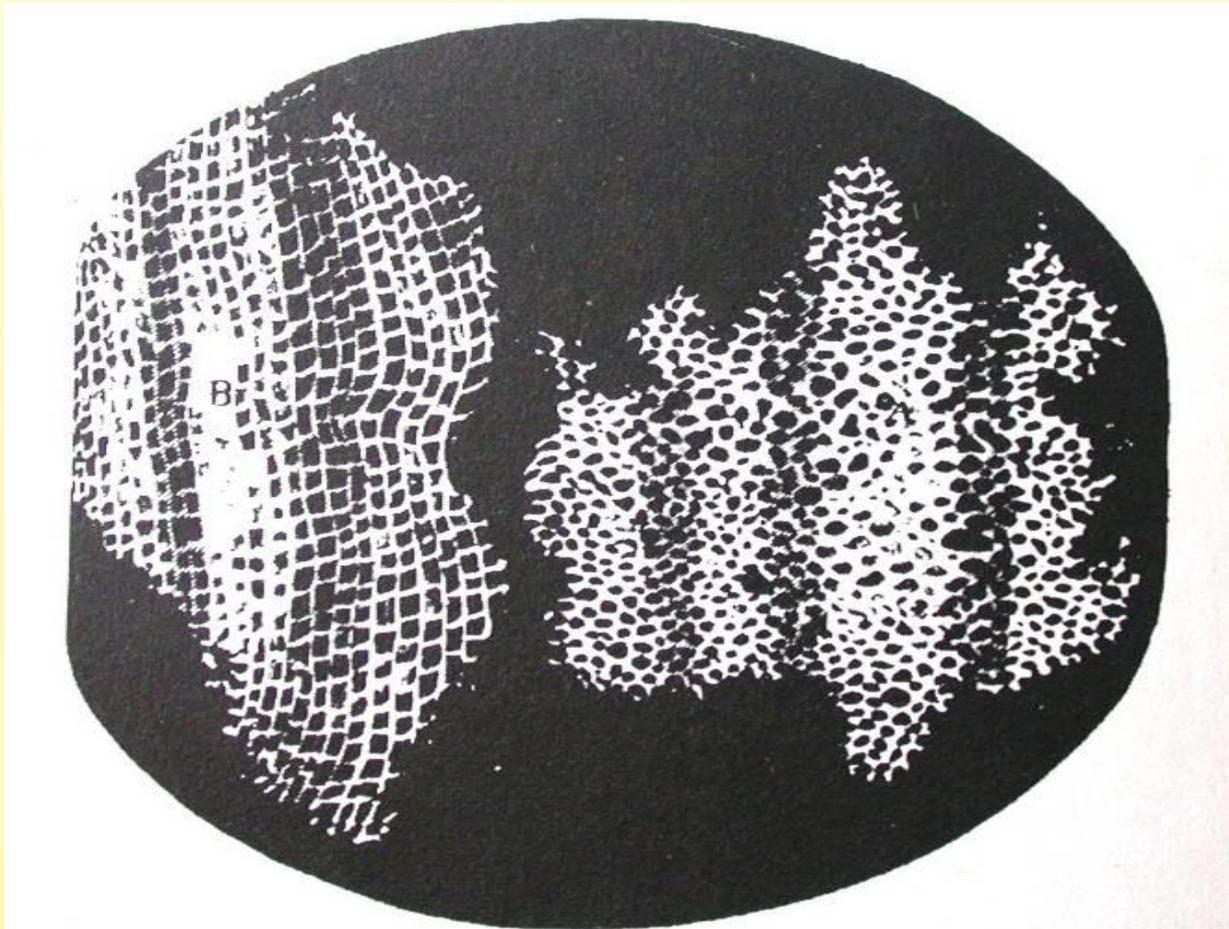
fisika

kimia

matematika

Perkembangan biologi sel bertumpu pada hasil riset dengan percobaan-percobaan deskriptif dimasa lalu hingga percobaan-percobaan analitik mutakhir/modern saat ini.

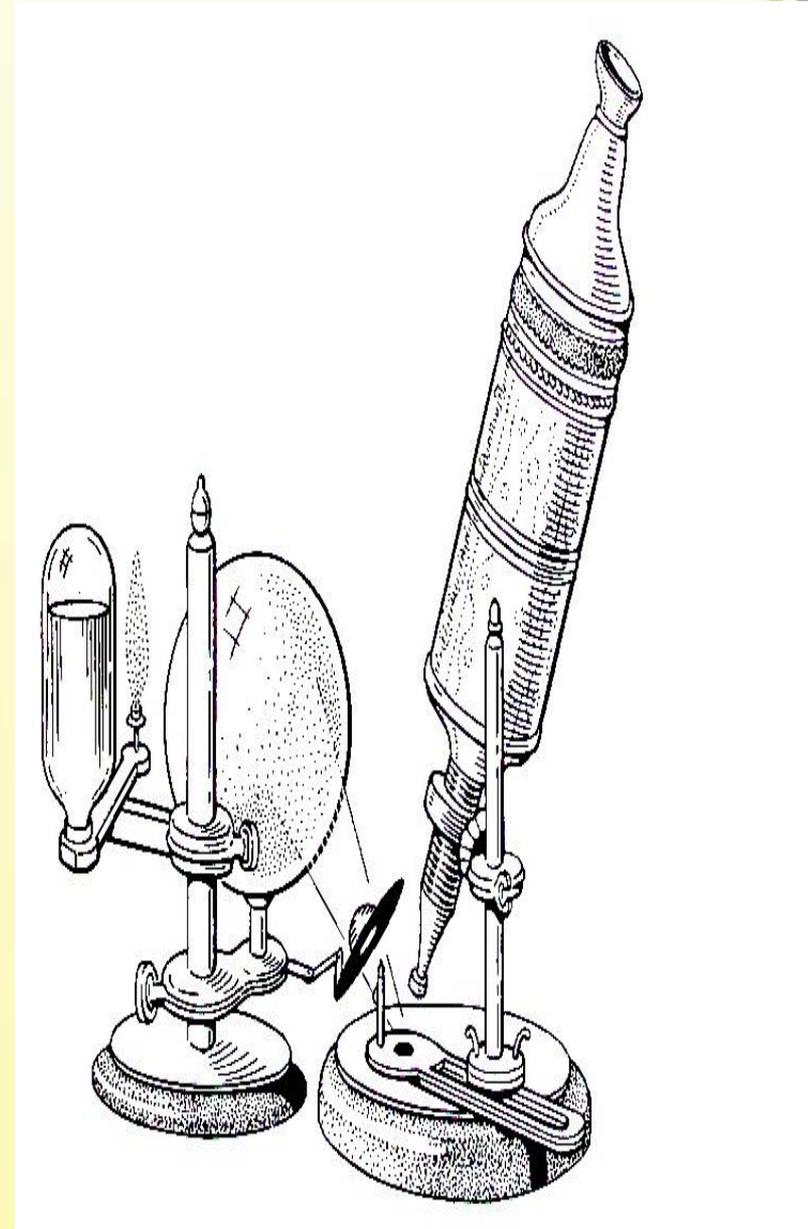
1. Robert Hooke (1665) melihat irisan gabus (cork) dengan kaca pembesar (loop) → kotak-kotak kecil disebut sel (cella).



2. Anthony van Leewenhook (1668) mengkonstruksi mikroskop I

- mengamati air kolam → organisme uniseluler (bakteri, protozoa)
- melihat nukleus pada preparat darah ikan salmon.

Dapat membedakan sel dalam berbagai bentuk dan morfologi → pengamatan deskriptif tentang sel.



3. Mathias Schleiden (1838) & Theodore Schwann (1839) mengemukakan teori tentang sel :

- semua makhluk hidup (tumbuhan & hewan) terdiri dari sel yang merupakan unit terkecilnya.
- setiap sel dapat berfungsi secara independent, tetapi juga dapat berperan sebagai bagian integral makhluk hidup.

4. Rudolf Virchow (1858), melengkapi teori tentang sel : semua sel (makhluk) berasal dari sel (makhluk) sebelumnya.

5. Weissmann (1883) - kontinuitas plasma germinal → gamet membawa plasma (germinal) yang ditransmisikan terus menerus dari generasi ke generasi.

6. Gregor Mendel (1822-1884) → sifat/karakter makhluk hidup dibawa dalam bentuk materi dan berpasangan → pasangan tersebut bersegregasi dan membentuk pasangan baru pada generasi berikutnya secara random.

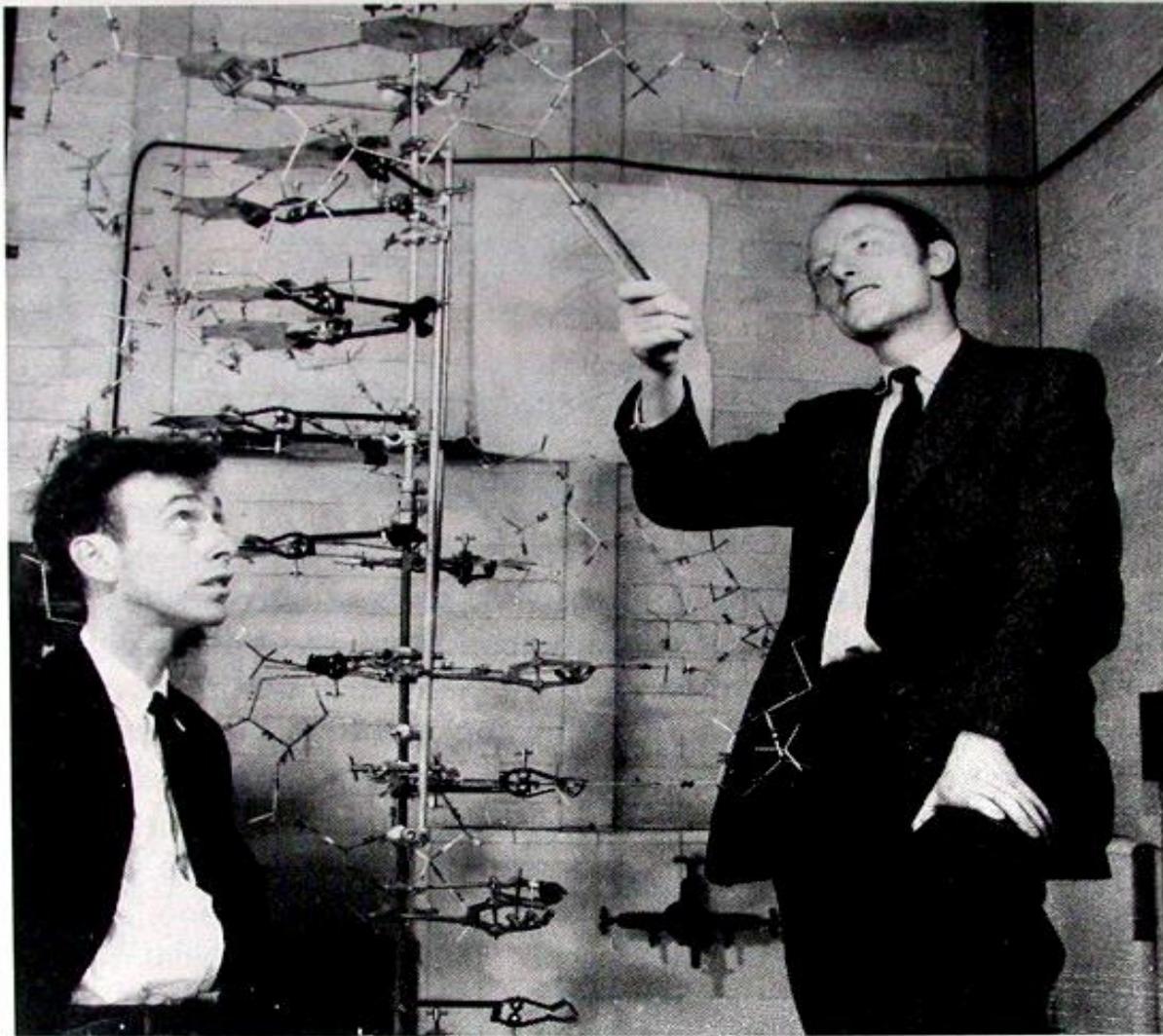
7. Barbara McClintock (1931) → Materi genetik menempati lokasi tertentu pada khromosom (lokus).

8. McLeod & McCarry (1944) →

Materi genetik adalah DNA yang membawa informasi & ditransmisikan dari generasi ke generasi dan diekspresikan menjadi fenotip.

9. Watson & Crick (1953) →

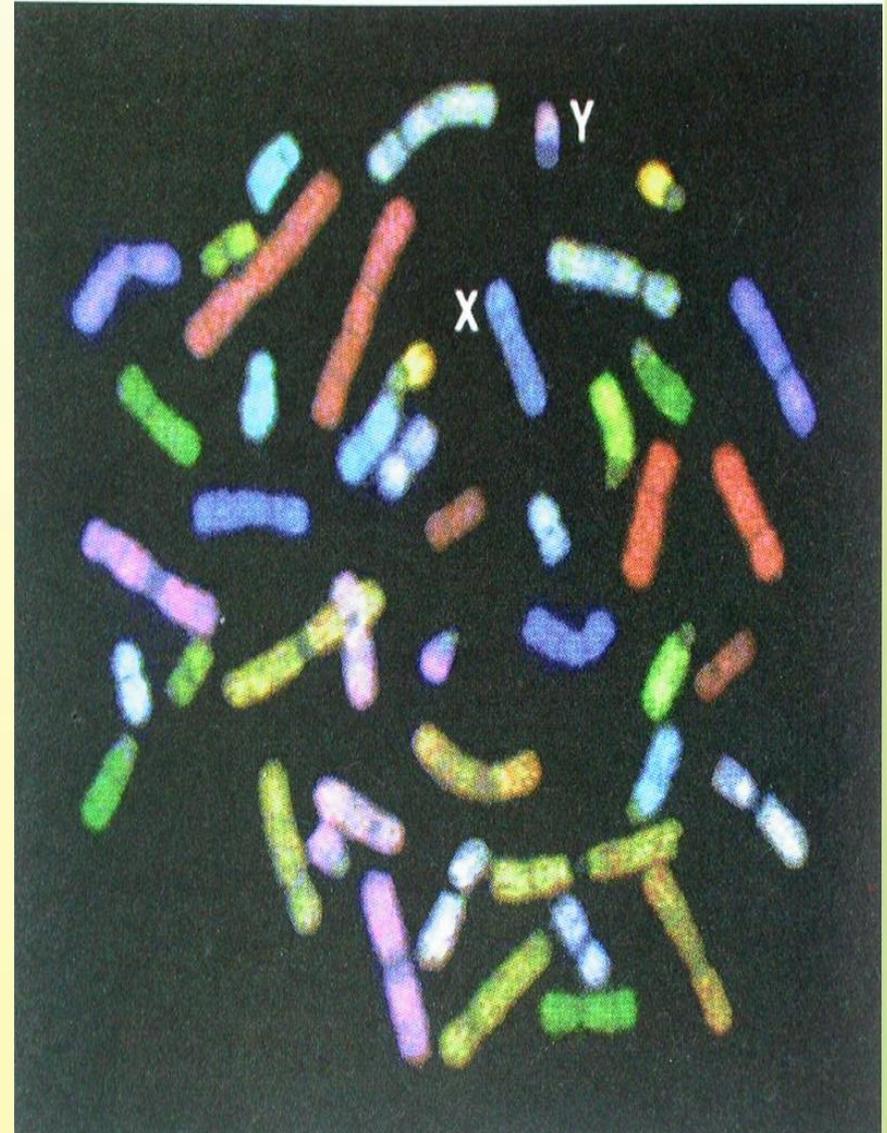
menemukan struktur DNA dengan *X-ray diffraction analysis*. Penemuan struktur DNA memungkinkan penemuan & pengembangan teknologi/rekayasa dibidang biologi molekuler dengan didukung oleh kemajuan ilmu-ilmu lain seperti fisika dan kimia.



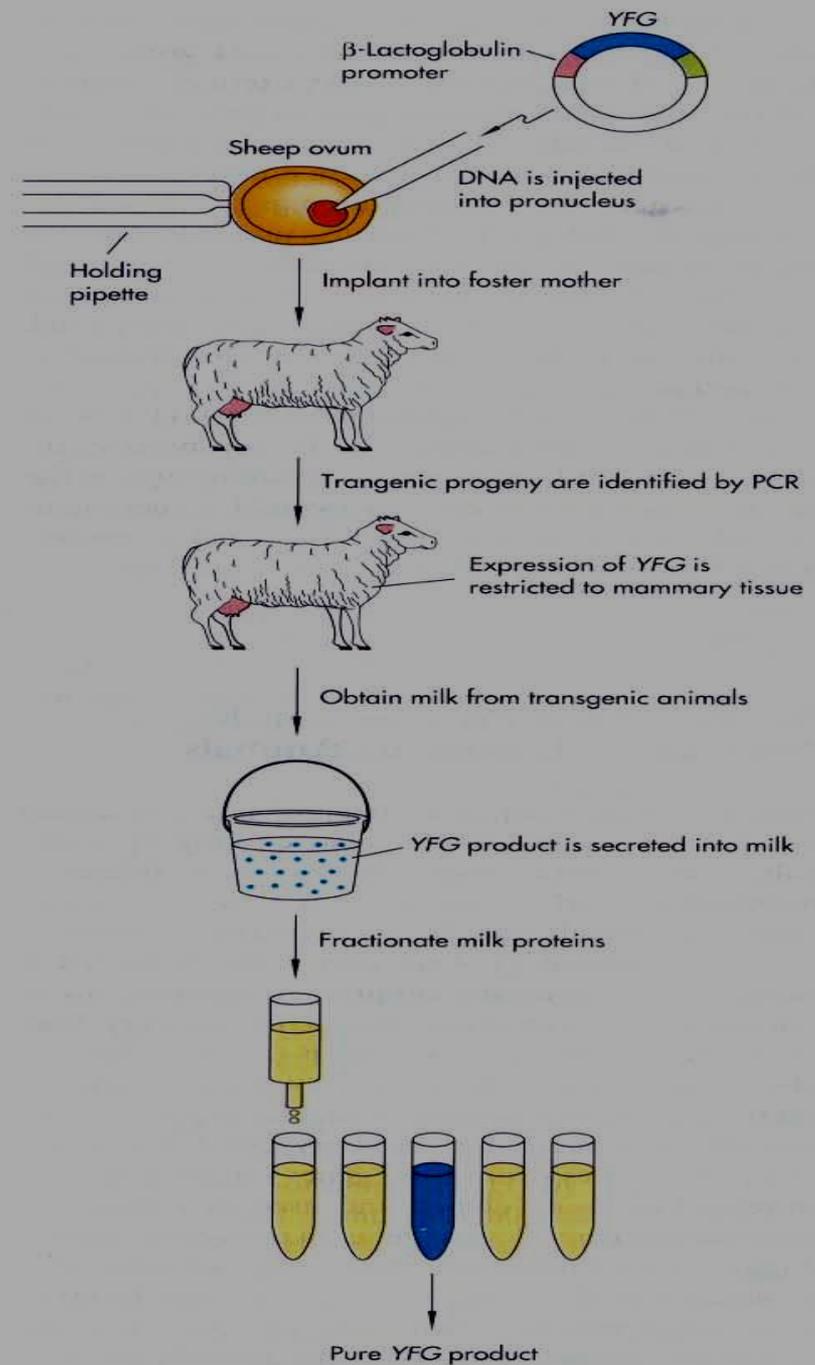
▲ **FIGURE 1-4** James D. Watson (*left*) and Francis H. C. Crick (*right*) with the double-helical model of DNA they constructed in 1952–1953. Their model ultimately proved correct in all its essential aspects. [From J. D. Watson, 1968, *The Double Helix*, Atheneum, Copyright 1968, p. 215; Courtesy of A. C. Barrington Brown.]

10. Tjio & Levan (1962)
→ membuktikan jumlah
kromosom manusia
adalah 46

(22 pasang autosom + 2
kromosom sex).



1980 - sekarang →
era rekayasa dengan
mengaplikasikan
bioteknologi untuk
mengubah dan
memanipulasi sistem
hidup pada tingkat
molekul, sel atau
organisme untuk
memperoleh manfaat
yang sebesar-besarnya
bagi kepentingan
manusia.



Definisi Sel

unit struktural dan fungsional terkecil pada makhluk hidup, yang dibatasi oleh membran dan berisi sitoplasma

Sebagai unit kehidupan → dapat memperlihatkan sifat-sifat hidup yang universal :

1. mengekstraksi energi dari lingkungan.
2. bereaksi (peka) terhadap rangsang.
3. tumbuh dan berkembang biak → mempertahankan kelangsungan (kontinuitas) kehidupan.

Berdasarkan komposisi sel yang menyusunnya dibedakan organisme :

- Uniseluler → sel adalah organisme
- Multiseluler → organisme terdiri dari banyak sekali sel dan terorganisasi:
sel → jaringan → organ.

Berdasarkan tingkat evolusinya sel dibedakan menjadi 2 golongan : prokariota & eukariota.

Virus : terdiri dari komponen-komponen hidup dan dapat menunjukkan sifat-sifat hidup / aktifitas kehidupan apabila berinteraksi dengan sel hidup.

Sel mempunyai sistem (pengaturan) universal yang lestari (conserve) → tidak berubah oleh proses evolusi :

- membawa informasi genetik berupa DNA dan mentransfer informasi genetik untuk mengatur & mengontrol aktifitas kehidupan.
- memproduksi dan menggunakan ATP untuk menyelenggarakan aktifitas kehidupan.

Transfer (distribusi) informasi genetik pada tingkat sel :

1. Transmisi gen (DNA) dari sel generasi satu ke sel generasi berikutnya melalui proses replikasi.
2. Informasi dalam DNA diubah menjadi informasi bentuk lain & didistribusikan ke bagian-bagian sel atau lingkungan sel melalui proses transkripsi (pembentukan RNA) & translasi (sintesis protein). Alur informasi dari DNA - RNA - protein → disebut ekspresi → dihasilkan fenotip.

Karakteristik Sel

1. unit kehidupan yang sangat terorganisasi dalam hal struktur dan fungsinya.
2. mengambil bahan baku dari lingkungan untuk membuat kopi & memperbanyak diri (proliferasi).
3. menampilkan fenotip bervariasi pada tiap individu, meskipun mempunyai sistem fundamental yang sama.

Struktur Utama pada Sel

Terdiri atas 3 bagian:

1. Membran sel
2. Sitoplasma
3. inti Sel (nukleus)

Organisasi Molekul Sel

- Sel disusun oleh bermacam-macam elemen (unsur).
- Di alam telah teridentifikasi 103 unsur → disusun dalam tabel berkala unsur (Mendeleev, 1913).
- ± 35 unsur dapat diuraikan dari 1 sel hidup, yg terbagi:
 1. Unsur mayor (dominan) → H (50%), O (25%), C (10%), N (2,5%)
 2. Unsur minor (terdapat dalam jumlah/konsentrasi kecil) → P, S, Na, K, Mg, Ca, Cl
 3. Unsur renik / trace elements (terdapat dalam jumlah yang sangat kecil \approx pg) → Fe^{++} , Mn^{++} , Co^{+} , Zn^{+++} , Cu^{+++}

Di dalam sel, unsur-unsur tsb membentuk kombinasi yang memenuhi syarat dan spesifik, membentuk biomolekul sel.

Kombinasi unsur & molekul dibentuk dengan:

- ikatan Kovalen dan nonkovalen
- ikatan Hidrogen
- ikatan Elektrostatik (ionik)
- ikatan Hidrofobik
- ikatan Van der Walls

Komposisi molekul sel :

- air (H_2O)
- ion anorganik
- molekul organik

Air → merupakan komponen terbesar (70 - 90%).
Interaksi air dengan komponen sel lain sangat penting,
karena menentukan struktur & fungsi sel.

Sifat molekul air :

Polar — dapat berinteraksi membentuk ikatan H dengan molekul polar lain dan ion → larut, membentuk satu fase yg tidak terpisah dengan air — molekul hidrofilik.

Molekul nonpolar tidak dapat kontak dengan air & membentuk 2 fase terpisah — molekul hidrofobik.

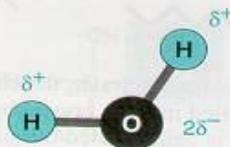
BOX 1.4

WATER IS A POLAR MOLECULE

One molecule of water contains one oxygen and two hydrogen atoms. The three atoms are not in a straight line but form an open V:

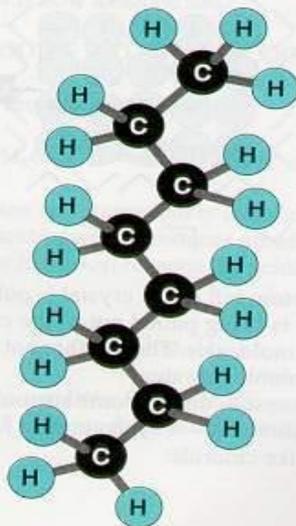


Oxygen tends to grab more than its fair share of the electrons that form the bonds. Since these negatively charged electrons spend more time close to the oxygen than to hydrogen, the atoms within water have on average a small net charge. The δ in the figure is used to indicate that this charge is less than the charge on a single electron or proton:

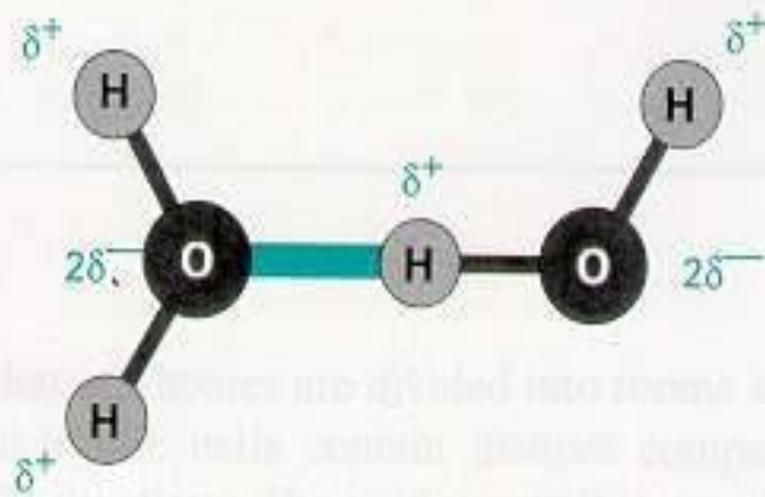


Molecules that, like water, have distinct positive and negative regions are called polar.

Octane, the main constituent of gasoline, is an example of a nonpolar solvent. The electrons that form the bonds are shared equally between carbon and hydrogen, and the component atoms do not bear a net charge.



hydrogen bond



Molekul nonpolar berasosiasi satu dg yang lain menghindari air.

Kelarutan mol. polar dlm air & interaksi mol hidrofobik penting dlm pembentukan (rekonstruksi) biomolekul sel.

Air penting untuk menjaga stabilitas suhu sel → kalor jenis air = 1.

Air menentukan pH larutan → $H_2O \longrightarrow (H^+) + (OH^-)$
 $pH = -\log (H^+)$.

Ion anorganik

Ion anorganik seperti Na^+ , K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} , HPO_4^- , Cl^- & HCO_3^- mempunyai persentase sangat kecil dalam sel (< 1%).

Berfungsi untuk mengatur bermacam-macam aktifitas & fungsi sel :

- kofaktor
- keseimbangan asam & basa
- menjaga/menghasilkan potensial listrik
- dll.

Molekul organik

Menentukan spesifikasi sel.

Disusun oleh rantai hidrokarbon, terdiri dari molekul kecil (50 - 100 atom) dan makromolekul yang menyusun sebagian besar massa sel diluar air.

Molekul kecil mempunyai struktur dan fungsi spesifik spt vitamin, kofaktor, hormon, dll.

Makromolekul disusun oleh polimer (ikatan) subunit

- homopolimer → polimer dari satu (macam) subunit.
- heteropolimer → polimer lebih dari satu subunit.

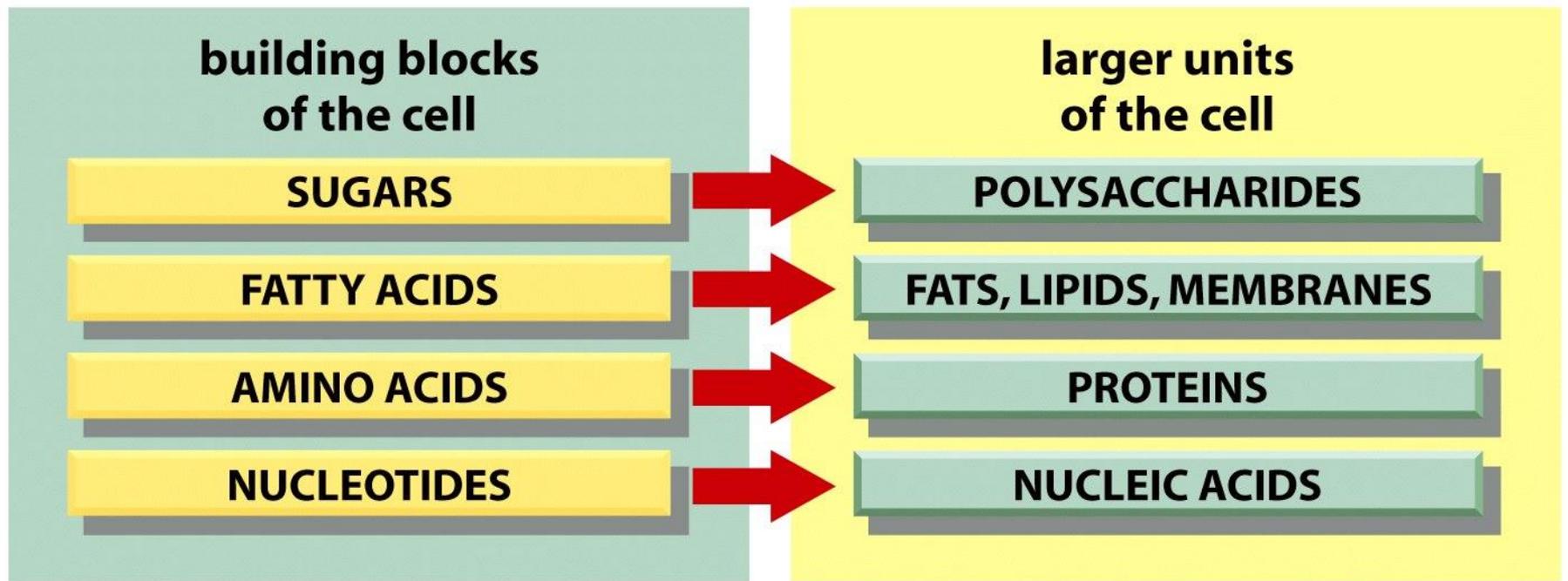
Makromolekul yang menyusun sel :

protein, lipid, karbohidrat & asam nukleat.

- Sel berisi 4 molekul organik utama, yaitu:
 - Gula (*sugar*)
 - Asam lemak (*fatty acid*)
 - Asam amino (*amino acid*)
 - Nukleotid (*nucleotide*)
- Molekul tsb merupakan *building block*, yang akan menyusun makromolekul utama dari sel

Molekul subunit dalam sel

Makromolekul di dalam sel

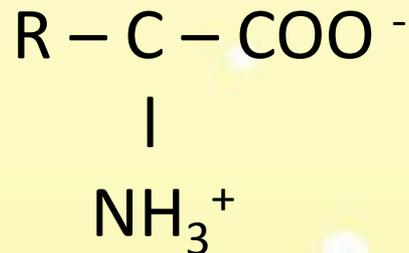


Protein

Polimer subunit (as. amino) yang saling berhubungan melalui ikatan peptida.

As. amino :

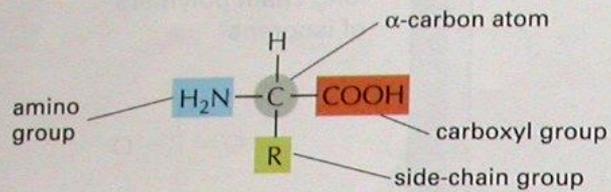
- Rantai hidrokarbon yang memp. Gugus karboksil (COO^-) dan amino (NH_3^+) pada C_α .
- Rantai hidrokarbon atau H diluar C_α disebut rantai (gugus) samping.



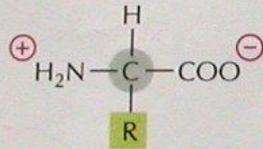
Rantai samping R bervariasi & menentukan spesifikasi as. amino (asam, basa, hidrofilik, hidrofobik).

THE AMINO ACID

The general formula of an amino acid is

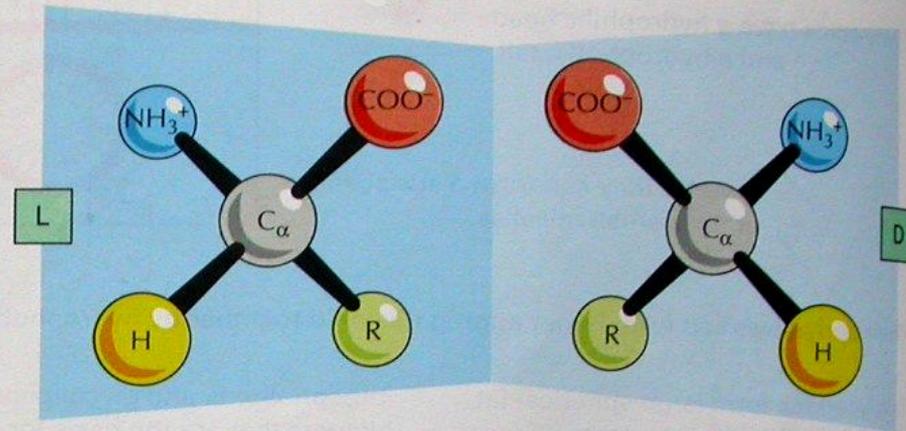


R is commonly one of 20 different side chains. At pH 7 both the amino and carboxyl groups are ionized.



OPTICAL ISOMERS

...carbon atom is asymmetric, which allows for two mirror image (or stereo-) isomers, D and L.

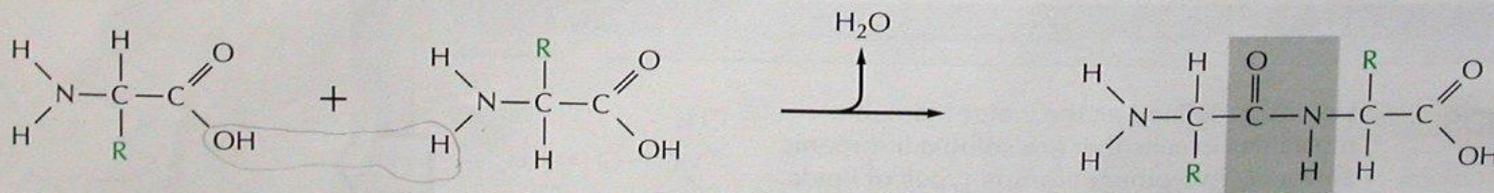


Proteins consist exclusively of L-amino acids.

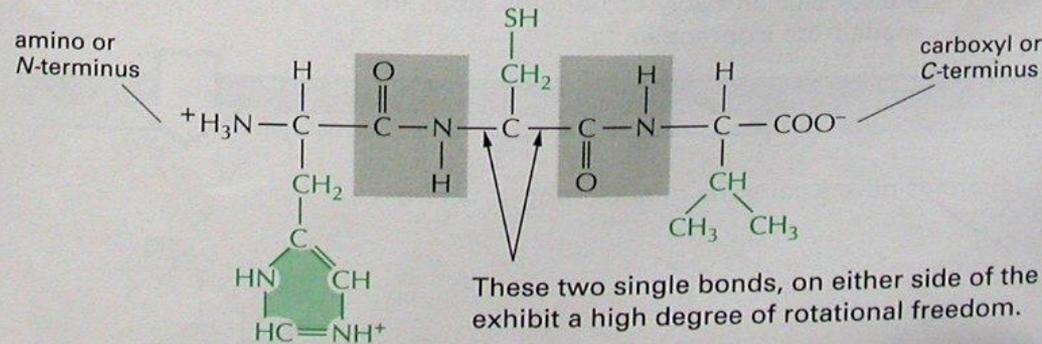
PEPTIDE BONDS

Amino acids are commonly joined together by an amide linkage, called a peptide bond.

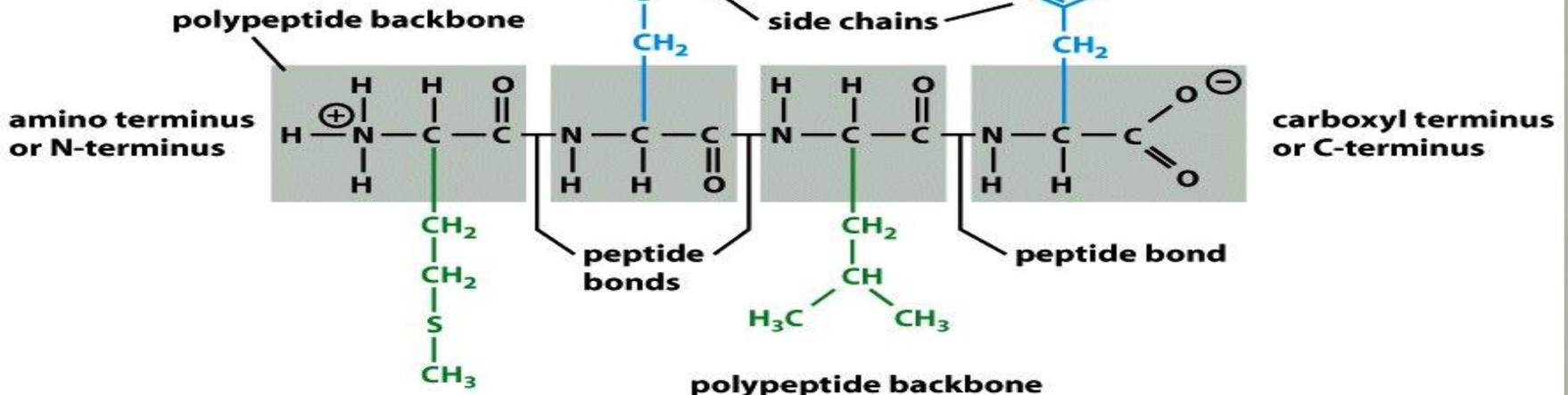
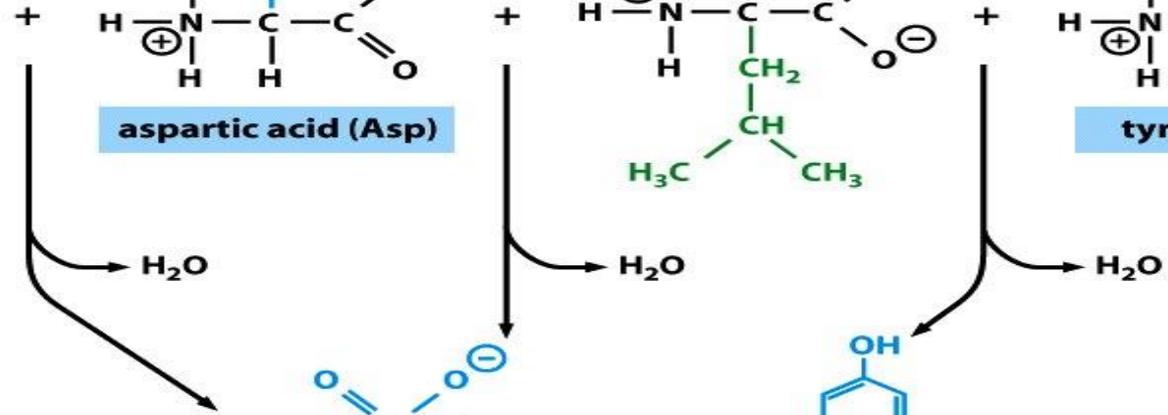
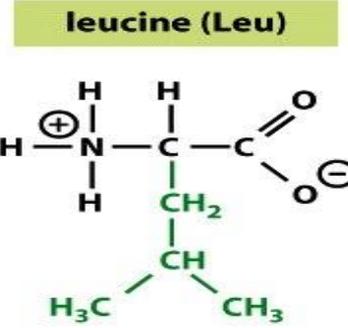
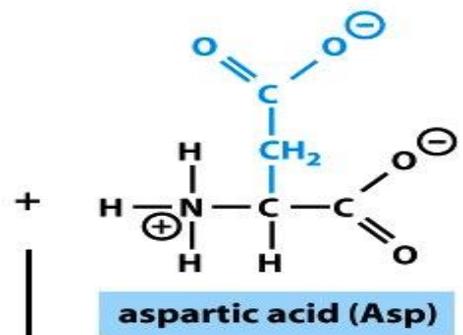
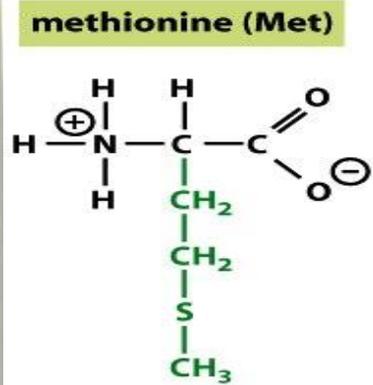
peptide bond: The four atoms in each *gray box* form a rigid planar unit. There is no freedom of rotation about the C—N bond.



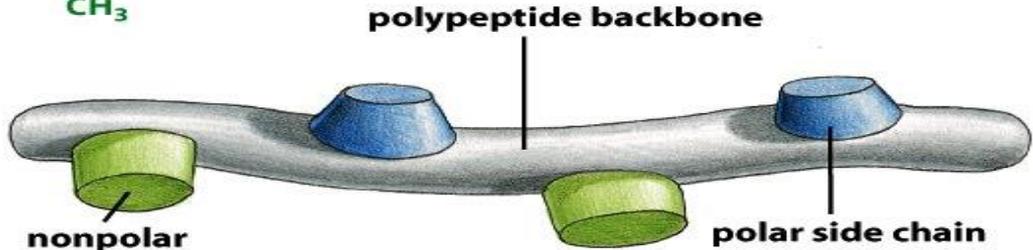
Proteins are long polymers of amino acids linked by peptide bonds, and they are always written with the *N*-terminus toward the left. The sequence of this tripeptide is His Cys Val.



These two single bonds, on either side of the rigid peptide unit, exhibit a high degree of rotational freedom.



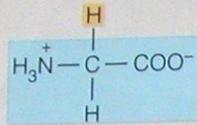
SCHEMATIC



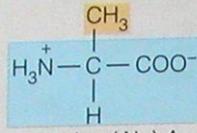
SEQUENCE



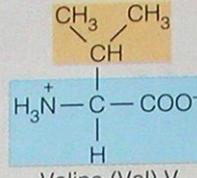
ALIPHATIC AMINO ACIDS



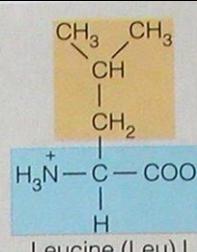
Glycine (Gly) G



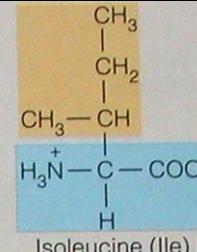
Alanine (Ala) A



Valine (Val) V

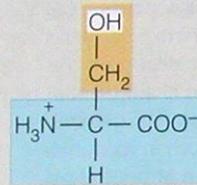


Leucine (Leu) L

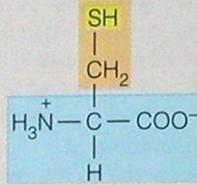


Isoleucine (Ile) I

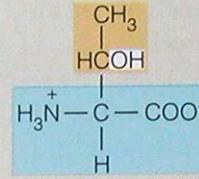
AMINO ACIDS WITH HYDROXYL- OR SULFUR-CONTAINING SIDE CHAINS



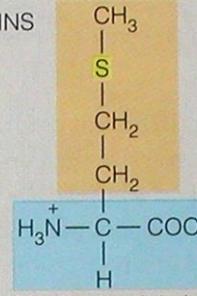
Serine (Ser) S



Cysteine (Cys) C

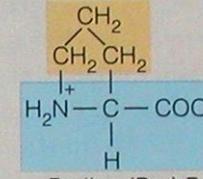


Threonine (Thr) T



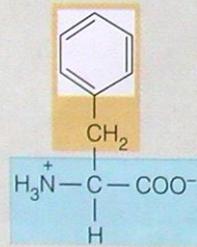
Methionine (Met) M

CYCLIC AMINO ACID

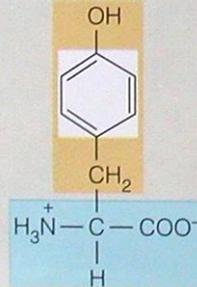


Proline (Pro) P

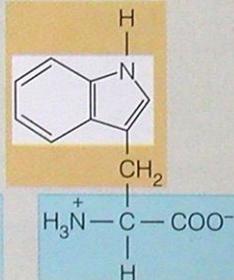
AROMATIC AMINO ACIDS



Phenylalanine (Phe) F

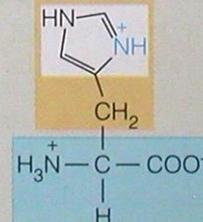


Tyrosine (Tyr) Y

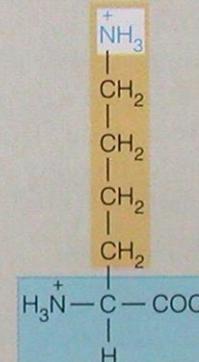


Tryptophan (Trp) W

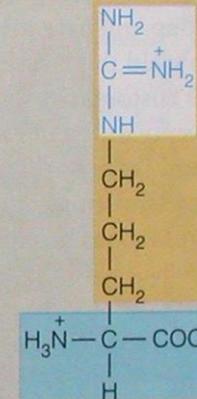
BASIC AMINO ACIDS



Histidine (His) H

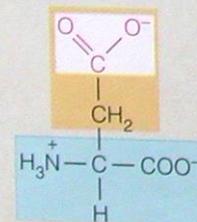


Lysine (Lys) K

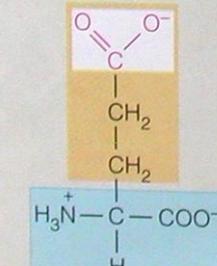


Arginine (Arg) R

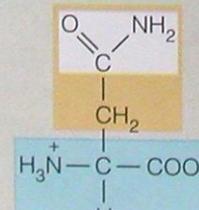
ACIDIC AMINO ACIDS AND THEIR AMIDES



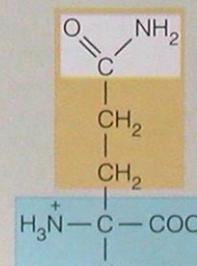
Aspartic acid (Asp) D



Glutamic acid (Glu) E



Asparagine (Asn) N



Glutamine (Gln) Q

As. amino berpolimerisasi melalui ikatan peptida → membentuk polipeptida (protein).

Polipeptida (protein) memp. NH_3^+ bebas disalah satu ujungnya (N terminal) dan COO^- bebas diujung yang lain (C terminal) → protein dibaca dari N ke C terminal.

As. amino adalah

- molekul yang amfoter — dapat bermuatan (+) atau (-), tergantung pH lingkungan → disebut amfolit.
- zwitter ion — bermuatan ganda pada pH netral.

- Molekul protein mempunyai struktur primer → ditentukan oleh jumlah & komposisi as. amino, dideterminasi oleh kodon (kode genetik pada gen / RNA).

Mempunyai struktur 3 dimensi (konformasi) yang menentukan fungsi molekul — struktur sekunder

α helix

lembaran β

triple helix

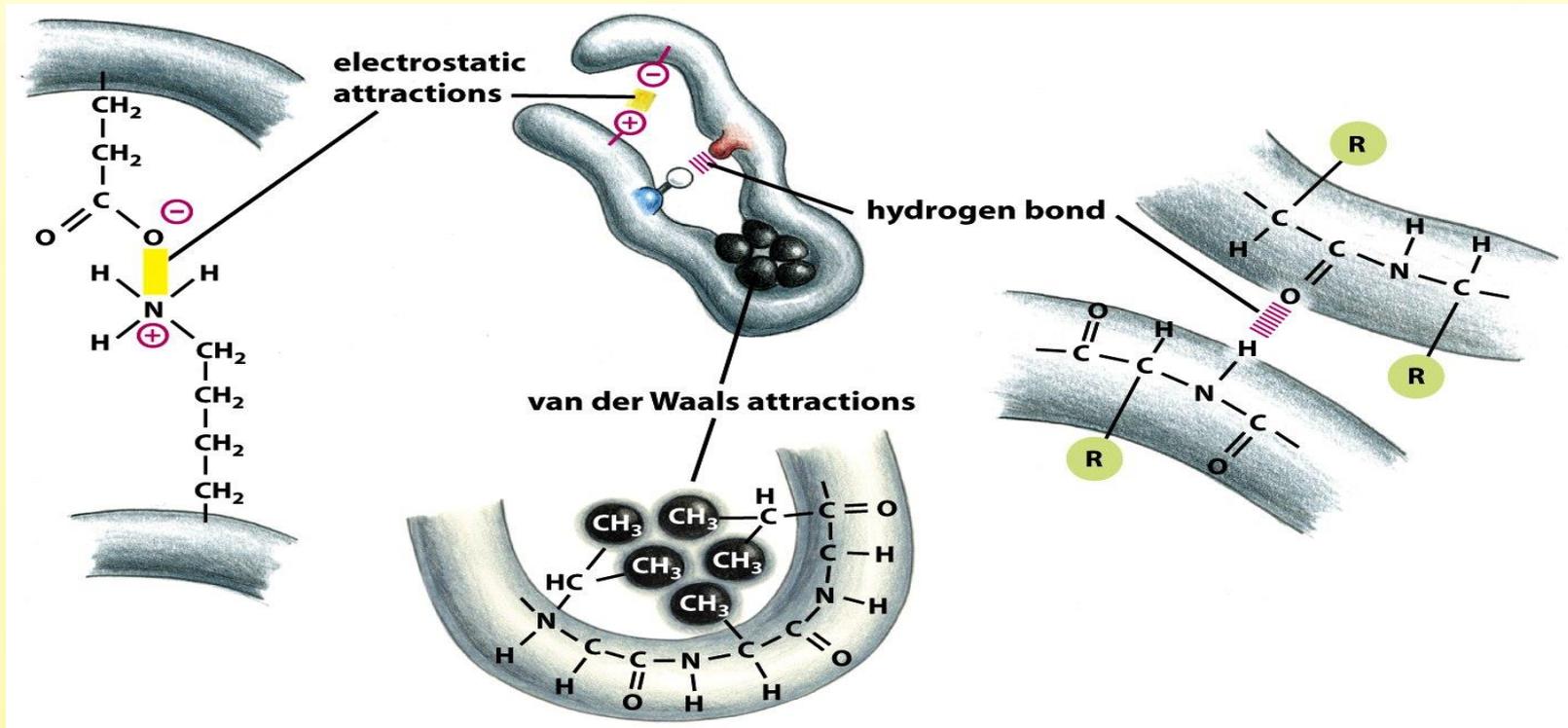
struktur tertier

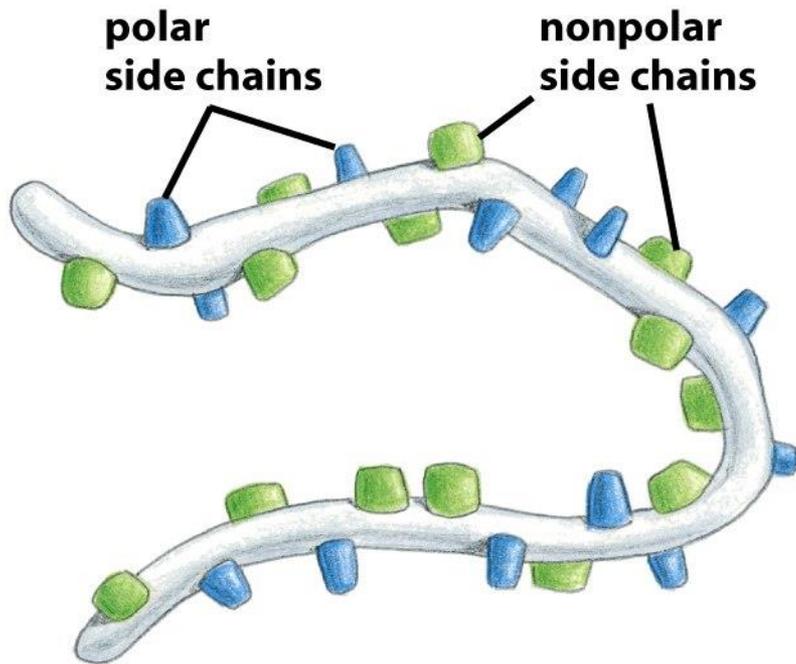
struktur kuartener

- Bila konformasi protein rusak → dsbt denaturasi & kehilangan fungsi spesifiknya.

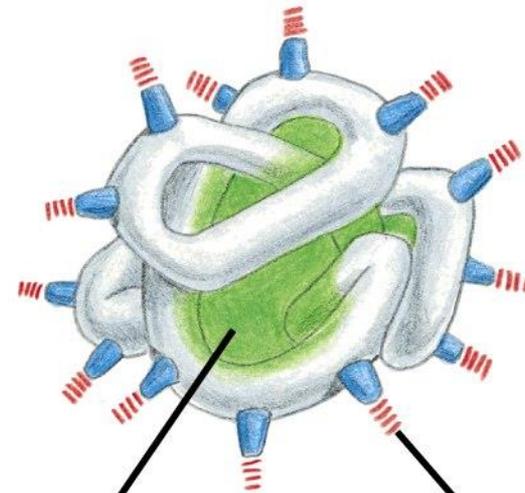
Struktur protein melipat → dimungkinkan karena adanya 3 jenis ikatan nonkovalen yang lemah, yaitu:

1. Ikatan hidrogen
2. Ikatan ion (elektrostatik attraction)
3. Van der Waals attraction





unfolded polypeptide



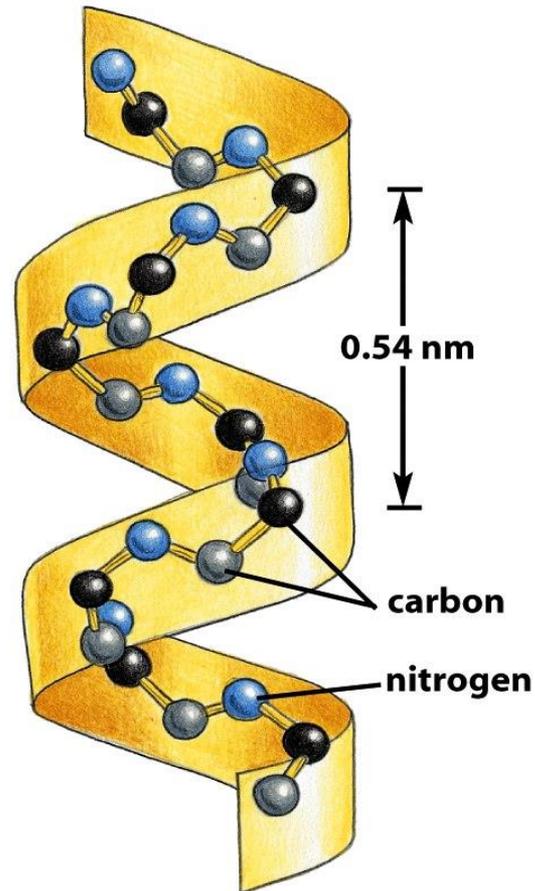
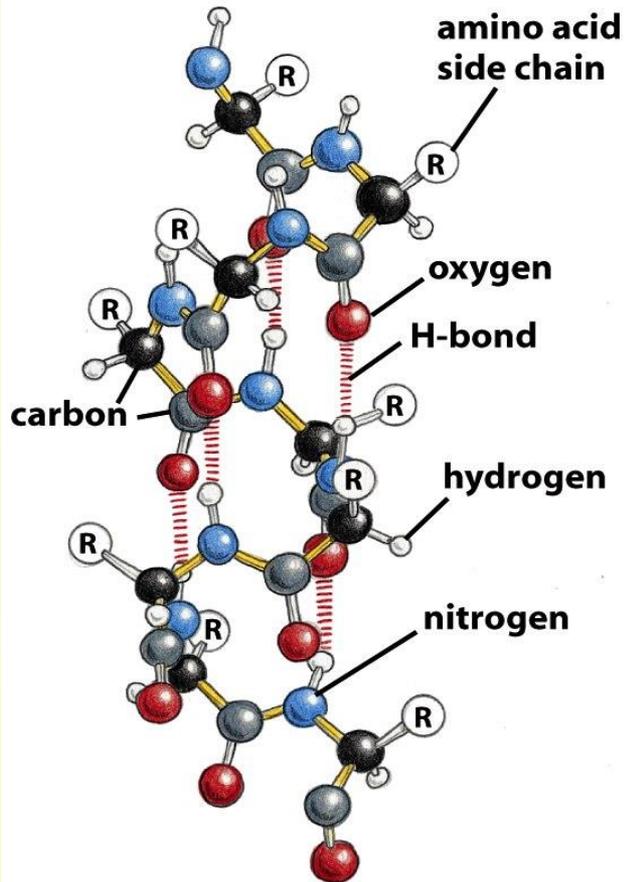
hydrophobic core region contains nonpolar side chains

polar side chains on the outside of the molecule can form hydrogen bonds to water

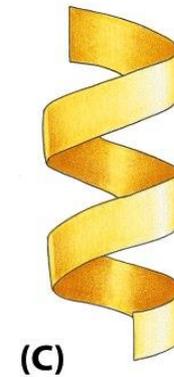
folded conformation in aqueous environment

Pola pelipatan protein:

1. α Helix



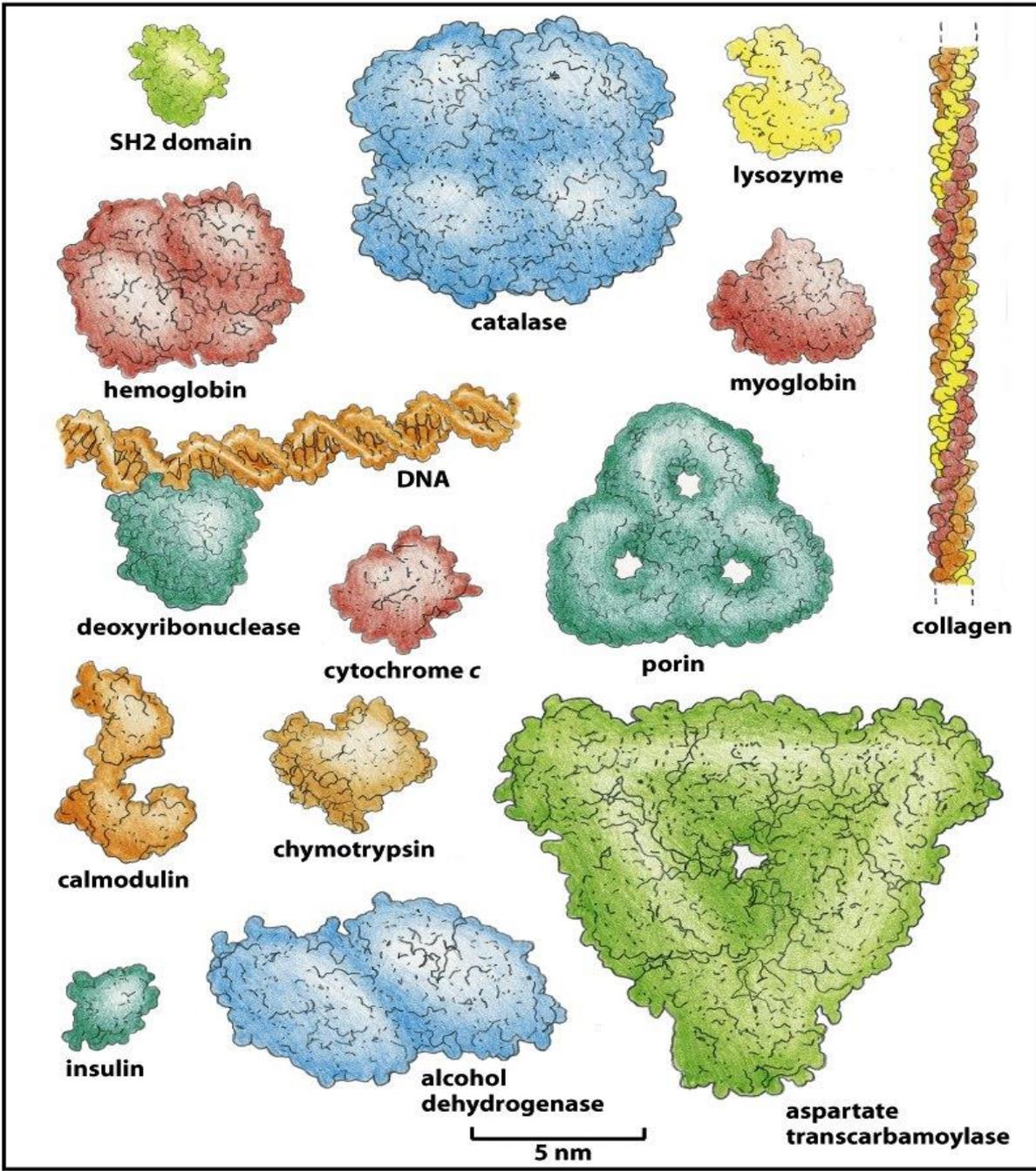
α helix



Fungsi molekul protein di dalam sel, sebagai:

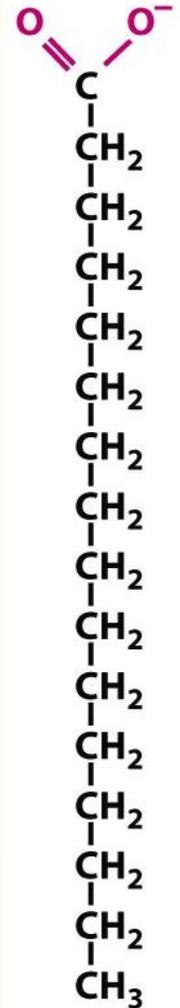
- Menunjang sel sec struktural → protein membran, sitoskeleton
- Reseptor, untuk komunikasi antar sel
- Enzym,
- Molekul yang berperan dalam sistem imun → imunoglobulin

Fungsi protein, sangat tergantung pada komposisi kimia dari permukaannya



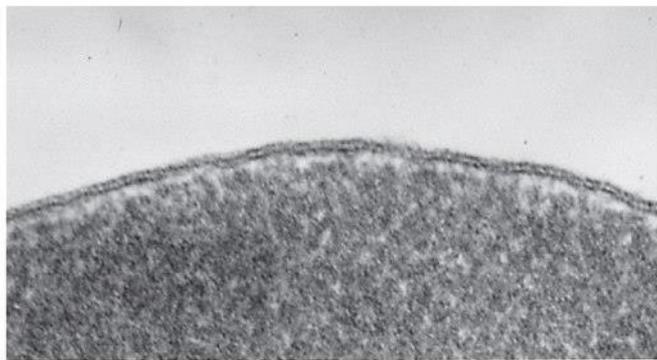
Lemak (Lipid)

- Disusun oleh asam lemak.
- Asam lemak dikomposisi oleh rantai hidrokarbon yang bersifat hidrofobik dan gugus carboxylic acid terikat pada rantai tsb
- Rantai hidrokarbon ada yang saturated (tdk punya ikatan ganda antar atom carbon

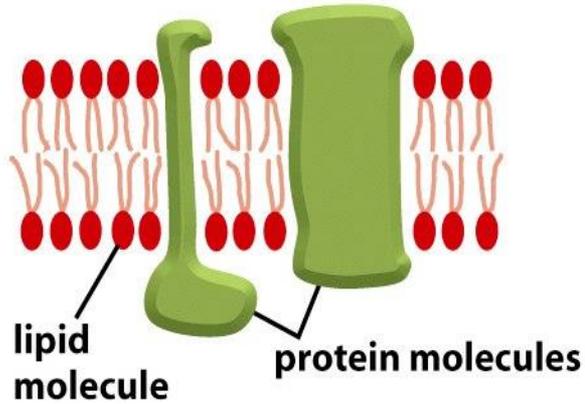


- Berbagai jenis asam lemak yg terdapat di dalam sel berbeda dalam hal panjang rantai hidrokarbon, jumlah dan posisi ikatan ganda antar atom carbon
- Asam lemak disimpan di sitoplasma dalam bentuk droplet molekul triasilgliserol
- Fungsi utama asam lemak adalah mengkonstruksi membran sel → dalam bentuk fosfolipid

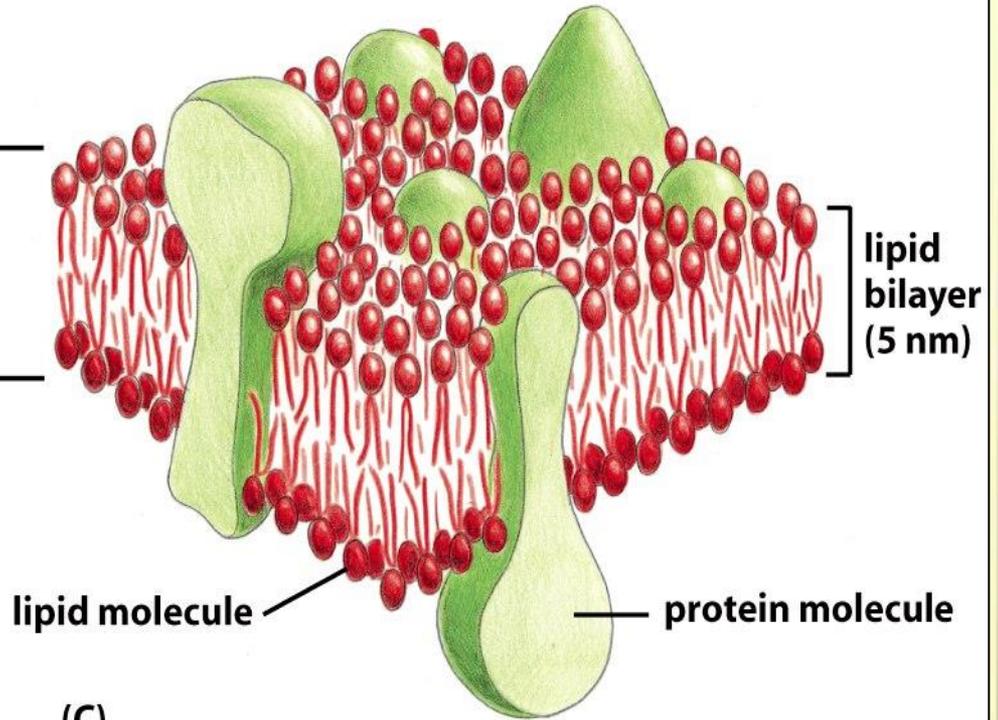
Struktur membran sel



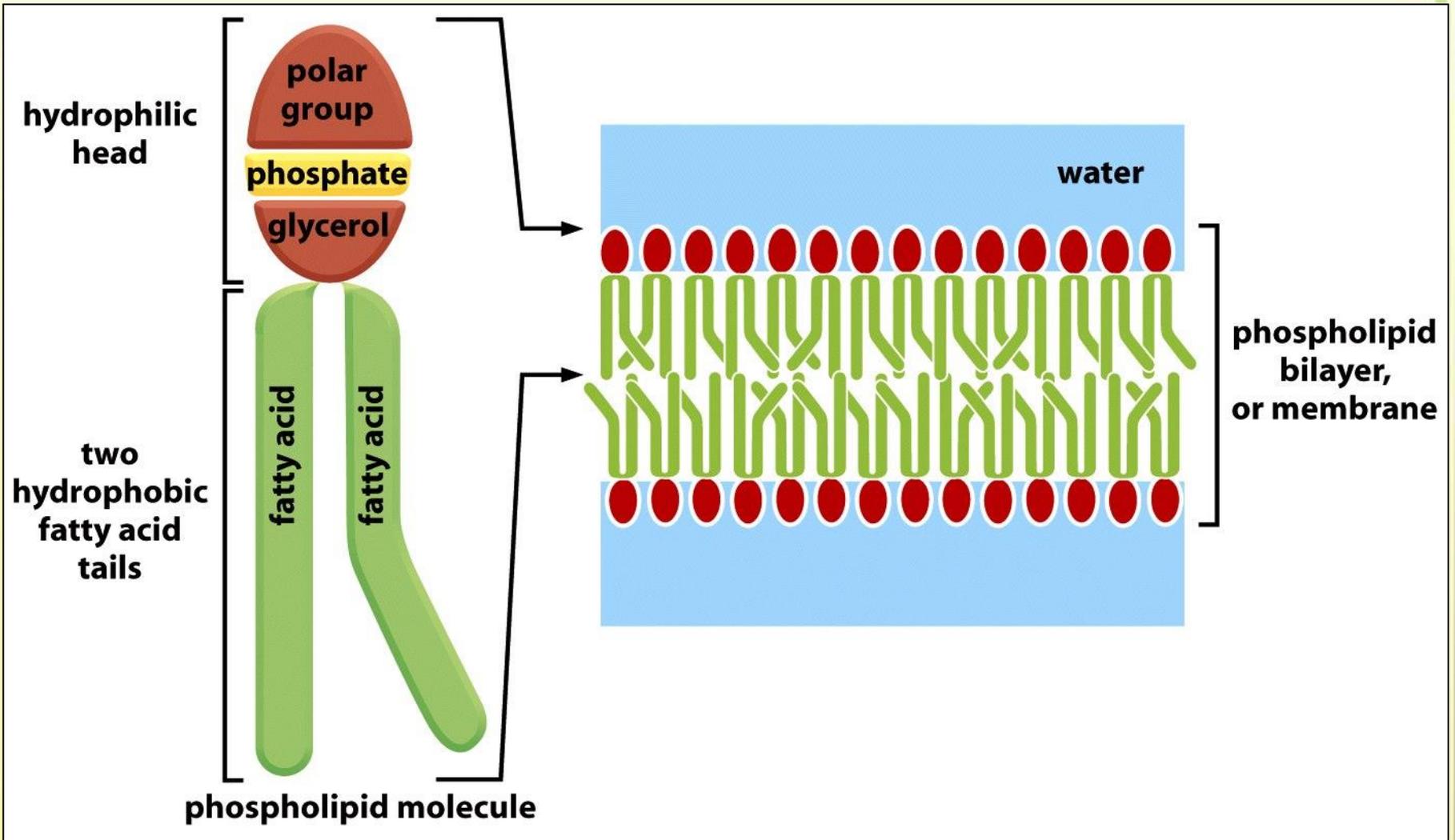
(A)



(B)



(C)



4 molekul utama fosfolipid pada membran sel

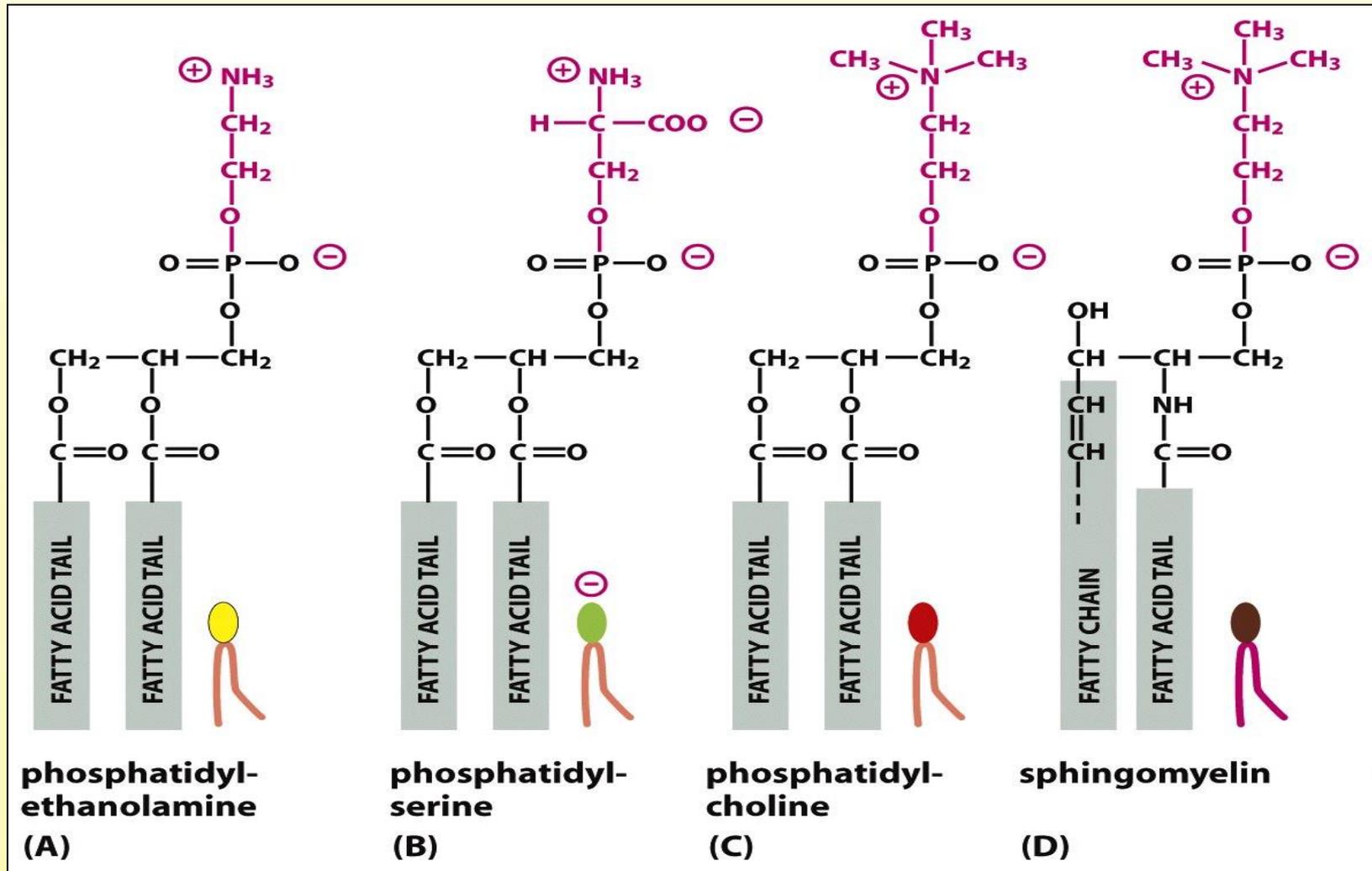


Table 10-1 Approximate Lipid Compositions of Different Cell Membranes

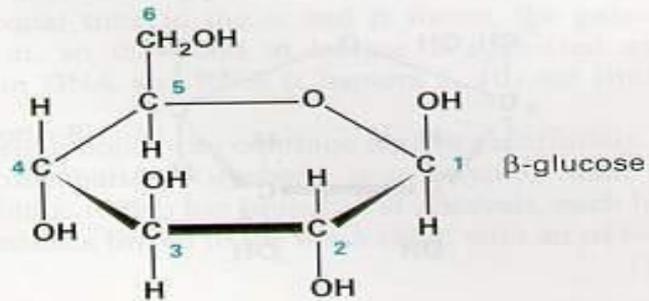
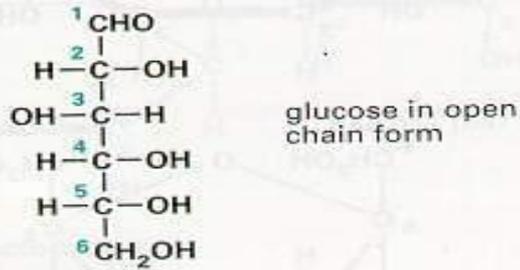
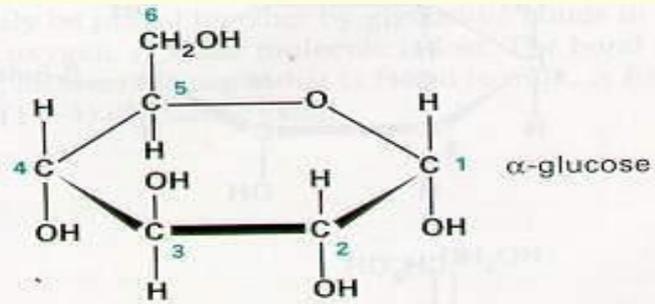
LIPID	PERCENTAGE OF TOTAL LIPID BY WEIGHT					
	LIVER CELL PLASMA MEMBRANE	RED BLOOD CELL PLASMA MEMBRANE	MYELIN	MITOCHONDRION (INNER AND OUTER MEMBRANES)	ENDOPLASMIC RETICULUM	<i>E. COLI</i> BACTERIUM
Cholesterol	17	23	22	3	6	0
Phosphatidylethanolamine	7	18	15	28	17	70
Phosphatidylserine	4	7	9	2	5	trace
Phosphatidylcholine	24	17	10	44	40	0
Sphingomyelin	19	18	8	0	5	0
Glycolipids	7	3	28	trace	trace	0
Others	22	13	8	23	27	30

Karbohidrat ((CH₂O)_n)

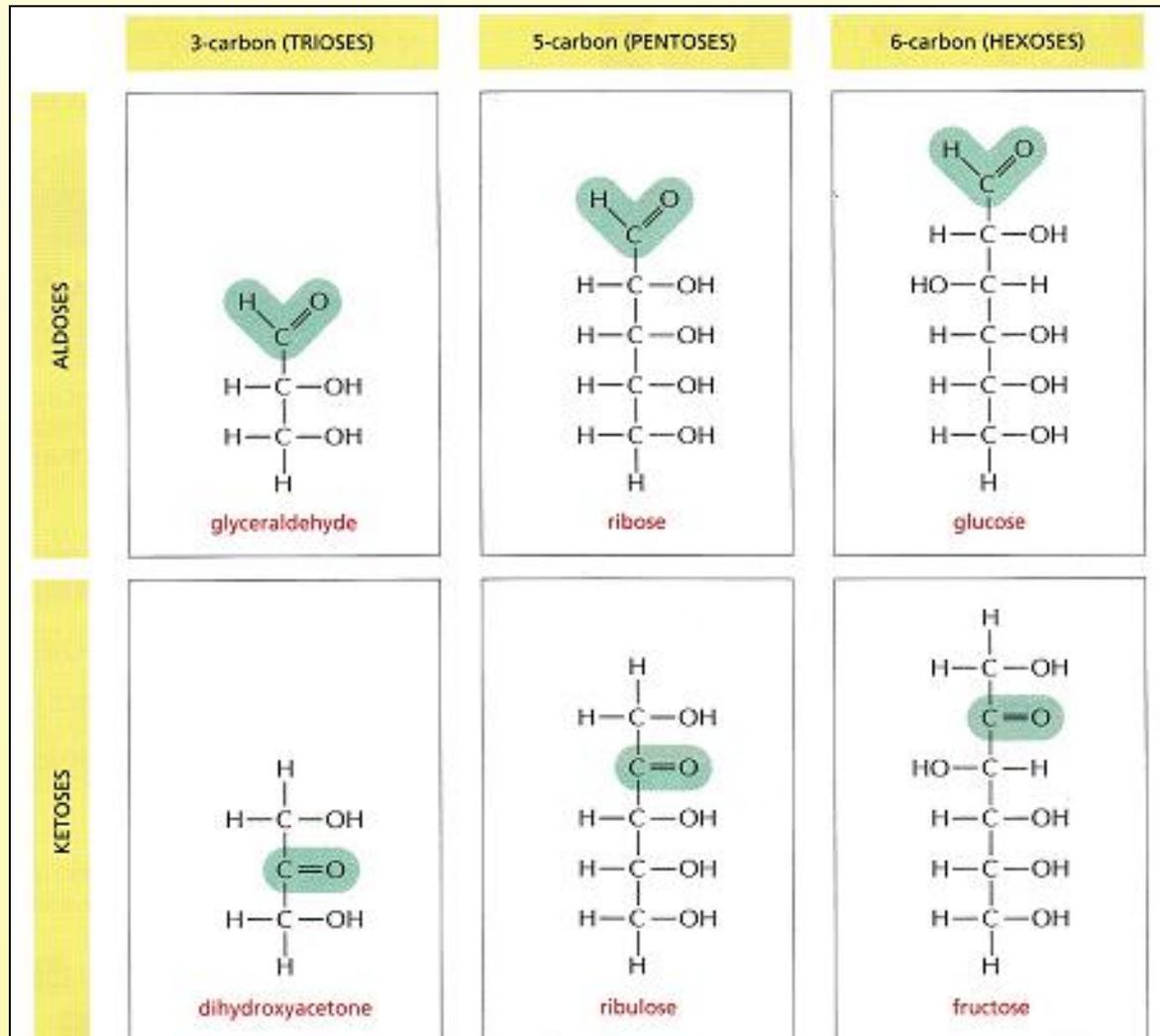
Sangat penting bagi sel, karena dapat berfungsi sebagai komponen struktural pada organel tertentu & sebagai bahan metabolik yang menghasilkan energi.

Golongan karbohidrat :

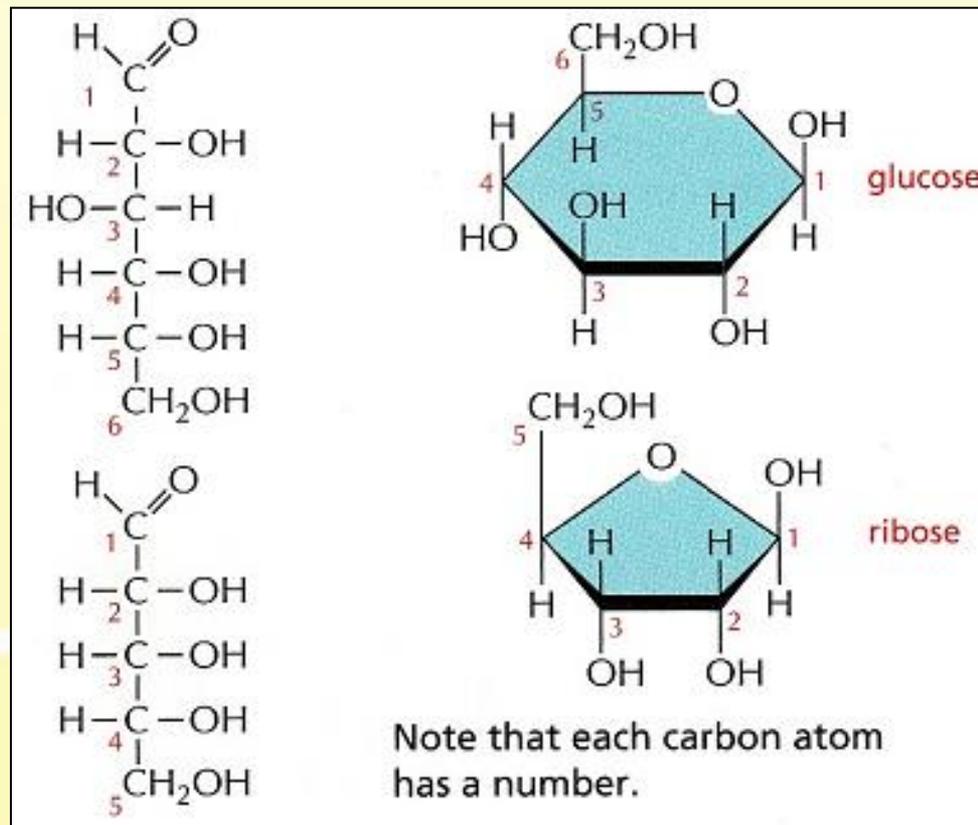
- monosakarida (gula sederhana) → karbohidrat yang tidak dapat diuraikan/dihidrolisis menjadi sakharida yang lebih sederhana.
- oligosakarida → polimer dari 2 atau 3 monosakarida.
- polisakarida → polimer dari banyak sekali monosakarida.



Monosakarida → disusun oleh komponen umum $(\text{CH}_2\text{O})_n$ dan $n = 3,4,5,6,7,8$, dan mempunyai 2 atau lebih gugus hidroksil.

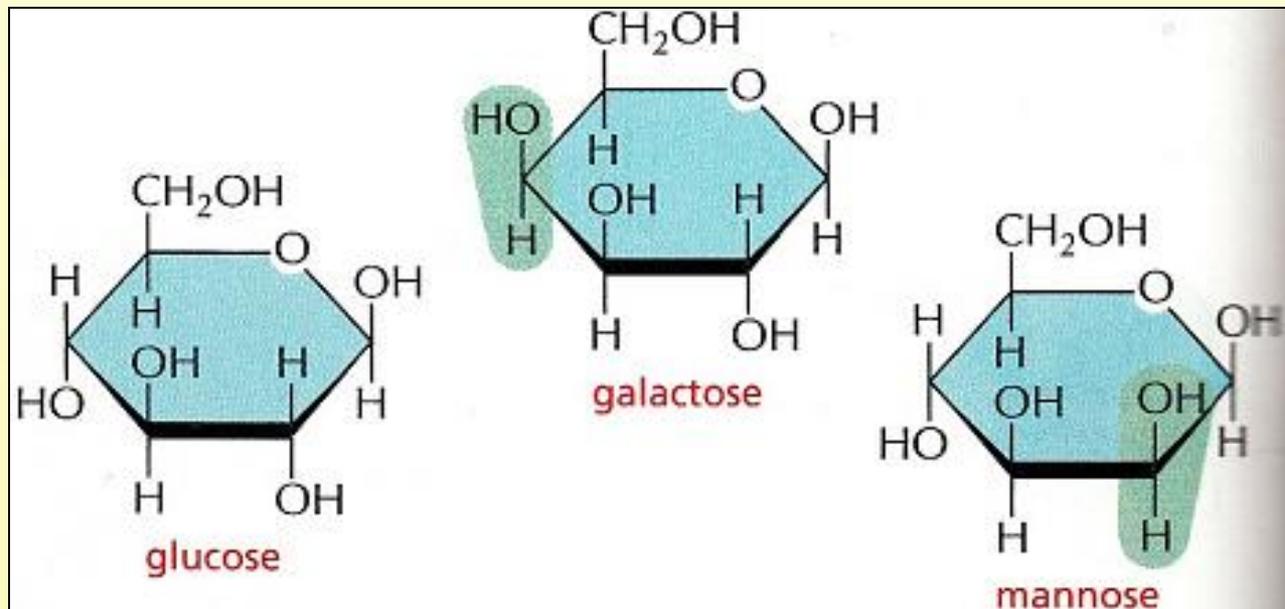


Dalam suatu larutan, gugus aldosa dan keton dari gula membentuk struktur cincin



- Isomer Monosakarida:

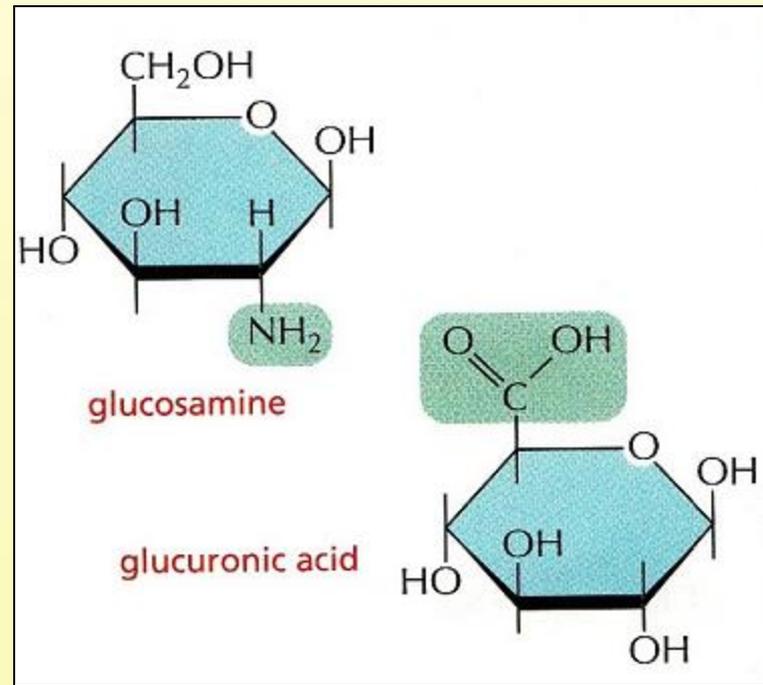
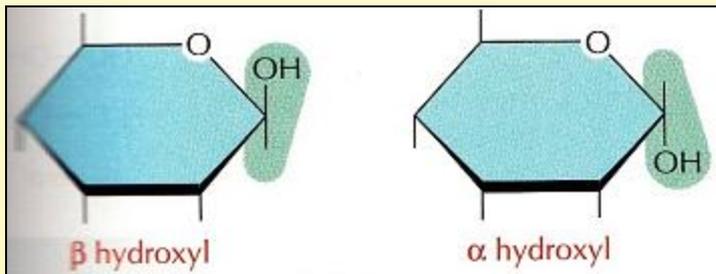
- Molekul dengan formula yang sama tetapi mempunyai perbedaan dalam pengaturan suatu gugus dari satu atau dua atom C



→ Perubahan kecil namun mempunyai efek biolohis yang penting

Turunan molekul gula

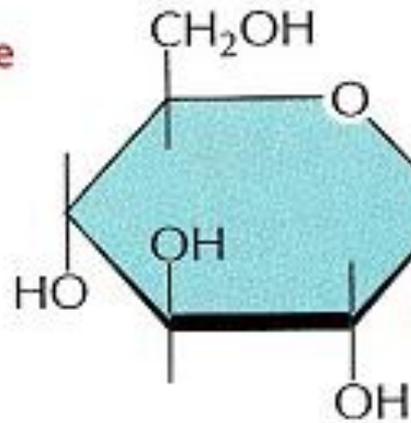
- Gugus hidroksil dari monosakarida dapat berubah posisi atau dapat digantikan oleh gugus yang lain.



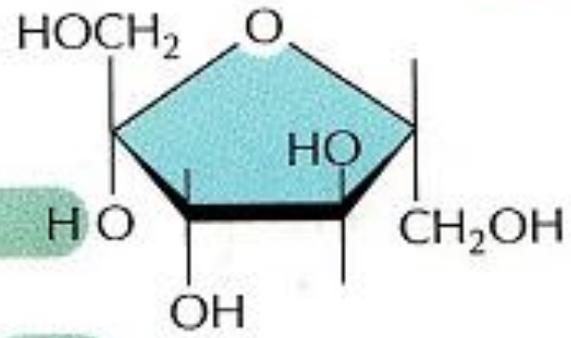
Disakarida

- Dua monosakarida berikatan pada gugus hidroksil melalui ikatan glikosidik
- 3 senyawa utama disakarida:
 - Maltosa: glukosa + glukosa
 - Laktosa : galaktosa + glukosa
 - Sukrosa : glukosa + fruktosa

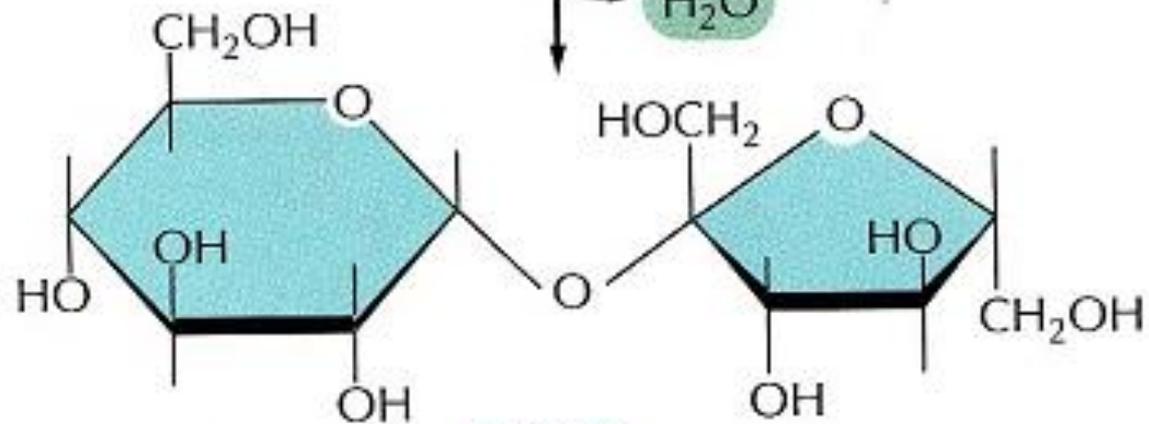
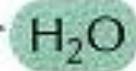
α glucose



β fructose



+

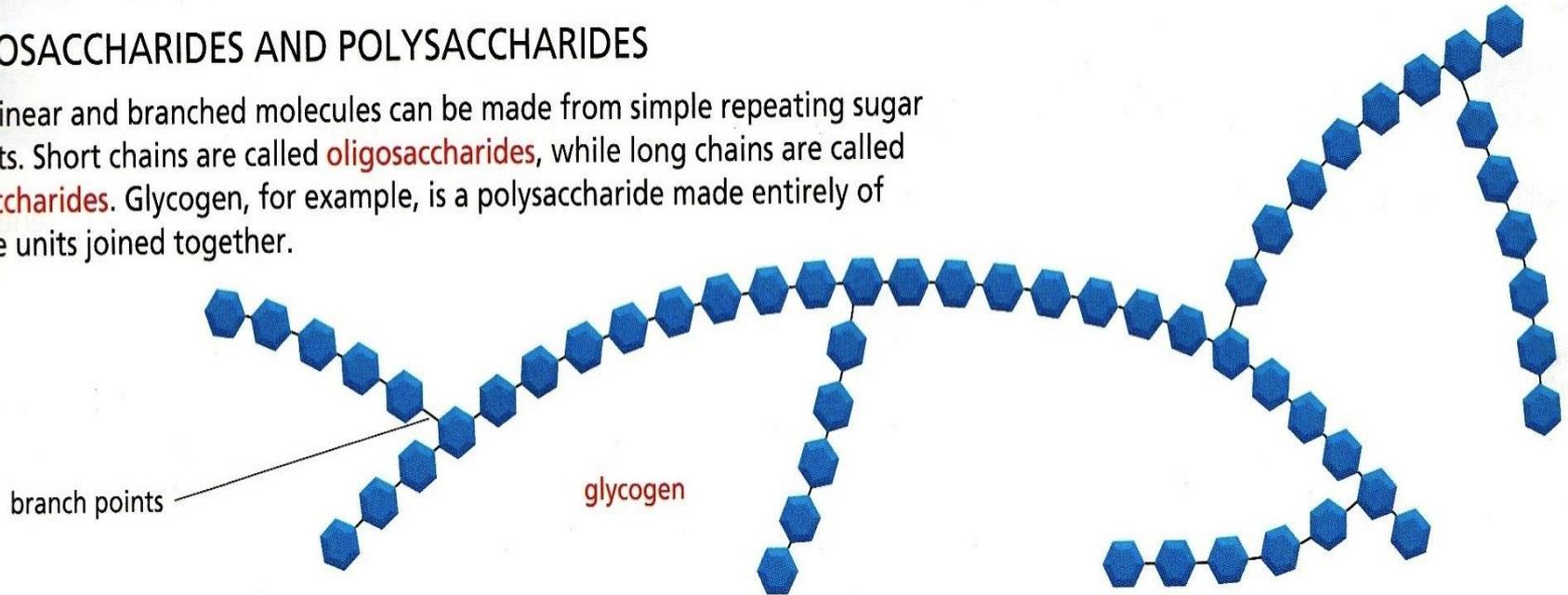


sucrose

Polimer dari gula

OLIGOSACCHARIDES AND POLYSACCHARIDES

Large linear and branched molecules can be made from simple repeating sugar subunits. Short chains are called **oligosaccharides**, while long chains are called **polysaccharides**. Glycogen, for example, is a polysaccharide made entirely of glucose units joined together.



Monosakarida glukosa merupakan sumber energi utama pada sel, yang bisa disimpan lama dalam bentuk glikogen.

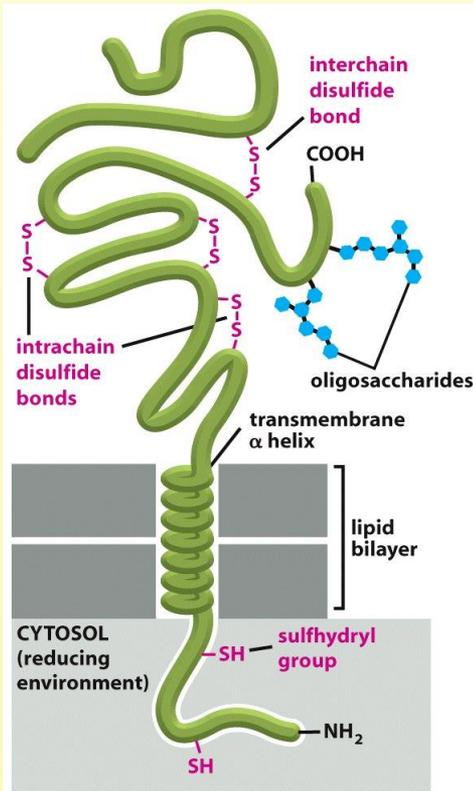
Gula juga berfungsi untuk menunjang struktur dari sel, misalnya:

- selulosa (polisakarida) yang merupakan komponen dinding sel tumbuhan
- Chitin, exoskeleton dari insecta dan dinding sel jamur --> dikomposisi oleh turunan dari gula, yaitu N-asetilglukosamin

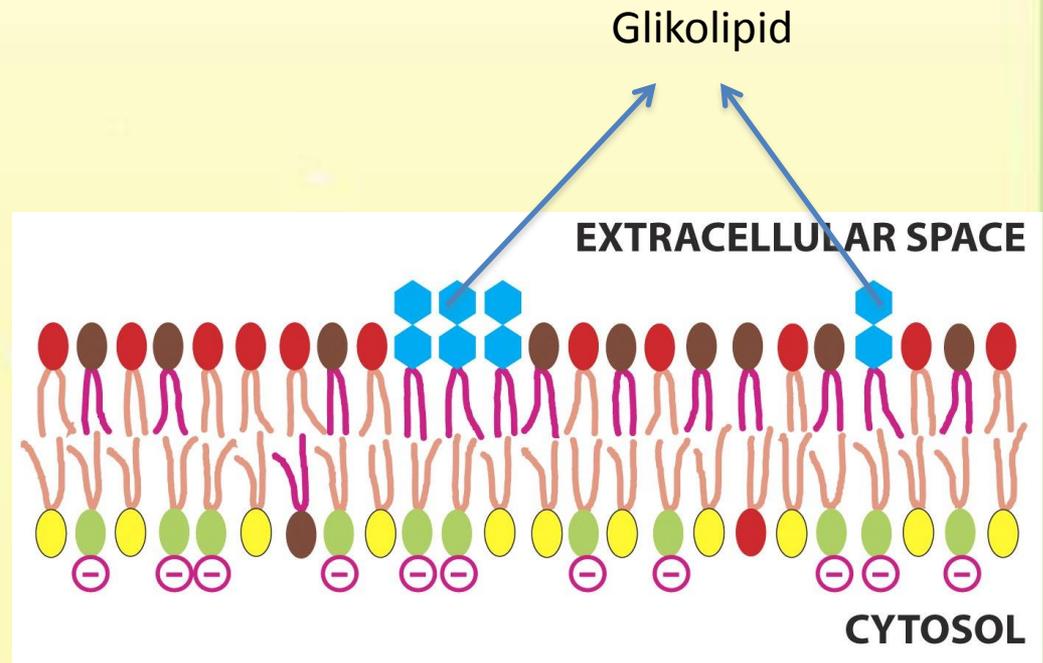
Oligosakarida dapat berikatan sec kovalen

- dengan protein membentuk glikoprotein
- dengan lipid membentuk glikolipid

yang merupakan komponen membran sel

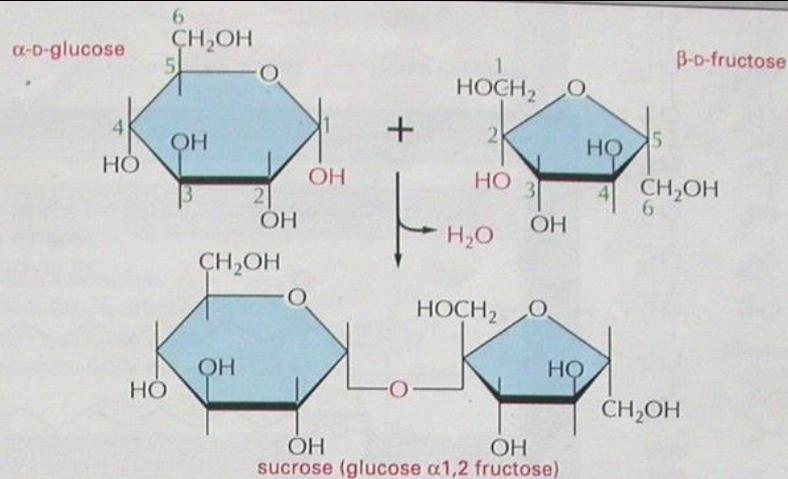


➔ Glikoporin: komponen membran sel eritrosit



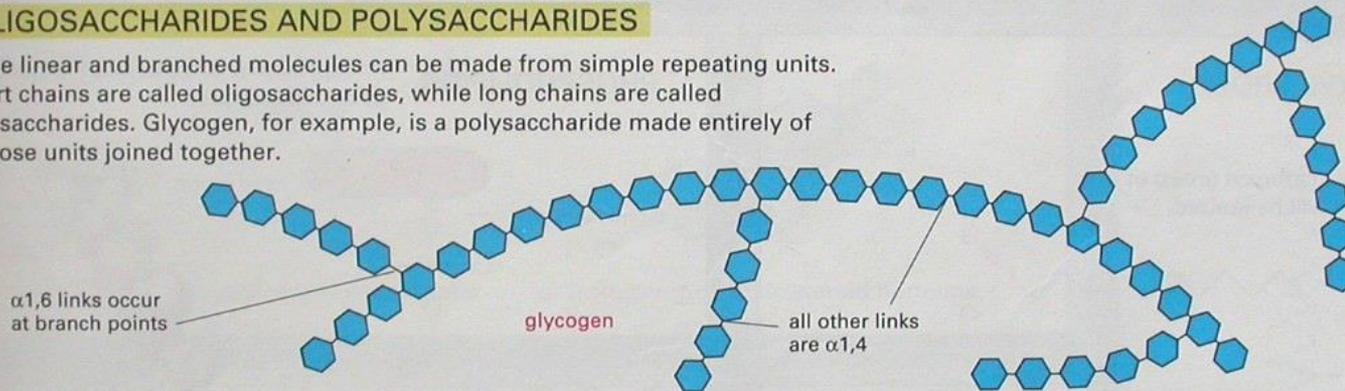
DISACCHARIDES

The carbon that carries the aldehyde or the ketone can react with any hydroxyl group on a second sugar molecule to form a **glycosidic bond**. Three common disaccharides are maltose (glucose α 1,4 glucose), lactose (galactose β 1,4 glucose), and sucrose (glucose α 1,2 fructose). Sucrose is shown here.



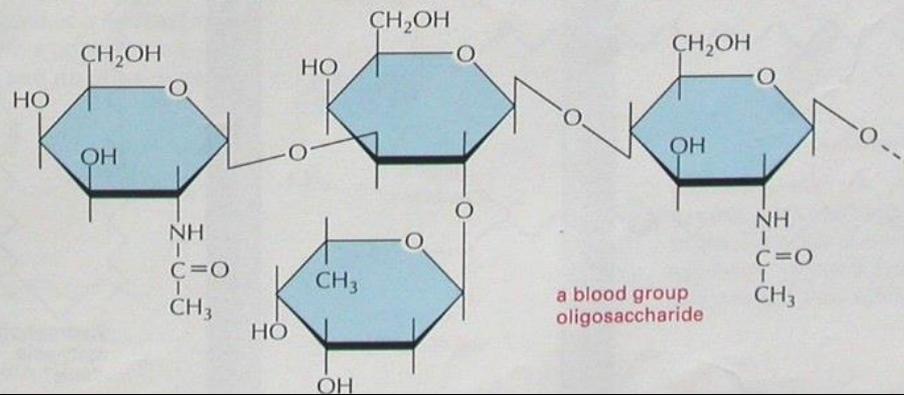
OLIGOSACCHARIDES AND POLYSACCHARIDES

Large linear and branched molecules can be made from simple repeating units. Short chains are called oligosaccharides, while long chains are called polysaccharides. Glycogen, for example, is a polysaccharide made entirely of glucose units joined together.



COMPLEX OLIGOSACCHARIDES

In many cases a sugar sequence is nonrepetitive. Many different molecules are possible. Such complex oligosaccharides are usually linked to proteins or to lipids.



Asam Nukleat

Asam nukleat di dalam sel adalah DNA dan RNA.

Merupakan polimer subunit nukleotida.

Membentuk konformasi double helix pada DNA atau nonhelix untai tunggal pada RNA.

Satu nukleotida merupakan ikatan dari :

1 basa N

1 gula pentosa

1 asam monofosfat

Basa N yang menyusun asam nukleat :

- Purin → adenin (A) dan guanin (G)

- Pirimidin → sitosin (C) dan timin (T)/ urasil (U)

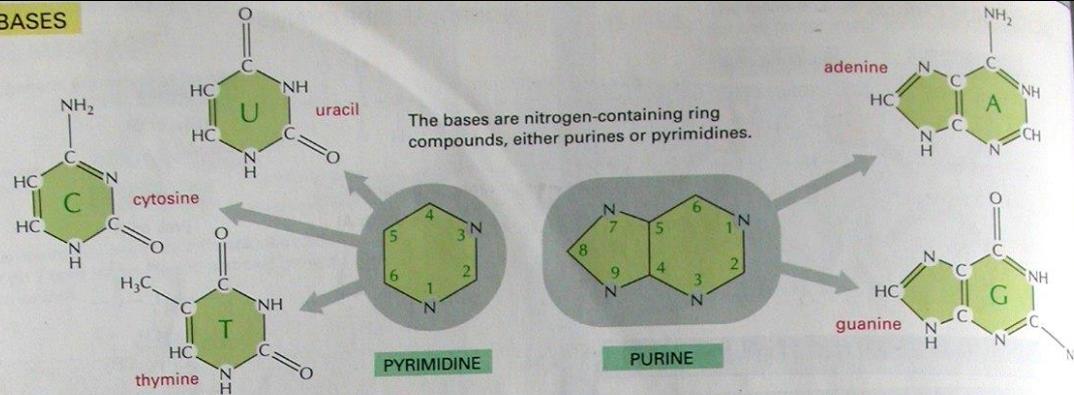
Gula pentosa: ribosa pada RNA
deoksi ribosa pada DNA

Ikatan basa N dan gula pentosa menghasilkan nukleosida – jumlahnya sedikit sekali dalam sel.

Asam fosfat : terikat pada pentosa 5'.

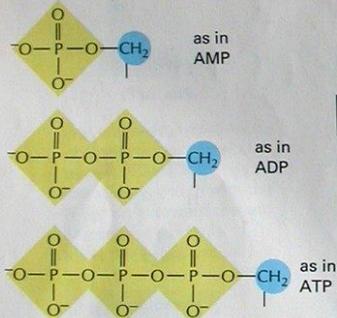
Basa N	Nukleosida	Nukleotida
A	adenosin	adenilat
G	guanosin	guanilat
C	sitidin	sitidilat
T	timidin	timidilat
U	uridin	uridilat

BASES



PHOSPHATES

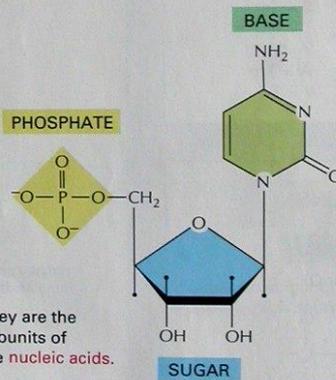
The phosphates are normally joined to the C5 hydroxyl of the ribose or deoxyribose sugar. Mono-, di-, and triphosphates are common.



The phosphate makes a nucleotide negatively charged.

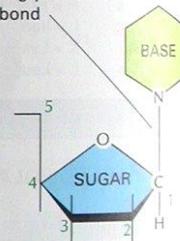
NUCLEOTIDES

A nucleotide consists of a nitrogen-containing base, a 5-carbon sugar, and one or more phosphate groups.



BASIC SUGAR LINKAGE

N-glycosidic bond

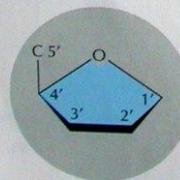


The base is linked to the same carbon (C1) used in sugar-sugar bonds.

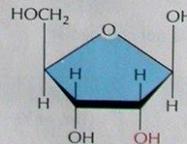
SUGARS

PENTOSE

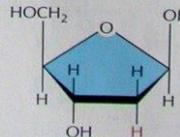
a 5-carbon sugar



two kinds are used



β -D-RIBOSE
used in ribonucleic acid

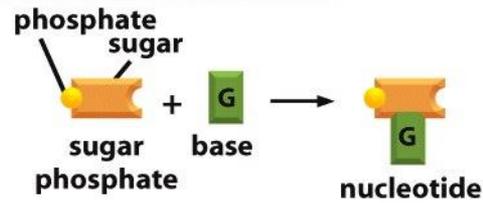


β -D-2-DEOXYRIBOSE
used in deoxyribonucleic acid

Each numbered carbon on the sugar of a nucleotide is followed by a prime mark; therefore, one speaks of the "5-prime carbon," etc.

Komposisi dan struktur DNA

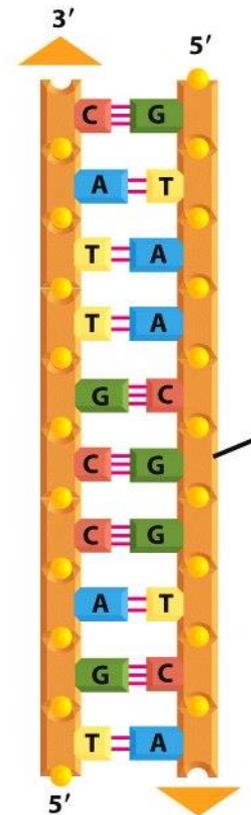
building blocks of DNA



DNA strand

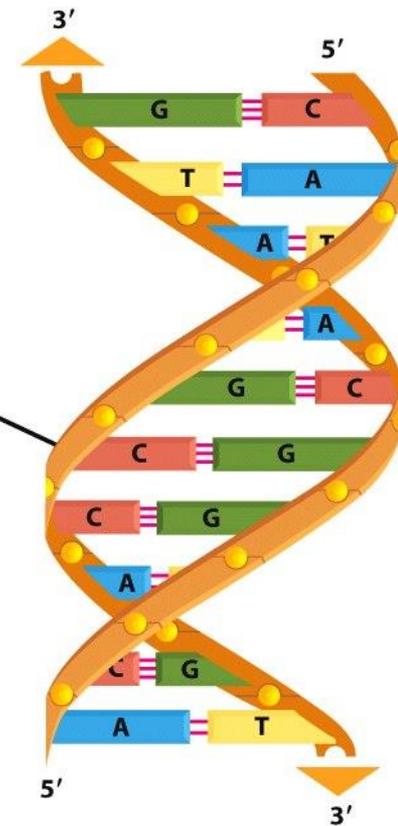


double-stranded DNA



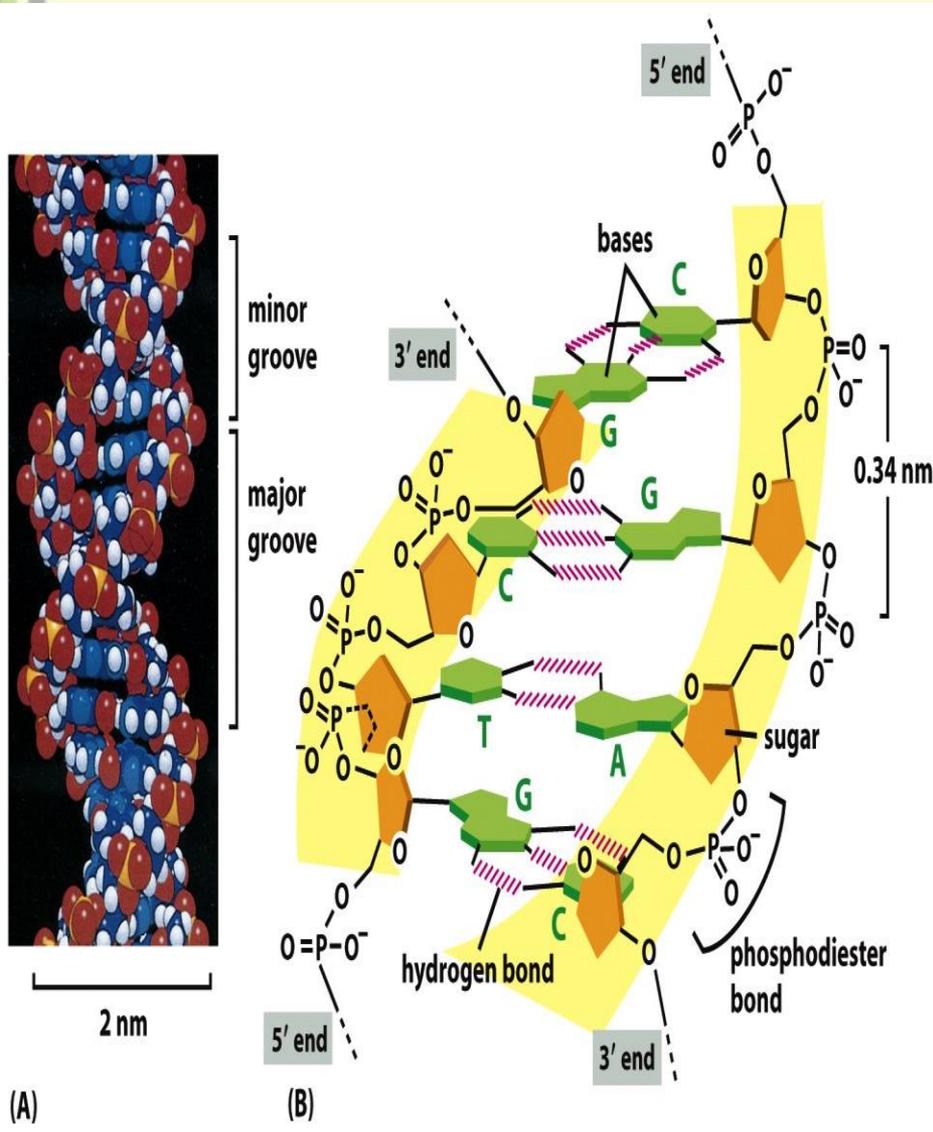
hydrogen-bonded base pairs

DNA double helix



sugar-phosphate backbone

DNA *double helix*



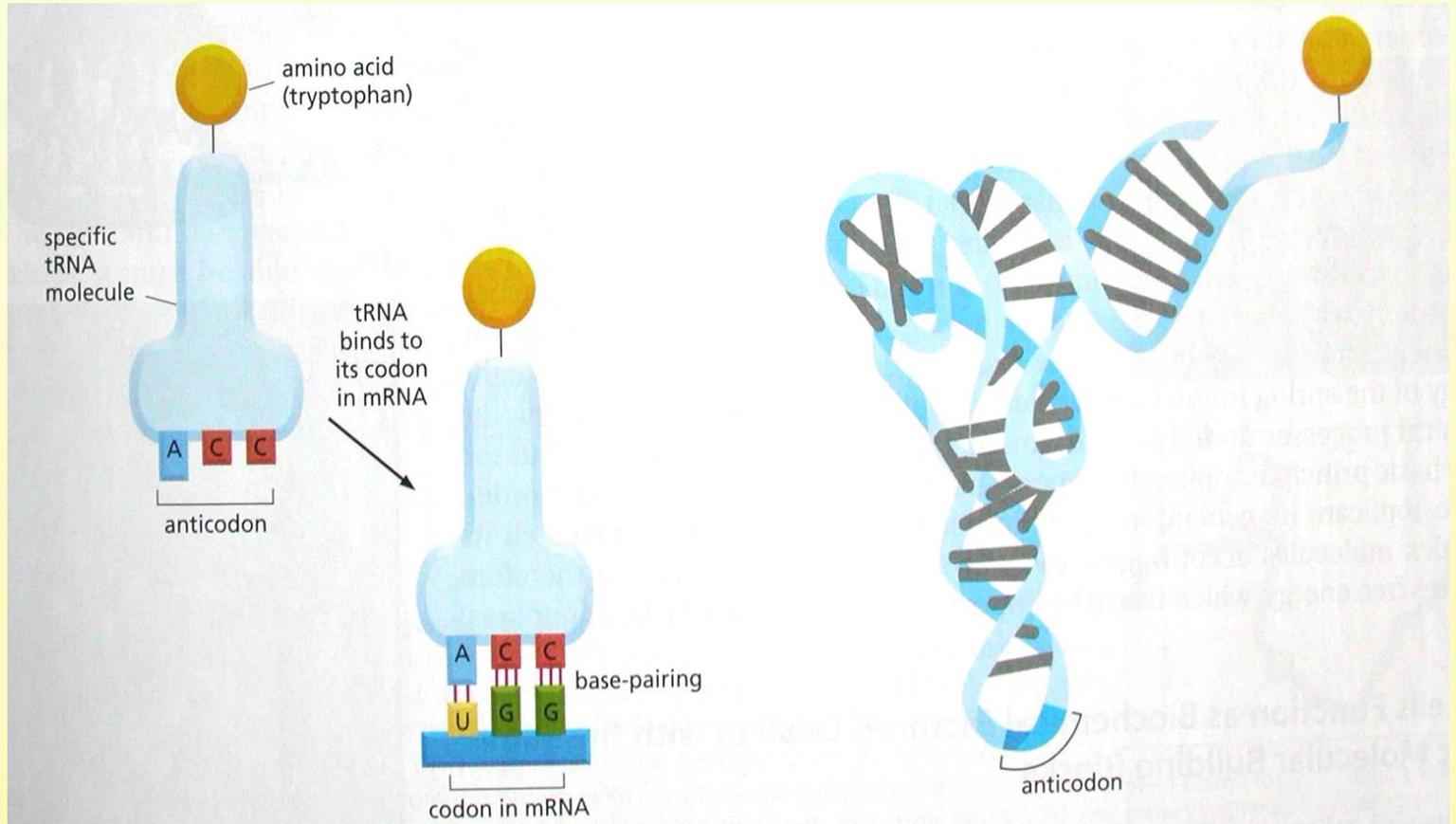
- Setiap “putaran” DNA disusun oleh 10.4 nukleotida

-Jarak antara nukleotida yg berpasangan 3.4 nm

-Setiap untai mempunyai 2 sisi terminal (end) yang berbeda, 5' end (membawa grup fosfat) dan 3' end (membawa grup hidroksil)

-Ikatan kovalen fosfodiester antara nukleotida dalam satu untai, menghubungkan -OH group antar molekul gula ribosa

Struktur tRNA



Polimerisasi nukleotida :

Gugus fosfat 5' nukleotida satu direduksi oleh OH 3' nukleotida berikutnya → terbentuk ikatan diester fosfat 5' – 3'.

Hasil polimerisasi tsb adalah satu untai polinukleotida.

Pada molekul DNA 2 untai polinukleotida berkomplementasi membentuk konformasi double helix (untai ganda).

Komplementasi kedua polinukleotida terjadi antara basa N dari masing-masing untai polinukleotida melalui ikatan H

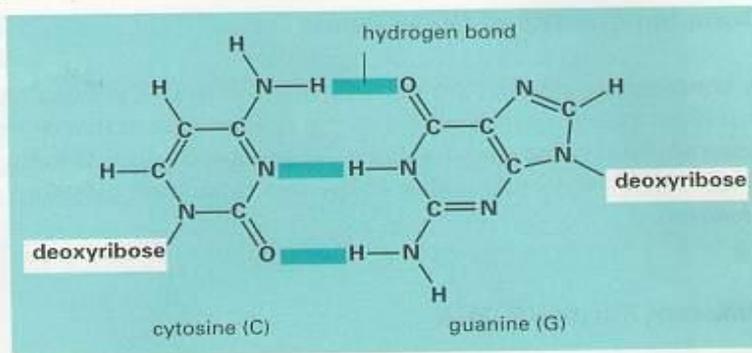
A berkomplementasi dg T melalui 2 ikatan H

G berkomplementasi dg C melalui 3 ikatan H

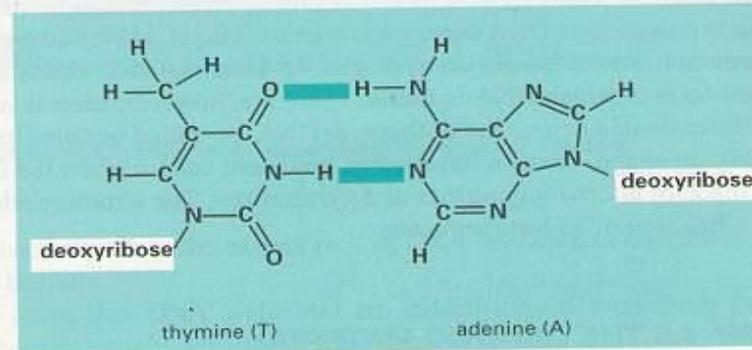
Kedua polinukleotida berkomplementasi antiparalel → ujung 5' untai satu berkomplementasi dg ujung 3' untai pasangannya.

Kedua polinukleotida berputar searah jarum jam mengelilingi sumbu tengah dengan $R = 10 \text{ \AA}$. Satu putaran = 10 nukleotida

cytosine-guanine
base pair (C≡G)



thymine-adenine
base pair (T=A)



schematic
representation of
the double-
helical structure
of DNA

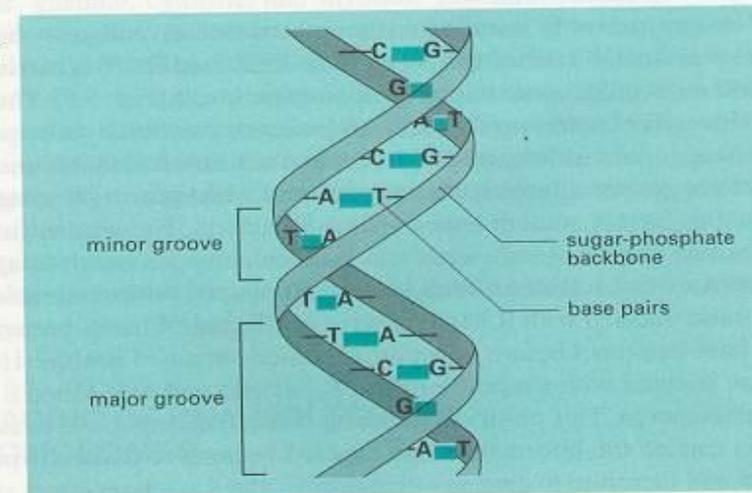


Figure 5.4

The DNA double helix held together by hydrogen bonds.

Energi dalam Sel

Cara sel mengambil energi dari lingkungan:

Autotrof → mengambil energi dari sinar matahari pada proses fotosintesis → tumbuh-tumbuhan dan mikroorganisme berkhlorofil.

Heterotrof → mengambil molekul berenergi/organik dari substrat/makanan diantaranya dari sel autotrof.

Energi dari lingkungan diubah menjadi energi yang dapat digunakan sel melalui reaksi-reaksi yang terintegrasi & terorganisasi → metabolisme.

Energi di dalam sel dibebaskan dengan reaksi oksidasi & reduksi.

Reaksi oksidasi adalah reaksi pemindahan/transfer elektron dari molekul donor e^- (reduktor) ke molekul aseptor e^- (oksidator) \rightarrow dihasilkan reduktor baru dan oksidator baru.



Reaksi oksidasi menghasilkan energi bebas :

$$\Delta G = -nF\Delta E^\circ$$

ΔG = energi bebas

n = jumlah elektron yang ditransfer

F = konstan Farady 96,406 joule/dt

ΔE° = perbedaan redox potensial antara produk & reaktan

Aliran e⁻ dari reduktor ke oksidator adalah reaksi eksoterm/eksergonik yang membebaskan energi; $\Delta G =$ negatif (-).

Oksidator dapat menjadi reduktor apabila mendapatkan e⁻ dari molekul donor melalui reaksi endoterm/endergonik yang memerlukan input energi; $\Delta G =$ positif (+).

Sel heterotrof dibedakan menjadi 2 golongan berdasarkan caranya menggunakan aseptor elektron (oksidator)

- aerob : menggunakan O_2 sebagai aseptor elektron terakhir.
- anaerob : menggunakan molekul selain O_2 sebagai aseptor elektron.

Berdasarkan cara menggunakan donor elektron (reduktor);

- kemoorganotrof : menggunakan molekul organik kompleks (gula, protein, lipid) sebagai donor elektron.
- khemolitotrof : menggunakan zat anorganik (H_2S , amonia) sebagai donor elektron.

Terima Kasih

