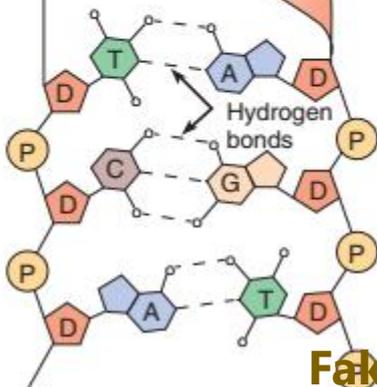


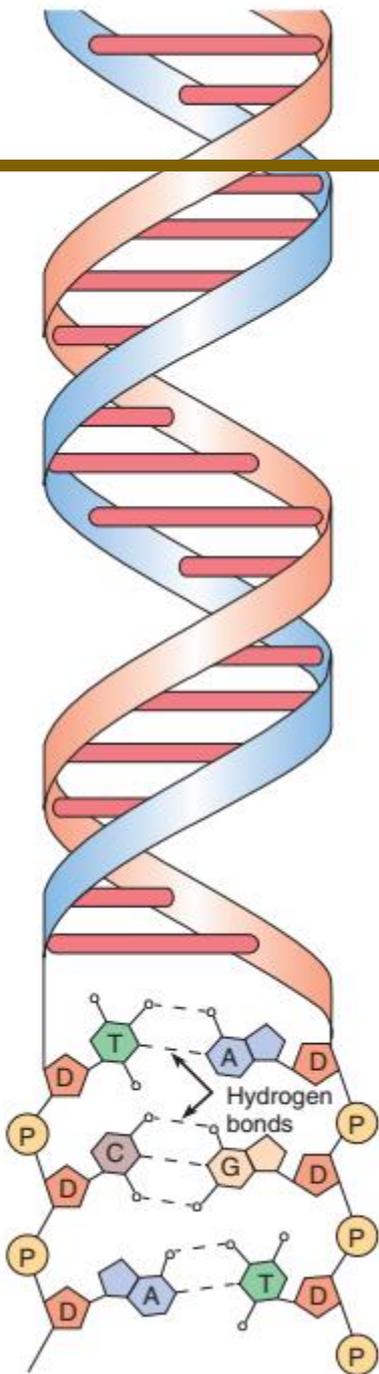
# TK2422 – Mikrobiologi Industri dan Lingkungan

## BAB II. PRINSIP – PRINSIP BIOKIMIA

Mujtahid Kaavessina, S.T.,M.T., Ph.D. || Aida Nur Ramadhani, S.T.,M.T.



Program Studi Teknik Kimia  
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret 2019



## *Cells: Where Chemicals Come to Life*

*from the realm of lifeless molecules and  
arrive at the fundamental unit of life called  
a cell.*

## The Chemistry of Living Things

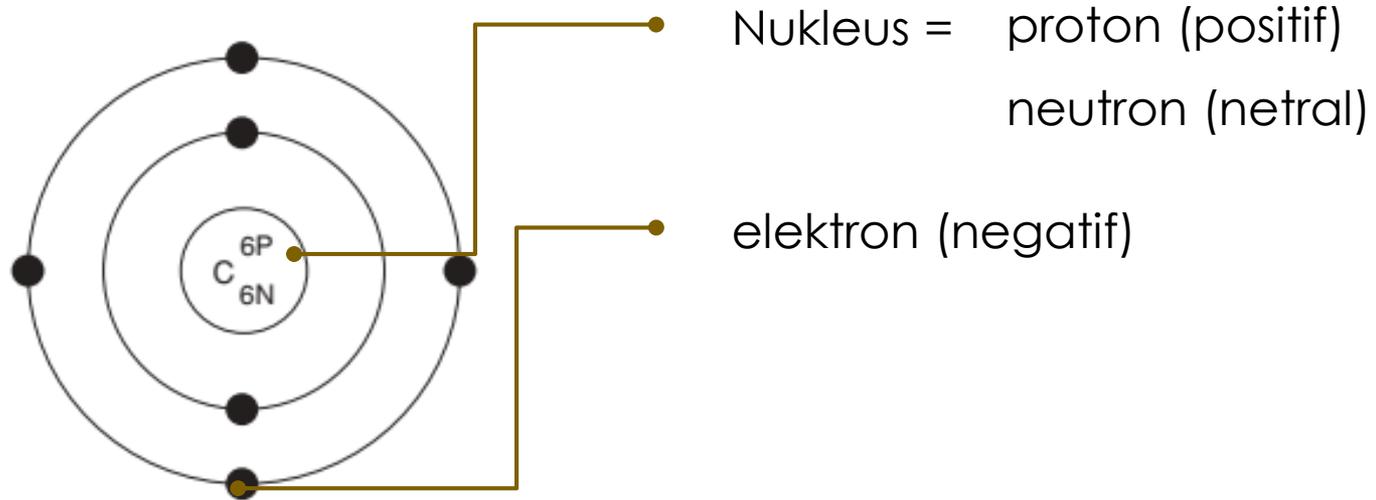
Biokimia adalah ilmu kimia yang mempelajari senyawa-senyawa organik yang memiliki fungsi biologis (biomolekul).

Biokimia mempelajari senyawa kimia (biomolekul) dan rangkaian reaksi-reaksinya (bioreaksi).

**a** bentuk terkecil yang mampu menjalani reaksi kimia  
**t**  
**o** bekerja bersama dengan berikatan, membentuk molekul,  
**m** dari yang kecil dan sederhana hingga besar dan kompleks.

# Struktur atom

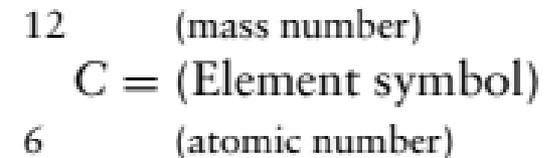
Contoh: Carbon

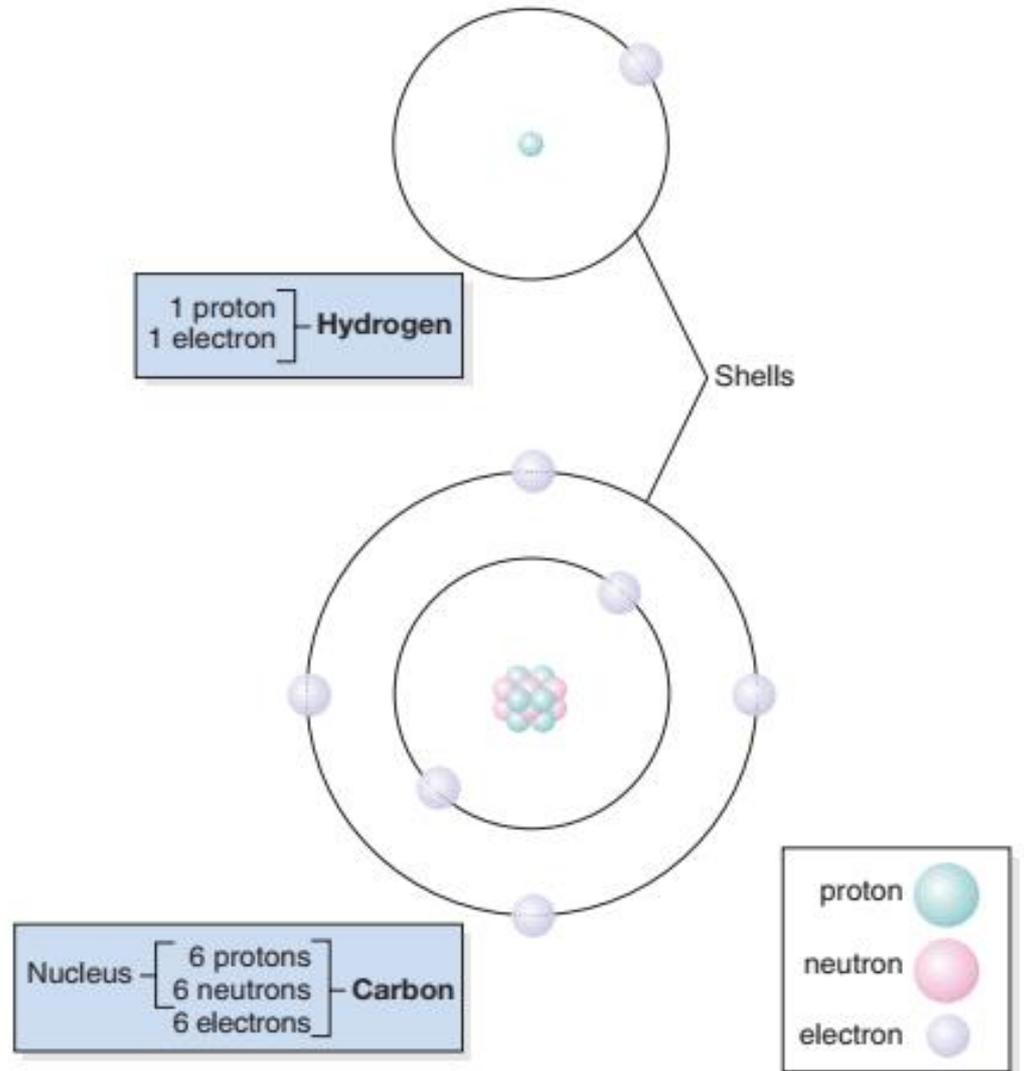
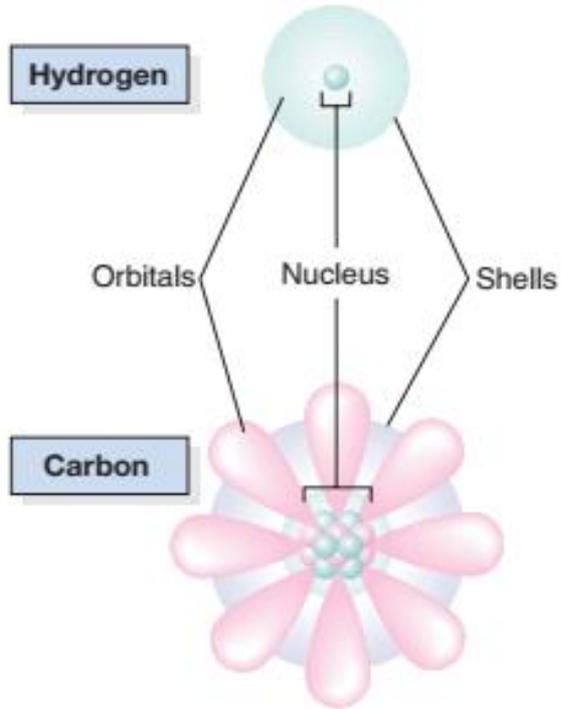


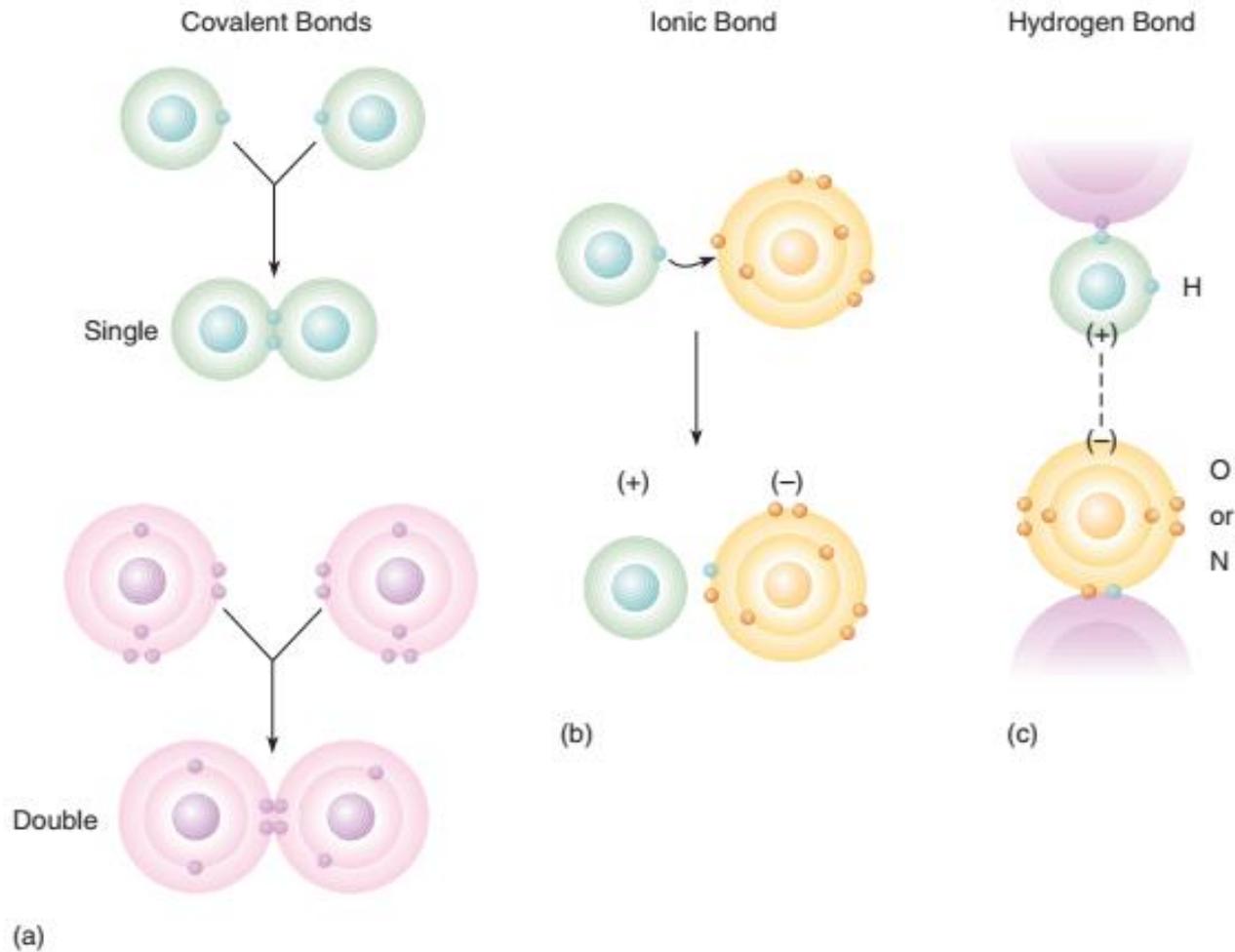
Semua atom memiliki jumlah proton dan elektron yang sama.

Jumlah proton dalam nukleus disebut nomor atom.

Total gabungan proton dan neutron dikenal sebagai jumlah massa

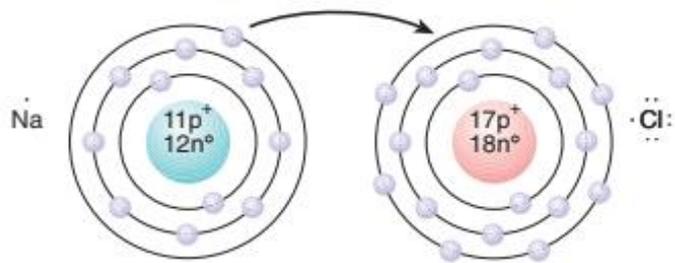




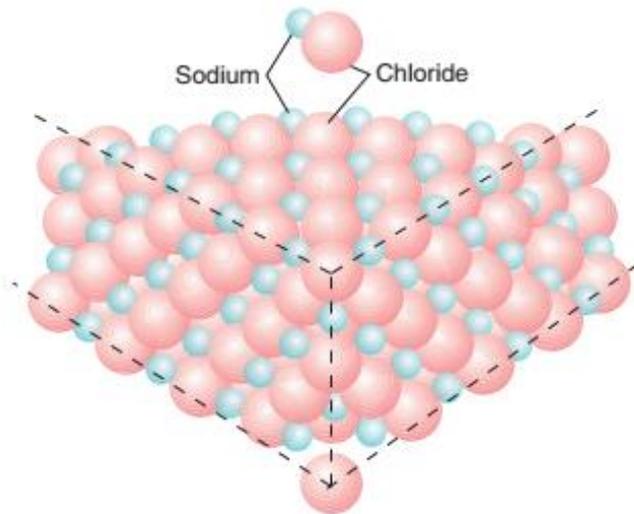
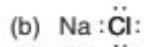


**General representation of three types of bonding.**

**(a)** Covalent bonds, both single and double. **(b)** Ionic bond. **(c)** Hydrogen bond.



(a) Sodium atom (Na) Chlorine atom (Cl)



(c)

**Ionic bonding between sodium and chlorine.** (a) When the two elements are placed together, sodium loses its single outer orbital electron to chlorine, thereby filling chlorine's outer shell. (b) Simple model of ionic bonding. (c) Sodium and chloride ions form large molecules, or crystals, in which the two atoms alternate in a definite, regular, geometric pattern. (d) Note the cubic nature of NaCl crystals at the macroscopic level.

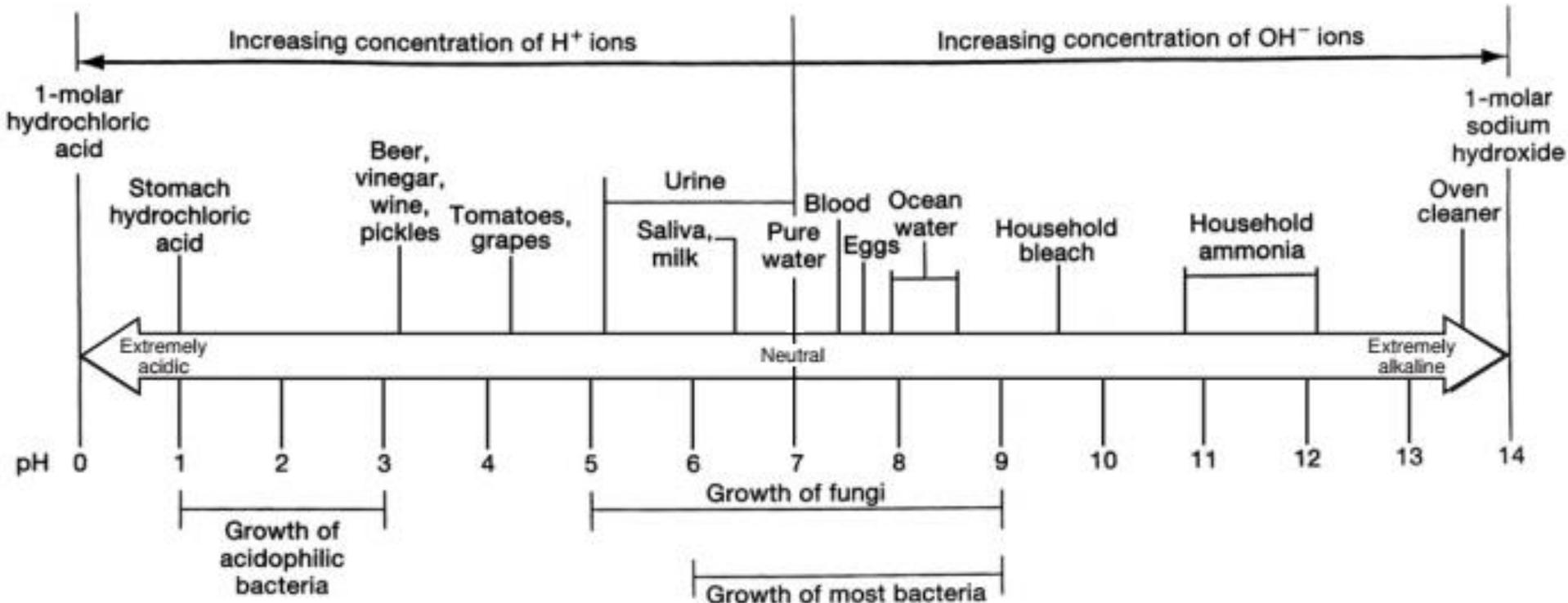


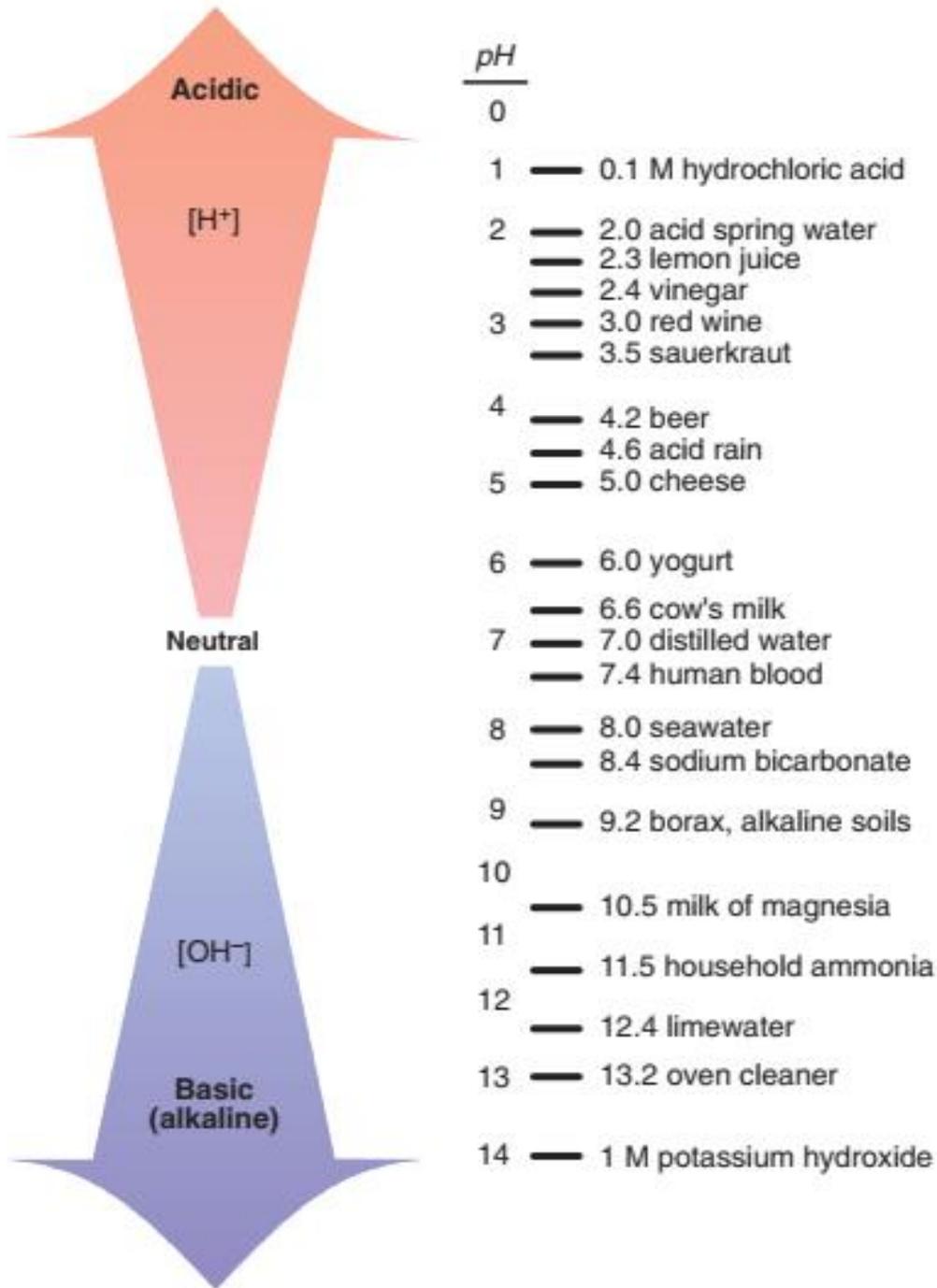
(d)



# pH: asam – basa

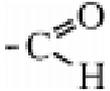
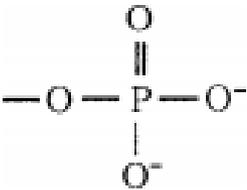
- Sebagian besar mikroorganismenya hidup di lingkungan berair.
- pH merupakan faktor yang sangat penting untuk keberlangsungan hidup.





### The pH scale.

Shown are the relative degrees of acidity and basicity and the approximate pH readings for various substances.

Functional Group	Formula	Type of molecule	Found in:	Remarks
Hydroxyl	-OH	Alcohols	Sugars	Polar group, making organic molecules more water soluble
Carbonyl		Aldehydes	Sugars	Carbonyl at end of chain
		Ketones	Sugars	Carbonyl elsewhere in chain
Carboxyl	-COOH	Carboxylic acids	Sugars, fats, amino acids	
Amino	-NH <sub>2</sub>	Amines	Amino acids, proteins	Can gain H <sup>+</sup> to become NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>
Sulphydryl	-SH	Thiols	Amino acids, proteins	Oxidises to give S=S bonds
Phosphate			Phospholipids, nucleic acids	Involved in energy transfer

“

bertanggung jawab terhadap sifat kimiawi dari molekul organik.

Beberapa molekul penting dalam sistem biologis adalah:

**Karbohidrat**

**Protein**

**Asam Nukleat**

**Lipid**



**polimer**, yaitu molekul besar yang terdiri dari subunit kecil (monomer) yang bergabung bersama oleh ikatan kovalen, dan atau dalam urutan tertentu.

Macromolecule	Description/Basic Structure	Examples/Functions
<b>Carbohydrates</b>		
Monosaccharides	3–7-carbon sugars	Glucose, fructose / Sugars involved in metabolic reactions; building block of disaccharides and polysaccharides
Disaccharides	Two monosaccharides	Maltose (malt sugar) / Composed of two glucoses; an important breakdown product of starch Lactose (milk sugar) / Composed of glucose and galactose Sucrose (table sugar) / Composed of glucose and fructose
Polysaccharides	Chains of monosaccharides	Starch, cellulose, glycogen / Cell wall, food storage
<b>Lipids</b>		
Triglycerides	Fatty acids + glycerol	Fats, oils / Major component of cell membranes; storage
Phospholipids	Fatty acids + glycerol + phosphate	Membranes
Waxes	Fatty acids, alcohols	Mycolic acid / Cell wall of mycobacteria
Steroids	Ringed structure (not a polymer)	Cholesterol, ergosterol / Membranes of eucaryotes and some bacteria
<b>Proteins</b>	Amino acids	Enzymes; part of cell membrane, cell wall, ribosomes, antibodies / Metabolic reactions; structural components
<b>Nucleic acids</b>		
	Pentose sugar + phosphate + nitrogenous base Purines; adenine, guanine Pyrimidines: cytosine, thymine, uracil	
Deoxyribonucleic acid (DNA)	Contains deoxyribose sugar and thymine, not uracil	Chromosomes; genetic material of viruses / Inheritance
Ribonucleic acid (RNA)	Contains ribose sugar and uracil, not thymine	Ribosomes; mRNA, tRNA / Expression of genetic traits

Berperan penting sebagai senyawa struktural dan cadangan dalam sel.

Terdiri dari tiga unsur yaitu karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O).

Dapat disintesis dengan proses fotosintesis.

Karbohidrat dibagi menjadi karbohidrat sederhana dan kompleks.

- Monosakarida
- Disakarida
- Gula alcohol
- Oligosakarida

## Sederhana



- Polisakarida pati
- Polisakarida non pati

## Kompleks

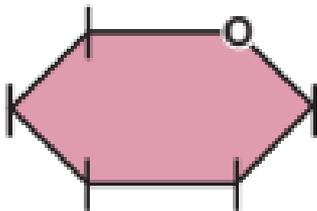


Karbohidrat paling sederhana dengan rumus  $(CH_2O)_n$ .

Terdiri dari 3 hingga 7 atom karbon dengan gugus aldosa (aldehid) atau ketosa (keton).

Tiga jenis heksosa yang penting dalam system biologis, yaitu glukosa, fruktosa, dan galaktosa.

Monosakarida yang terdapat di alam pada umumnya terdapat dalam bentuk isomer dekstro (D).



Monosaccharide

### Glukosa

dinamakan juga dekstrosa atau gula anggur

bentuk karbohidrat yang beredar di dalam tubuh dan di dalam sel

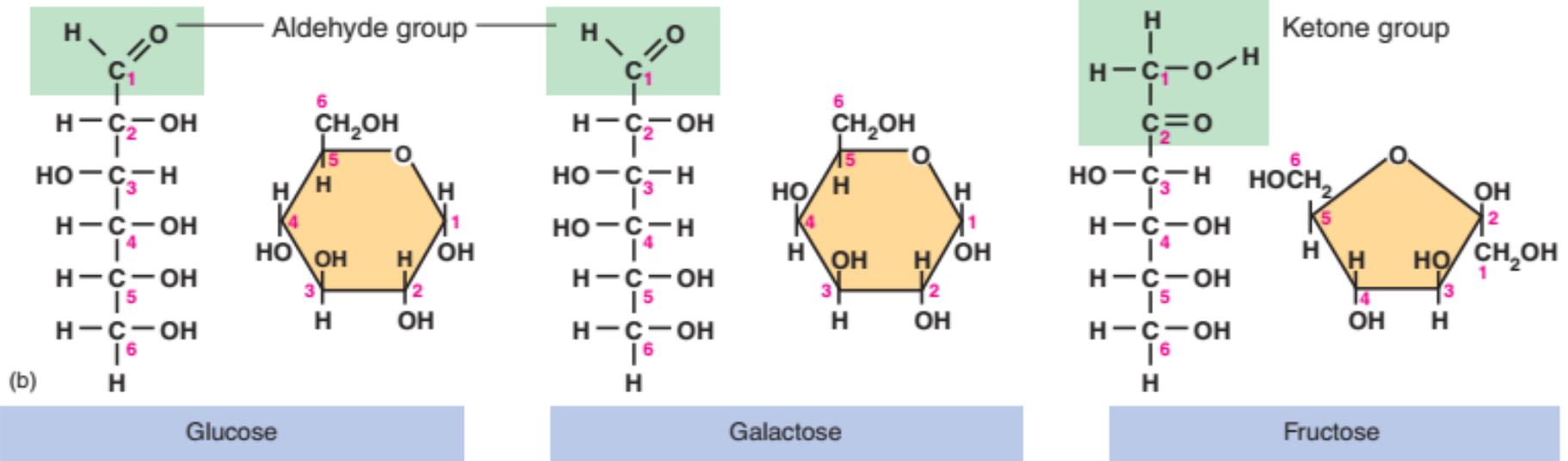
merupakan sumber energi

### Fruktosa

dinamakan juga levulosa atau gula buah, adalah gula paling manis

### Galaktosa

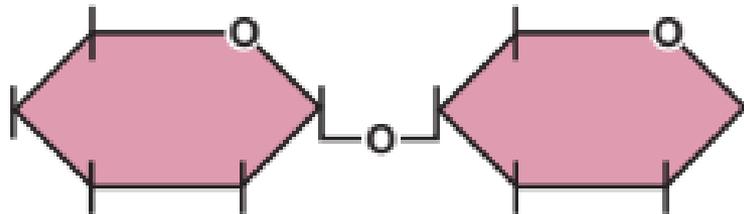
tidak terdapat bebas di alam seperti halnya glukosa dan fruktosa, akan tetapi terdapat dalam tubuh sebagai hasil pencernaan laktosa.



Terdiri atas dua unit monosakarida yang terikat satu sama lain melalui ikatan glikosidik.

Ikatan antara **dua molekul glukosa yang membentuk maltosa disebut ikatan  $\alpha$ -glikosidik**; sedangkan **laktosa, terbentuk dari satu glukosa dan satu galaktosa, memiliki ikatan  $\beta$ -glikosidik**.

Disakarida dapat dipecah kembali mejadi dua molekul monosakarida melalui reaksi hidrolisis



Disaccharide

### Sukrosa

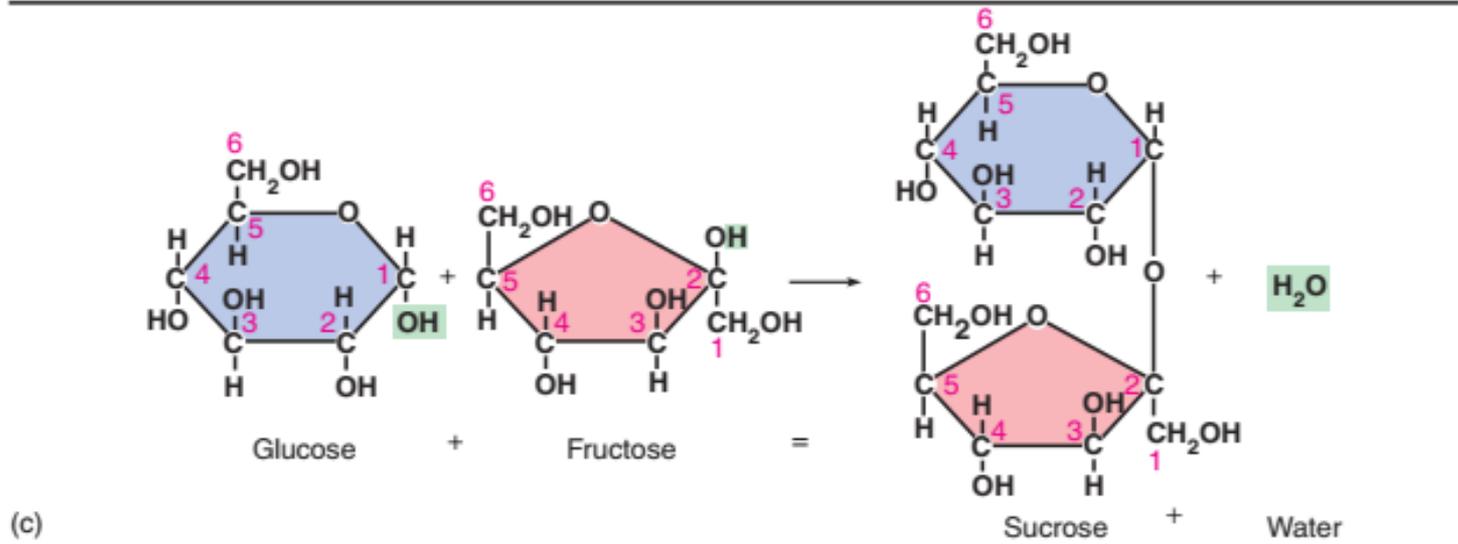
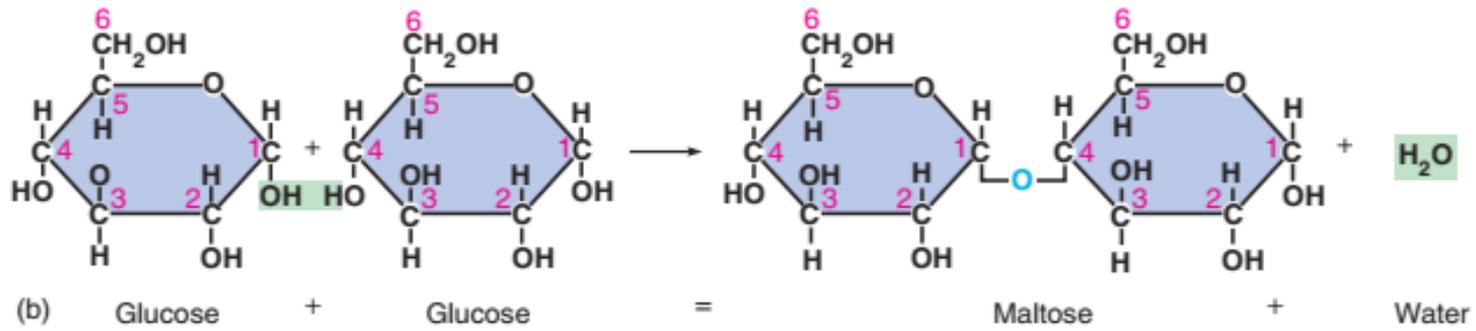
Terdiri dari fruktosa dan glukosa  
Dinamakan juga gula tebu atau gula bit.  
Secara komersial gula pasir yang 99% terdiri atas sukrosa.

### Maltosa

Terdiri dari 2 molekul glukosa  
Tidak terdapat bebas di alam.  
Maltosa terbentuk pada setiap pemecahan pati.

### Laktosa

Terdiri atas satu unit glukosa dan satu unit galaktosa.  
Terdapat dalam susu  
Gula yang rasanya paling tidak manis (seperenam manis glukosa)



Terdiri atas (2 – 20) monosakarida yang terikat satu sama lain melalui ikatan glikosidik

### **Rafinosa, stakiosa, verbaskosa**

- terdiri atas unit-unit glukosa, fruktosa, dan galaktosa.

### **Fruktan**

- Sekelompok oligo dan polisakarida yang terdiri atas beberapa unit fruktosa yang terikat dengan satu molekul glukosa.

**OLIGOSAKARIDA**

Turunan karbohidrat yang gugus karbonil (keton atau aldehid)nya direduksi menjadi gugus hidroksil primer atau sekunder.

Menggunakan akhiran -itol pada nama gula asalnya (sorbitol, manitol, xylitol dls.)

### **Sorbitol**

- Gula alkohol reduksi gugus aldehida (CHO) dalam glukosa.
- Banyak digunakan dalam minuman dan makanan khusus pasien diabetes.
- 60% semanis sukrosa, 30% kalori lebih rendah.

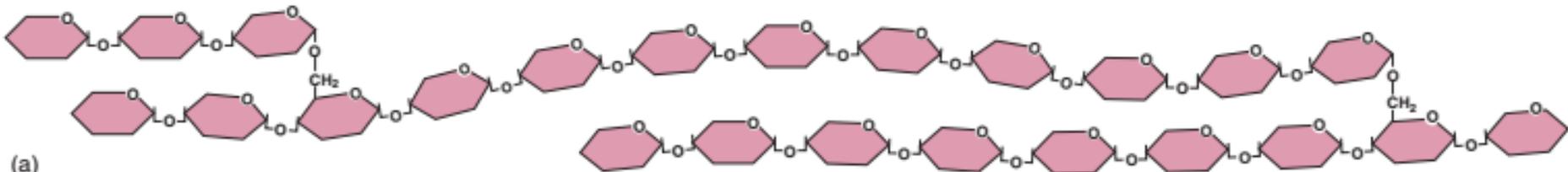
### **Manitol**

- Dibuat dari monosakarida manosa
- Isomer dari sorbitol.
- Non higroskopis, anti menempel pada permen karet.

Tersusun dalam bentuk rantai panjang lurus atau bercabang.

Polisakarida terbentuk dari gabungan lebih dari 20 monosakarida.

Dapat dipecah menjadi sub-unit penyusunnya dengan reaksi hidrolisis.

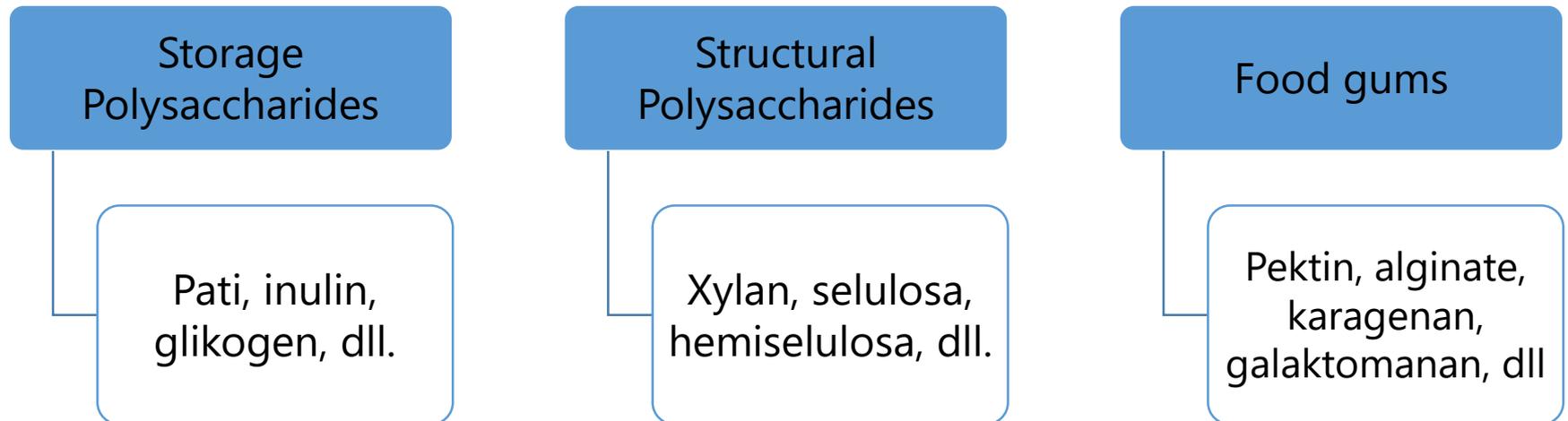


Polysaccharide

Tersusun dalam bentuk rantai panjang lurus atau bercabang.

Polisakarida terbentuk dari gabungan lebih dari 20 monosakarida.

Dapat dipecah menjadi sub-unit penyusunnya dengan reaksi hidrolisis.



### 1. PATI

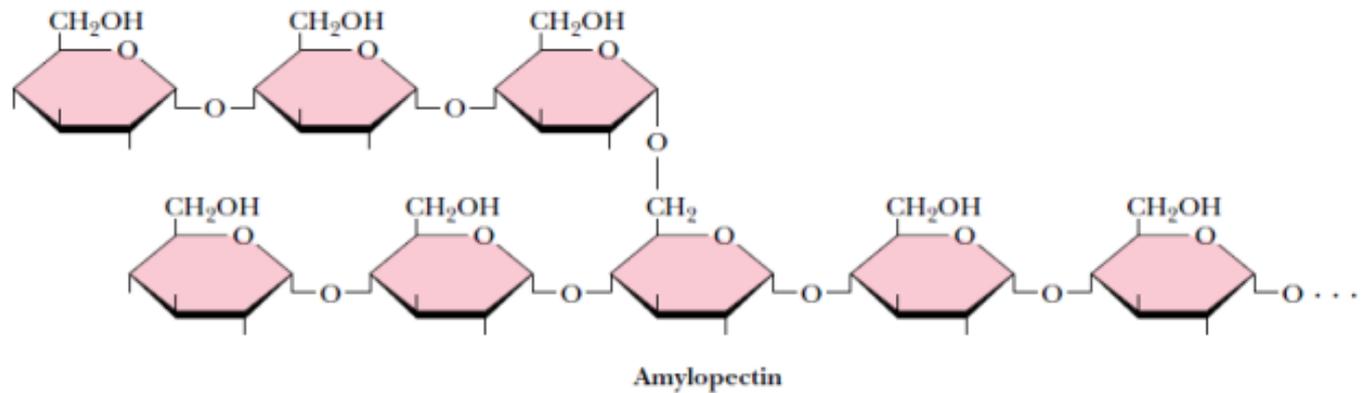
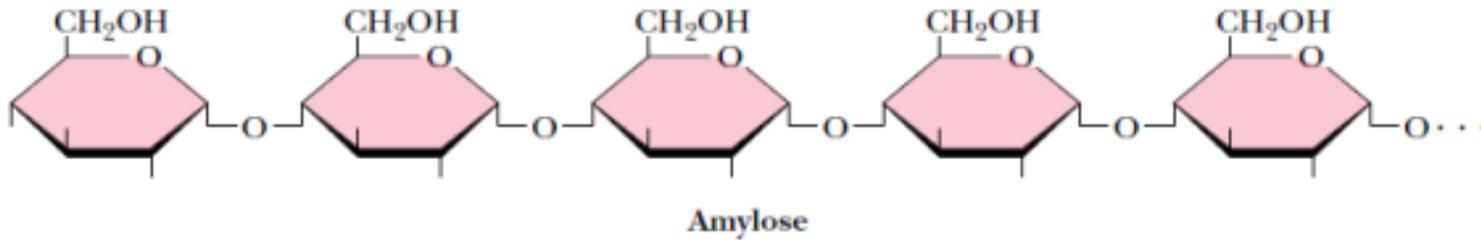
Merupakan karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air, berwujud bubuk putih, tawar dan tidak berbau.

Bahan utama yang dihasilkan oleh tumbuhan untuk menyimpan kelebihan glukosa (sebagai produk fotosintesis) dalam jangka panjang.

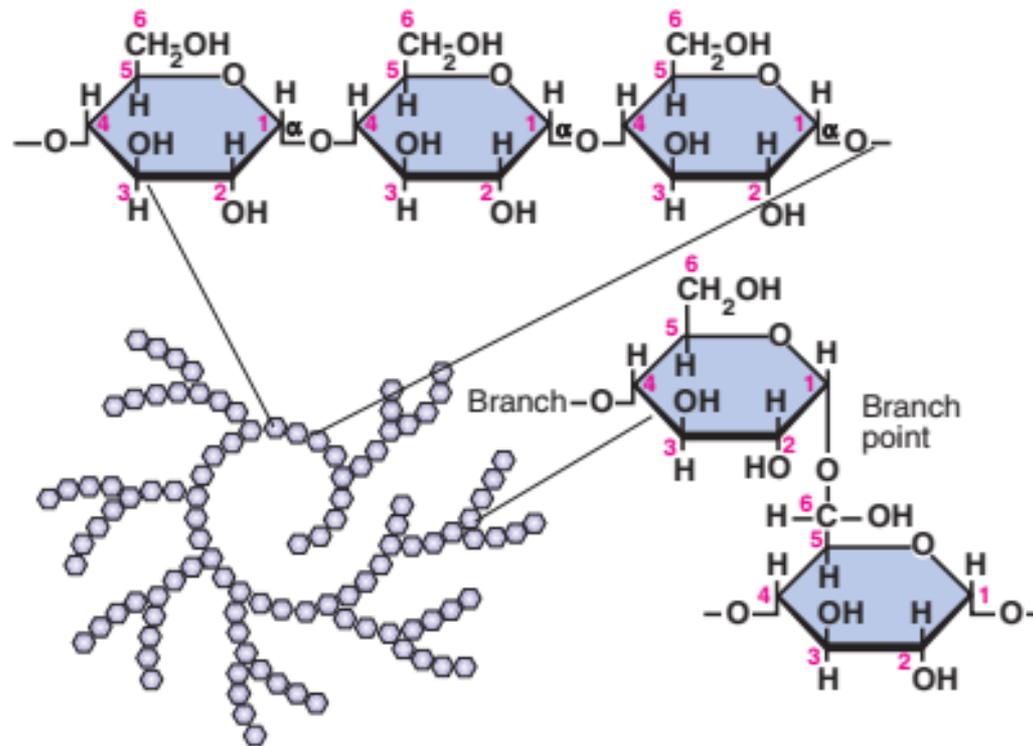
Terdiri dari **amilosa (polisakarida rantai lurus)** dan **amilopektin (bercabang)**.

Amilosa memberikan sifat keras (pera) sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket.

## 1. PATI



## 1. PATI

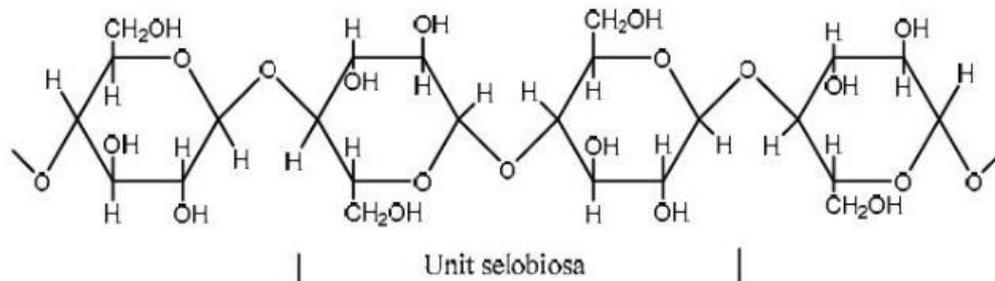


## 2. SELULOSA

Karbohidrat utama yang disintesis oleh tanaman, dan 60% komponen penyusun kayu.

Polisakarida berantai lurus, dengan ikatan  $\beta$ -1,4 glukosida.

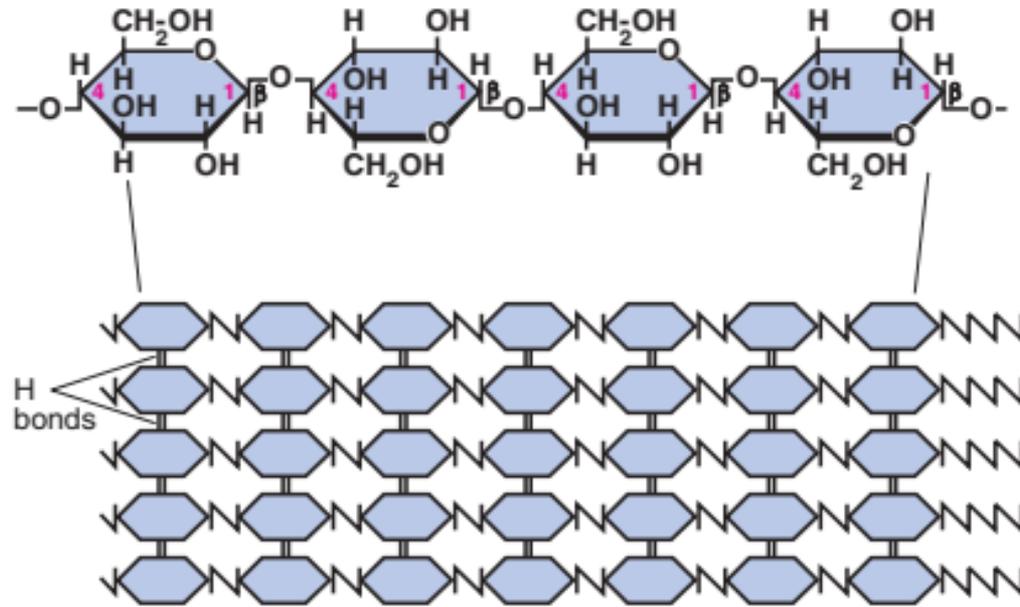
Selalu berikatan dengan bahan lain seperti lignin dan hemiselulosa, sebagai bahan pembentuk dinding sel dan serat tumbuhan.



**Gambar 1. Struktur Kimia Selulosa**

(Sumber : Lehninger 1993).

## 2. SELULOSA



(a) Cellulose

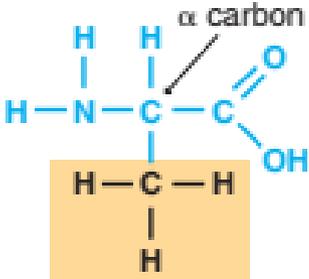
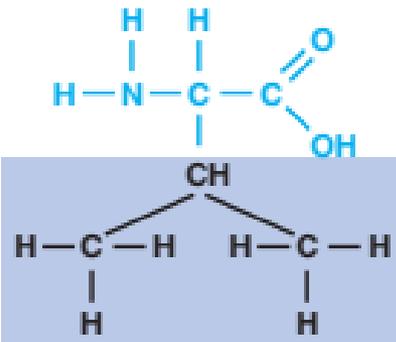
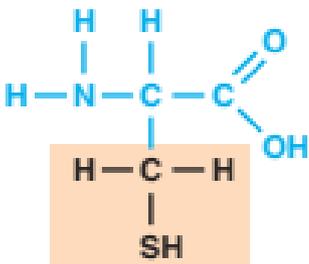
Biomolekul yang merupakan bahan pembangun dasar sel-sel tubuh, yang merupakan polimer dari **asam amino**.

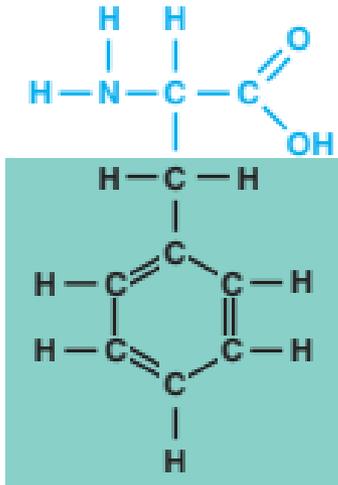
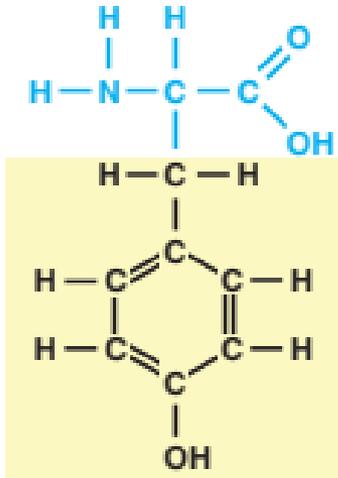
**Asam amino** bergabung melalui ikatan peptida.

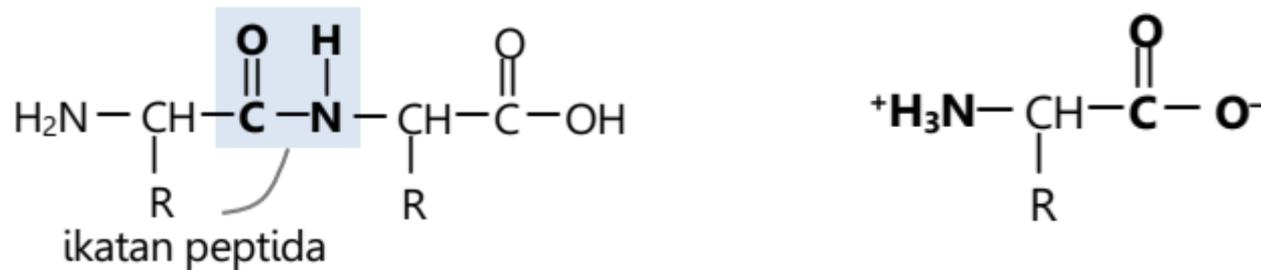
**Asam amino** adalah biomolekul yang bersifat:

- **Amfoter**, karena memiliki gugus asam (karboksil) dan gugus basa (amina).
- **Dapat mengalami denaturasi**, yaitu rusaknya struktur dan fungsi biologis protein akibat suhu tinggi.

# PROTEIN

Amino Acid	Structural Formula
Alanine	 <p>The structural formula of Alanine shows a central alpha carbon (labeled "α carbon" with an arrow) bonded to a hydrogen atom (H), an amino group (NH<sub>2</sub>), a carboxyl group (COOH), and a methyl group (CH<sub>3</sub>). The methyl group is highlighted in an orange box.</p>
Valine	 <p>The structural formula of Valine shows a central alpha carbon bonded to a hydrogen atom (H), an amino group (NH<sub>2</sub>), a carboxyl group (COOH), and an isopropyl group (CH(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>). The isopropyl group is highlighted in a blue box.</p>
Cysteine	 <p>The structural formula of Cysteine shows a central alpha carbon bonded to a hydrogen atom (H), an amino group (NH<sub>2</sub>), a carboxyl group (COOH), and a methyl group (CH<sub>3</sub>) with a thiol group (SH) attached to the methyl carbon. The methyl group and thiol group are highlighted in an orange box.</p>

Phenylalanine	 <p>The structural formula of Phenylalanine shows a central alpha carbon bonded to a hydrogen atom (H), an amino group (NH<sub>2</sub>), a carboxyl group (COOH), and a benzyl group (CH<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>). The benzyl group is highlighted in a teal box.</p>
Tyrosine	 <p>The structural formula of Tyrosine shows a central alpha carbon bonded to a hydrogen atom (H), an amino group (NH<sub>2</sub>), a carboxyl group (COOH), and a para-hydroxybenzyl group (CH<sub>2</sub>-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-OH). The benzyl group and hydroxyl group are highlighted in a yellow box.</p>



Protein dapat berupa molekul yang sangat besar, dengan berat molekul hingga puluhan atau ratusan ribu.

Unsur dalam protein adalah **karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, dan belerang**. Selain itu, unsur-unsur lain dapat menjadi komponen penting dari protein khusus tertentu seperti hemoglobin (zat besi) dan kasein (fosfor).

**Berdasarkan fungsi biologisnya**, protein terbagi menjadi:

- **Enzim** (biokatalisator)  
Contoh: amilase, lipase, tripsin.
- **Hormon** (pengatur)  
Contoh: FSH, LH, adrenalin, noradrenalin.
- **Antibodi** (sistem imun)  
Contoh: trombin, fibrinogen, immunoglobulin.
- **Protein transpor** (transpor molekul)  
Contoh: hemoglobin, protein membran.
- **Protein kontraktil** (alat gerak)  
Contoh: aktin, myosin, mikrotubulus.
- **Protein struktur** (pelindung)  
Contoh: kolagen, keratin.
- **Protein nutrien** (cadangan makanan)  
Contoh: albumin, kasein

## PRIMER

- Urutan linear asam amino.
- Struktur primer protein ditentukan oleh ikatan kovalen antara residu asam amino yang berurutan yang membentuk ikatan peptida.

## SEKUNDER

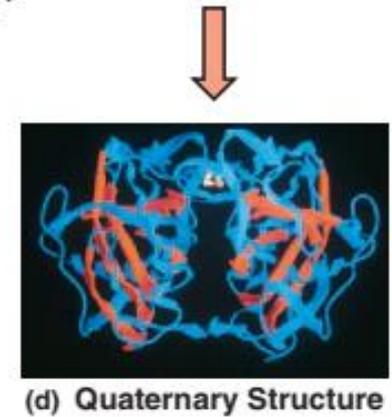
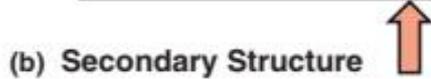
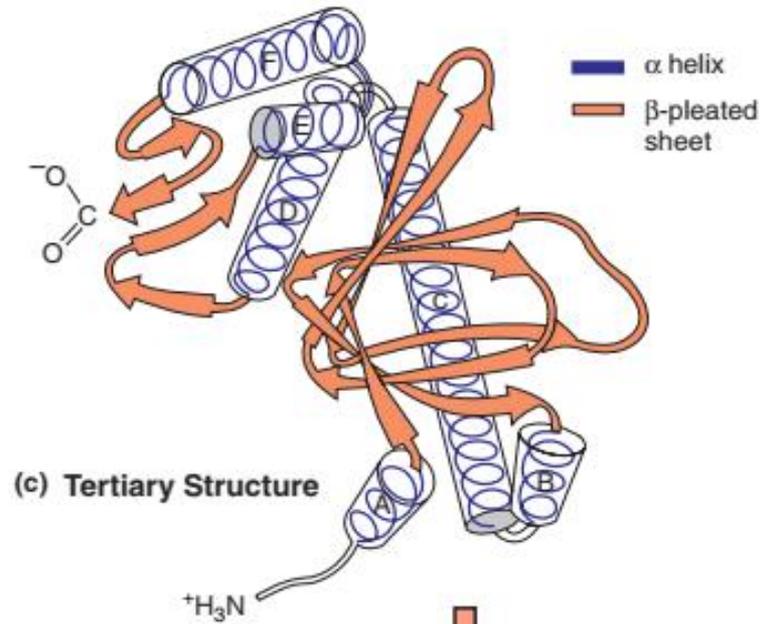
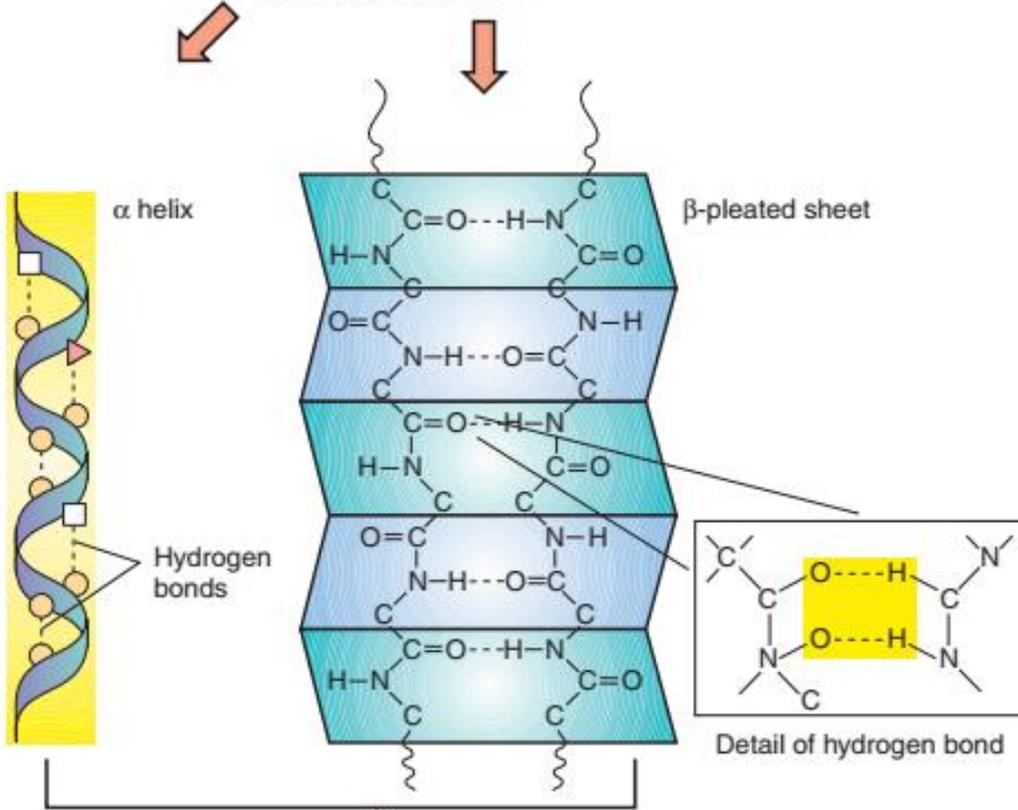
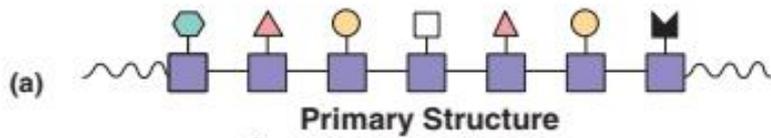
- Polipeptida yang diperpanjang dan mengakibatkan ikatan hidrogen antara residu yang tidak terpisah terlalu jauh.
- Memiliki dua bentuk: heliks dan sheet

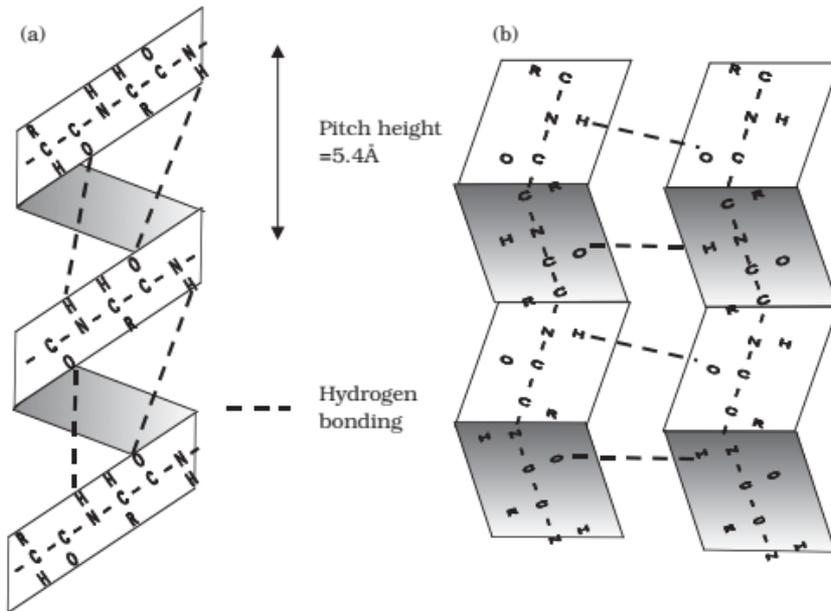
## TERSIER

- terbentuk akibat interaksi antara gugus R yang terpisah sepanjang rantai.
- Interaksi berupa ikatan kovalen, disulfida dan hidrogen.

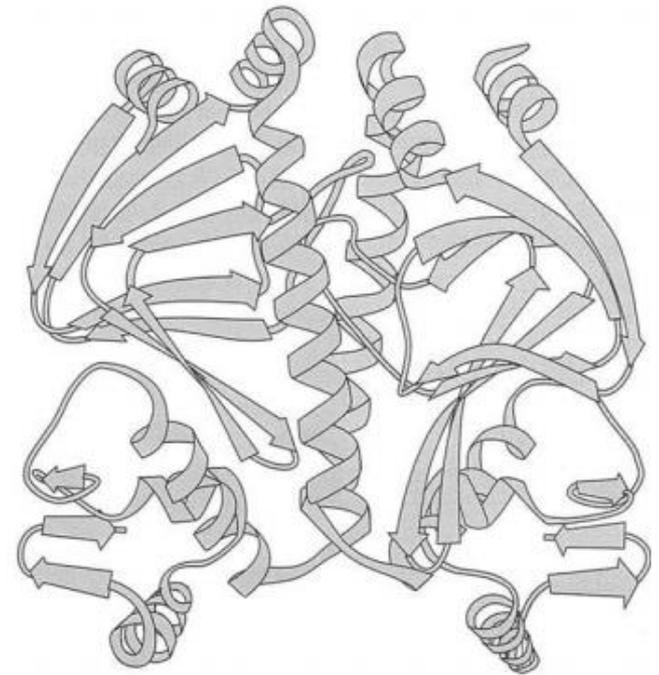
## KUARTENER

- susunan kompleks yang terdiri dari dua atau lebih rantai polipeptida, yang setiap rantainya bersama dengan struktur primer, sekunder, dan tersier membentuk satu molekul protein yang besar.





Struktur protein dalam bentuk (a) heliks dan (b) sheet

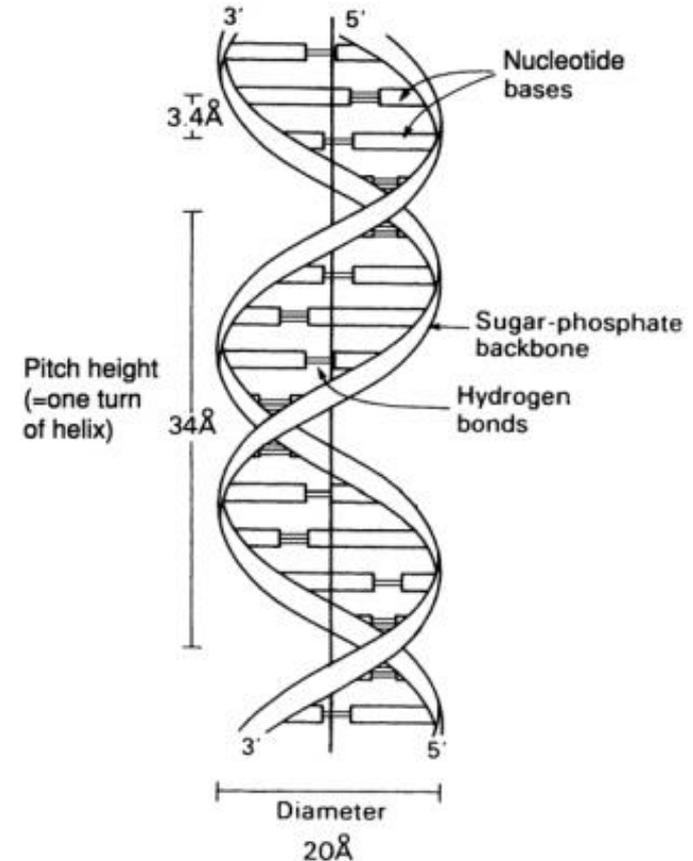


Rantai polipeptida yang membentuk struktur quartener

# ASAM NUKLEAT

Asam nukleat adalah asam deoksiribonukleat (DNA) dan asam ribonukleat (RNA), yang merupakan polimer dari monomer nukleotida.

Monomer nukleotida bergabung dengan ikatan posfodiester



(Å = Angstrom unit =  $10^{-10}$  metres)

# ASAM NUKLEAT

DNA berfungsi menyimpan informasi genetik.

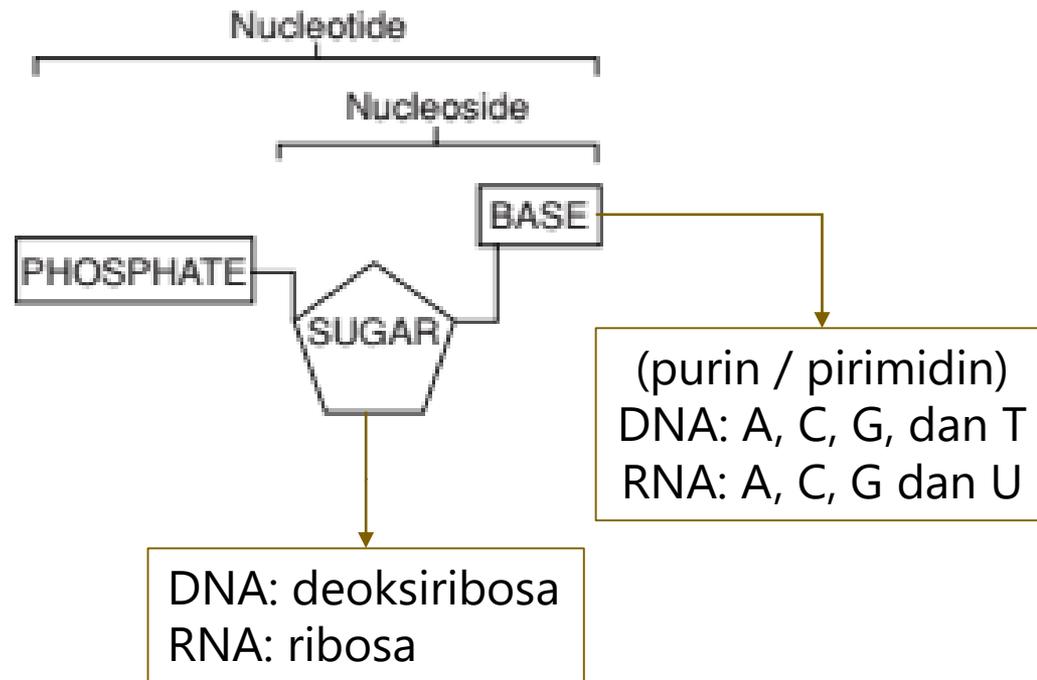
Nukleotida DNA merupakan molekul penyimpan energi dan Reducing power.

Tidak hanya satu rantai nukleotida, namun dua rantai berpasangan yang berikatan berbentuk **double helix**.

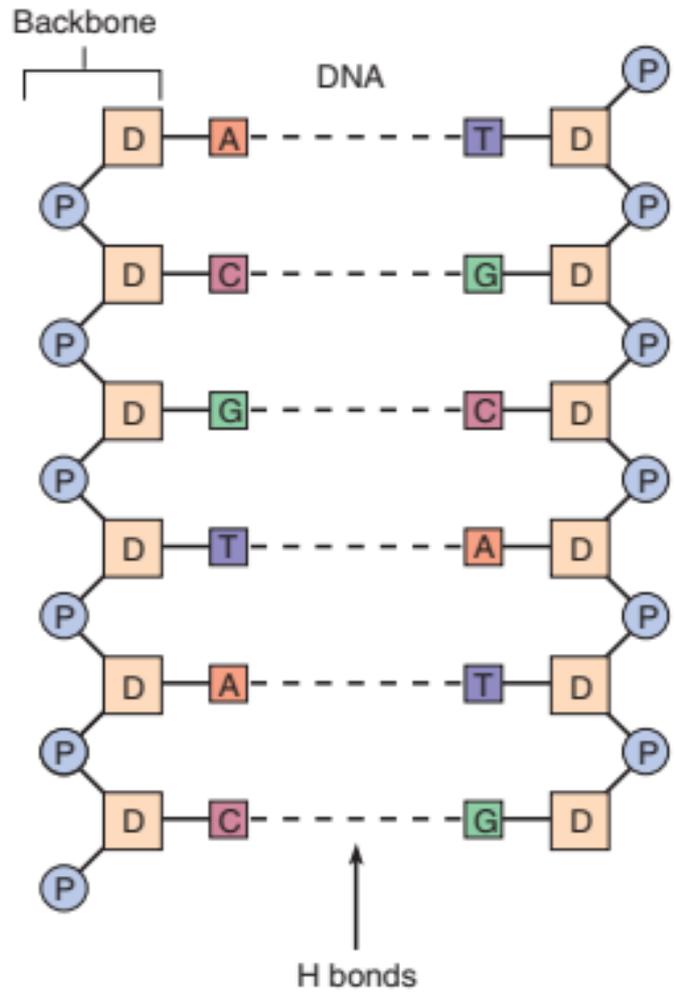
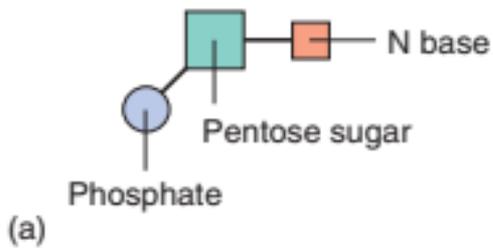
RNA berfungsi dalam sintesis protein.

Terdiri dari hanya satu rantai polinukleotida, yang memiliki struktur folding sekunder atau tersier, karena pasangan basa.

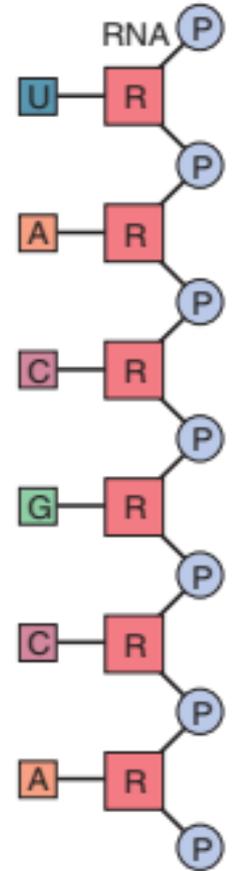
tiga komponen penyusun utama DNA:



# ASAM NUKLEAT



(b)



(c)

Makromolekul namun bukan gabungan dr monomer-monomer.

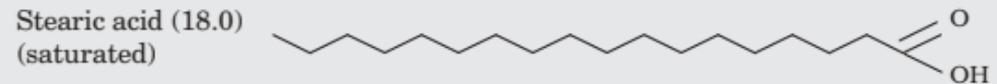
Lipid biomolekul turunan hidrokarbon yang mengandung satu gugus ester.

Lipid merupakan senyawa biologis yang bersifat hidrofobik.

## Lemak (Fats)

- Merupakan lipid sederhana, yang struktur dasarnya merupakan asam lemak.
- Asam lemak merupakan rantai hidrokarbon panjang yang berakhir dengan gugus karboksil (-COOH).
- Lemak merupakan gabungan 3 molekul asam lemak dengan 1 molekul gliserol.

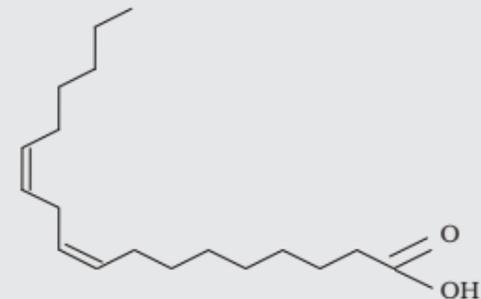
**Asam lemak jenuh?  
Tak Jenuh?**

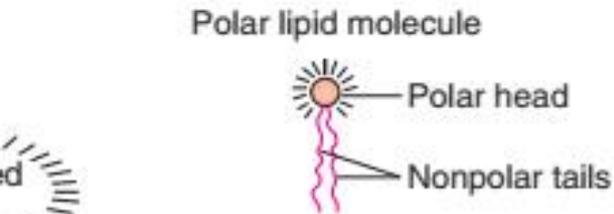


Oleic acid (18.1)  
(monounsaturated)

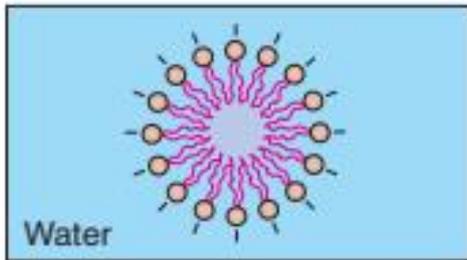


Linoleic acid (18.2)  
(polyunsaturated)



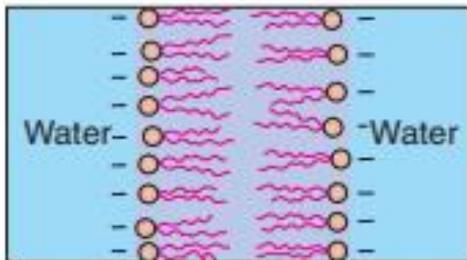


Phospholipids in single layer



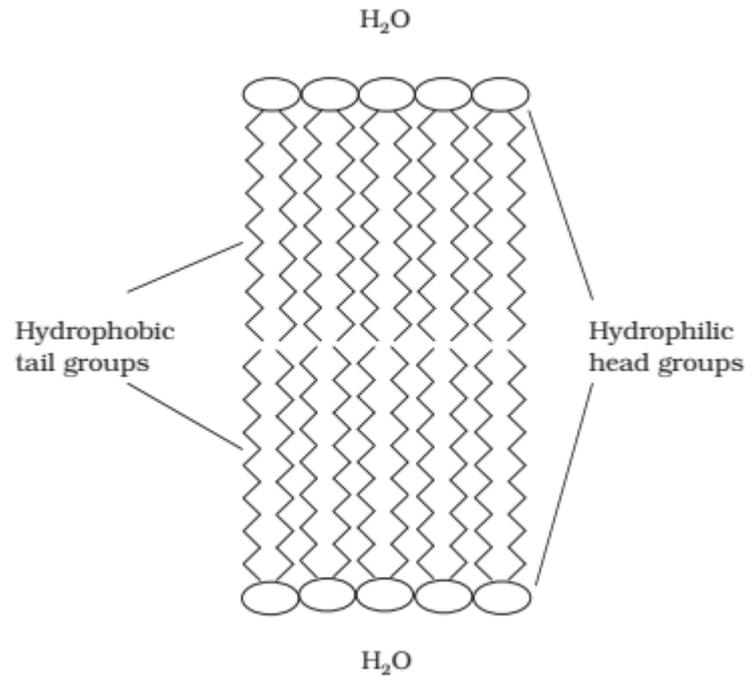
(1)

Phospholipid bilayer



(2)

(b)



## Phospholipid

- Memiliki asam posfat yang mengganti salah satu asam lemak yang berikatan dengan gliserol.
- Merupakan komponen kunci dalam mengatur permeabilitas selektif pada membran sel.
- Gugus posfat bersifat hidrofilik, dan rantai hidrokarbon bersifat hidrofobik (dasar membran biologis).