



# Daftar Isi

- Air dalam Bahan Pangan
- Karbohidrat dalam Bahan Pangan



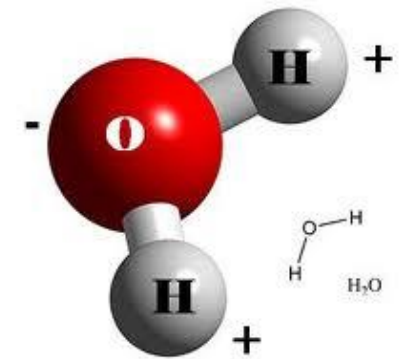
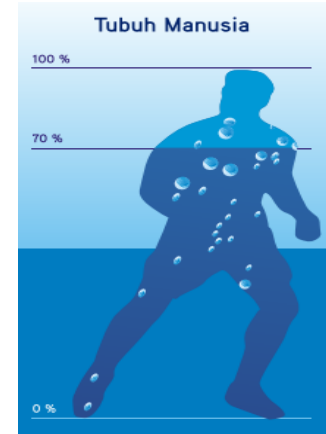
# Pengertian Air

## Secara Biologis

Air merupakan Komponen utama dalam tubuh manusia, berperan penting dalam transportasi zat-zat makanan dan hasil metabolisme tubuh serta pengatur keseimbangan suhu tubuh.

## Secara Kimiawi

Air merupakan suatu molekul yang terdiri dari 1 atom Oksigen yang berikatan kovalen dengan 2 atom hidrogen ( $H_2O$ )



# Fungsi Air

---

## Fungsi Air dalam Tubuh

- Membantu proses pencernaan makanan
- Mengangkut makanan yang telah dicerna dan oksigen
- Mengangkut hasil metabolisme seperti urea dan karbon dioksida
- Menjaga kepekatan darah
- Menjaga suhu badan
- Terlibat dalam semua proses metabolisme badan

## Fungsi Air dalam Bahan Pangan

- Mempengaruhi kesegaran, stabilitas dan keawetan pangan
- Menentukan tingkat resiko keamanan pangan
- Untuk reaksi kimia
- Pelarut untuk senyawa polar
- Mempengaruhi aktivitas enzim dalam bahan pangan
- Penghantar panas
- Mempengaruhi kestabilan bahan pangan selama penyimpanan
- Media pertumbuhan mikroba

# Sifat Fisiko Kimia Air

---

## Sifat Fisika Air

- a. Tidak berwarna , tidak berasa dan tidak berbau
- b. Memiliki 3 fasa yang berbeda : cair, gas dan padat
- c. Sebagai pelarut yang bersifat polar → pelarut senyawa polar (garam/NaCl, Vit. B & C, gula, pigmen/klorofil)
- d. Mempunyai titik didih yang tinggi
  - ✓ Senyawa yang sangat larut air (hydrophilic), contoh garam & gula
  - ✓ Senyawa tidak larut air (hydrofobik), contoh minyak & lemak (non-polar)

# Sifat Fisiko Kimia Air

---

## Sifat Kimia Air

### Ikatan Molekul Air

#### 1. Ikatan Kovalen

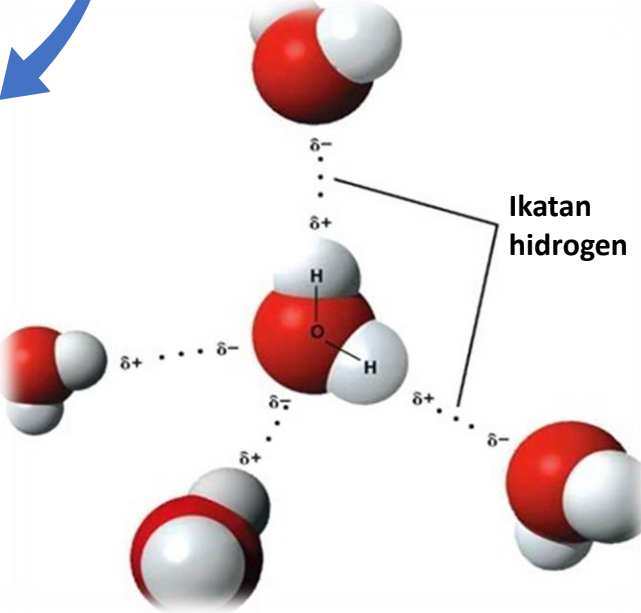
- a. Ikatan kovalen merupakan ikatan penghubung antara satu atom oksigen dengan dua atom hidrogen.
- b. Perbedaan elektronegativitas antara hidrogen dan oksigen, maka sisi hidrogen bermuatan positif sedangkan pada sisi oksigen bermuatan negatif
- c. Ikatan kovalen ini sebagai dasar bagi sifat air yang penting, yakni sebagai pelarut
- d. Ikatan kovalen → titik didih air tinggi

#### 2. Ikatan Hidrogen

- a. Ikatan hidrogen merupakan ikatan penghubung antara kutub positif dari molekul air yang satu dengan kutub negatif dari molekul air lainnya
- b. Ikatan hidrogen lebih lemah dibandingkan ikatan kovalen, yang mengakibatkan air pada tekanan atmosfer bersifat cair
- c. Ikatan hidrogen ini dapat membentuk hidrat antara air dengan senyawa-senyawa lain yang mempunyai kutub O dan N (cth : metanol, karbohidrat)

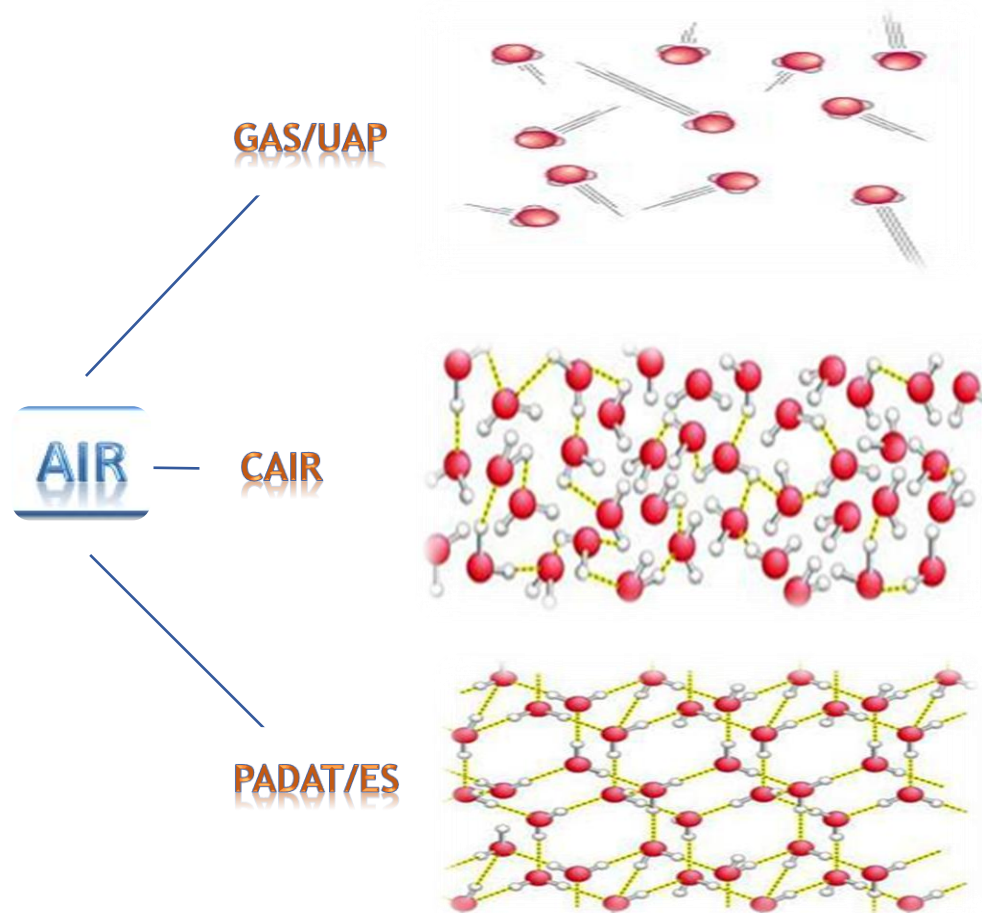
# Sifat Fisiko Kimia Air

## Ikatan Hidrogen

1. Jika satu molekul air berasosiasi/berikatan dengan 4 molekul air yang lain, akan
  2. Membantu struktur Tetrahedral
  3. Memiliki energi ikatan/energi disosiasi sebesar 25 kJ/mol atau 4,45 kkal/mol
  4. Energi disosiasi ikatan hidrogen hanya sebesar 4% dari energi ikatan kovalen antara O-H pada air (sekitar 110 kkal/mol)
  5. Namun ikatan hidrogen ini penting dalam menjaga struktur senyawa
- 

# Sifat Fisiko Kimia Air

Air dalam bentuk: Air-Es-Uap



Dalam bentuk gas atau uap, molekul-molekul air berjauhan satu sama lain, dan bergerak secara random. Tidak memiliki bentuk dan volume yang tetap.

Dalam bentuk cair, molekul-molekul air membentuk struktur **tetrahedral** yang tidak teratur dan tidak kaku, sehingga air pada fase cair densitasnya lebih tinggi daripada fase padatnya.

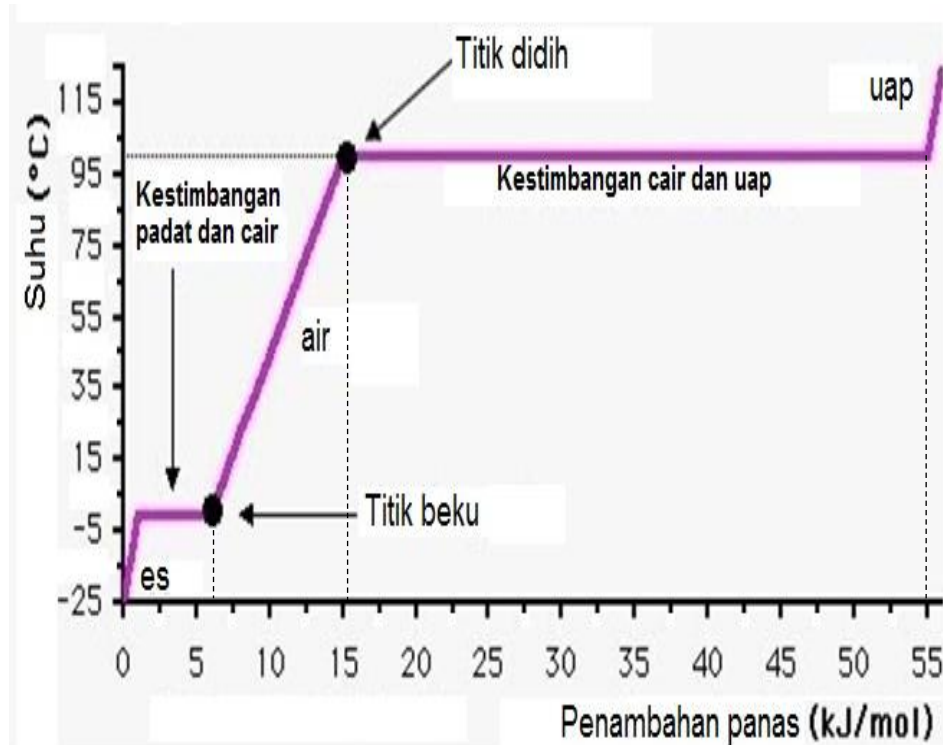
Memiliki volume tetap dan bentuk tidak tetap.

Dalam bentuk padat/es, molekul-molekul air akan membentuk struktur **heksagonal** kaku yang sangat teratur (struktur *latice*), sehingga air pada fase padat (es) memiliki berat jenis yang lebih rendah.

Memiliki volume dan bentuk yang tetap.

# Sifat Fisiko Kimia Air

## Kurva Pemanasan Air (Es-Air-Uap)

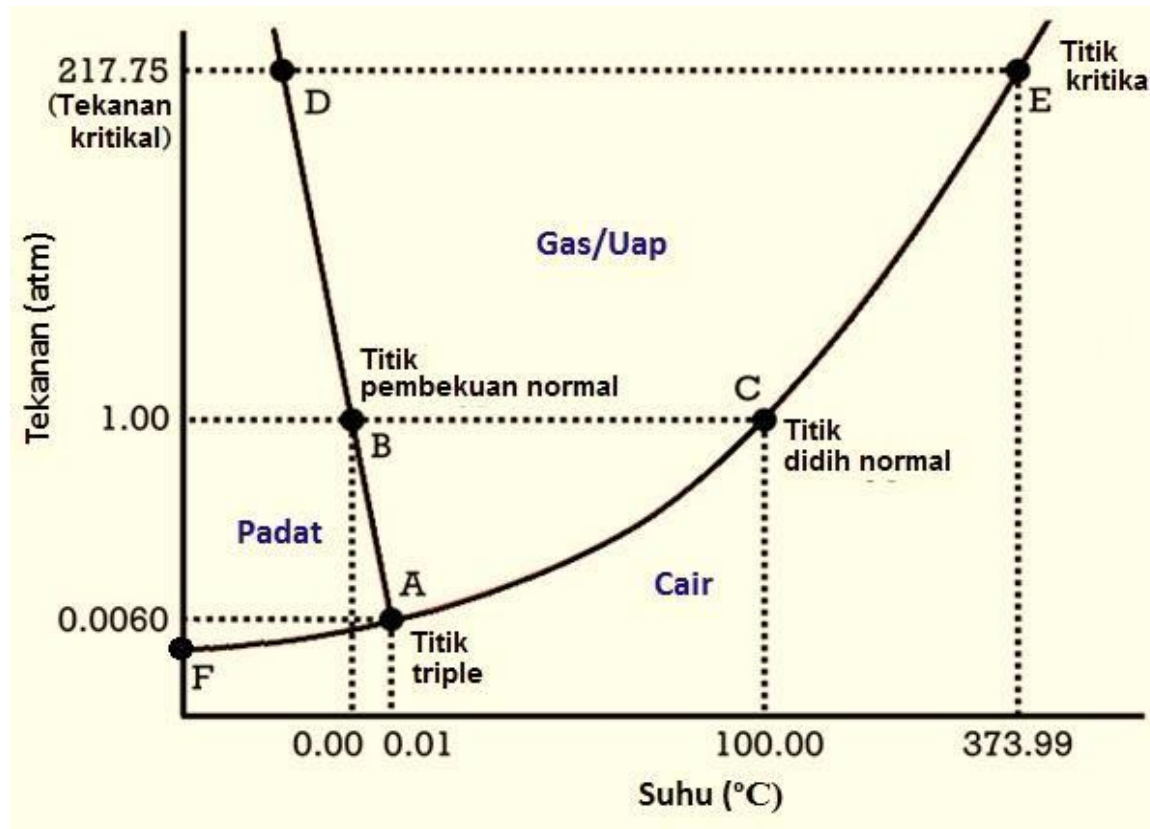


Gambar diadap dari: ilpi.com

- Jumlah molekul-molekul air yang berasosiasi dengan satu molekul air melalui ikatan hidrogen disebut sebagai bilangan koordinasi. Bilangan koordinasi sangat dipengaruhi oleh suhu.
- Pada Suhu 0°C dan 1 atm, air dalam bentuk es, masing-masing molekul air berasosiasi dengan 4 molekul air lainnya sehingga bilangan koordinasi molekul (bkm) air dalam kondisi beku (0°C) adalah 4. Pada suhu 1,5°C bkm air 4,4 dan 4,9 pada suhu 83°C.
- Perbedaan lain pada air dan es adalah jarak ikatan hidrogen (HOH) 2,76 Å pada es (suhu 0°C), 2,9 Å pada air (suhu 1,5°C) dan 3,05 Å pada uap (suhu 83°C).
- Pada proses pembekuan bilangan koordinasi dan jarak ikatan hidrogen menurun menyebabkan densitas dan kerapatan es lebih rendah dari air, sementara volumenya meningkat.

# Sifat Fisiko Kimia Air

## Diagram Fase Air



Grafik A - F

└ Kestimbangan cair - padat

Grafik A - E

└ Kestimbangan cair - gas

Grafik A - D

└ Kestimbangan gas - padat

Titik kritikal E

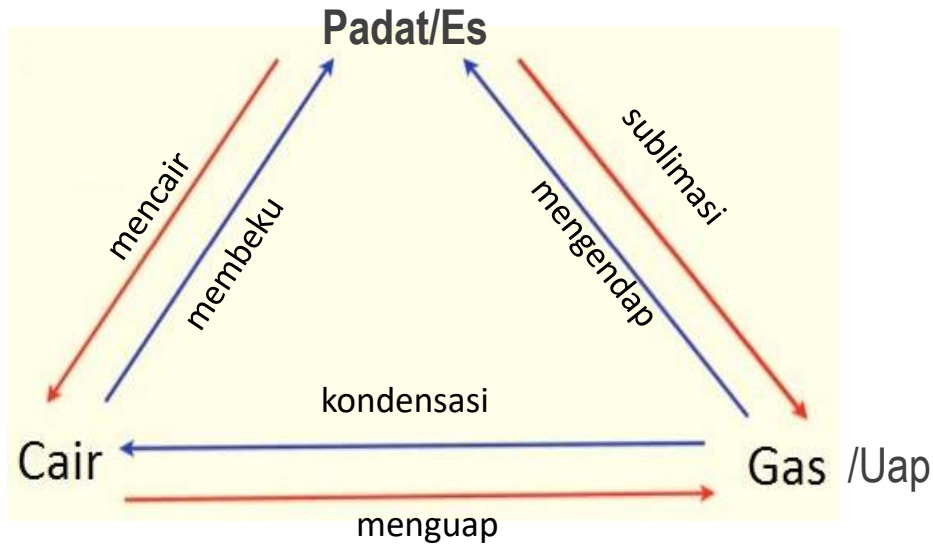
└ Kondisi air di atas titik ini tidak dapat dibedakan antara fase cair dan gas.

Titik Triple A

└ Kondisi kestimbangan air dalam tiga fase

# Sifat Fisiko Kimia Air

## Perubahan Fase dari Air



Air memiliki 3 fase: cair, padat/es dan gas/uap dengan proses perubahannya.

### Padat / es (suhu 0°C)

- Bilangan koordinasi = 4
- Jarak ikatan HOH = 2,76 Å
- Densitas dan kerapatan rendah

### Gas / uap (suhu 83°C)

- Bilangan koordinasi = 4,9
- Jarak ikatan HOH = 3,05 Å
- Densitas dan kerapatan terendah

### Cair / air (suhu 1,5°C)

- Bilangan koordinasi = 4,4
- Jarak ikatan HOH = 2,9 Å
- Densitas dan kerapatan tinggi

**Bilangan koordinasi air** adalah jumlah molekul air yang langsung mengelilingi dan berikatan dengan suatu ion atau atom pusat dalam suatu sistem, terutama pada larutan atau senyawa.

# Air Dalam Bahan Pangan

---

- Semua bahan makanan mengandung air dalam jumlah yang berbeda-beda. Bahan makanan yang masih segar, kadar airnya cukup tinggi ( $\pm 65\% - 80\%$  dari berat bahan pangan)
- Air merupakan salah satu media pertumbuhan yang baik untuk berbagai mikroorganisme → bahan pangan yang segar tidak dapat tahan lama.
- Keberadaan air dalam bahan makanan dapat mengakibatkan penurunan mutu bahan makanan baik secara kimia maupun mikrobiologis → perubahan sifat organoleptik, tekstur, citarasa dan nilai gizi
- Adanya air dalam bahan makanan dapat dihilangkan untuk membuat bahan pangan tersebut tahan lama. Untuk menghilangkan air dari dalam bahan makanan dapat dengan proses pengeringan atau pembekuan air.

# Air Dalam Bahan Pangan

## Kandungan Air Dalam Pangan

Bahan	Kandungan air (%)	Bahan	Kandungan air (%)
Tomat	94	Ikan kering	38
Semangka	93	Daging sapi	66
Kol	92	Roti	36
Nenas	85	Buah kering	28
Kacang hijau	88	Susu bubuk	14
Susu sapi	90	Tepung terigu	12

# Tipe Air Dalam Bahan Pangan

---

## Tipe 1:

- Air terikat yang sebenarnya (*bound water*)
- Molekul air yang terikat pada molekul lain melalui ikatan hidrogen.
- Molekul air membentuk hidrat dengan molekul-molekul lain yang mengandung atom O dan N, seperti karbohidrat, protein dan garam.
- Tidak dapat membeku, sebagian dapat dihilangkan dengan pengeringan

## Tipe 2:

- Molekul-molekul air membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air lain, terdapat pada mikrokapiler.
- Sifatnya berbeda dari air murni.
- Lebih sukar dihilangkan dibandingkan air bebas.
- Apabila dihilangkan, kadar air bahan akan mencapai 3-7%

# Tipe Air Dalam Bahan Pangan

---

## Tipe 3:

- Air yang secara fisik terikat dalam jaringan matriks bahan, seperti membran, kapiler, serat, dll.
- Bersifat sebagai air bebas.
- Mudah diuapkan dan dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan mikroba dan media bagi reaksi-reaksi kimiawi.
- Apabila dihilangkan, kadar air bahan akan mencapai 12-25% dengan  $A_w \sim 0.8$

## Tipe 4:

- Air yang tidak terikat dalam jaringan suatu bahan.
- Bersifat air murni (air biasa) dengan keaktifan penuh.

# Karakteristik Hidratasi

- Sebagai karakteristik fisik yang meliputi interaksi bahan pangan dgn molekul air yg terkandung didalamnya dan molekul air di udara sekitarnya
- Peranan air dalam bahan pangan biasanya dinyatakan sebagai **Kadar Air dan Aktifitas Air ( $A_w$ )**
- Peranan air di udara dinyatakan dalam **Kelembaban Relatif (RH), dan Kelembaban Mutlak (H)**

## Aspek Air Dalam Pangan

Isoterm sorpsi air

Aktivitas Air

Sumber Air

Air Minum

Pedoman Umum Petunjuk Praktis Mutu Air

Mikrobiologi Air

# Kadar Air

---

**Kadar air:** Menggambarkan kandungan air yang terdapat dalam bahan pangan (dalam persen).  
Tidak menggambarkan aktivitas biologisnya

Untuk menentukan kadar air suatu bahan, mula-mula bahan pangan tersebut di ukur massanya (Bt). Setelah itu bahan tersebut di keringkan (dengan oven) sampai massanya tidak berubah lagi, massa pada saat konstan dicatat sebagai berat bahan kering mutlak (Bk). Setelah dua data tersebut didapat maka kita dapat menentukan kadar air dalam bahan tersebut dengan menggunakan rumus (*wet basic*)

$$\text{Kadar Air} = \left( \frac{Ba}{Ba+Bk} \right) \times 100\% = \left( \frac{Ba}{Bt} \right) \times 100 \%$$

Dimana Ba= Berat airdalam bahan (g)

Bk= Beat bahan kering mutlak (g)

Bt = Berat Total = Ba + Bk

# Kadar Air

## Kadar Air (dry basic)

$$K_a = (B_a/B_k) \times 100 \% = 100 K_a/100 - K_a$$

### *Contoh:*

Sebanyak 1 ton kacang tanah dengan Kadar air awal 25 % (wet basic), dikeringkan sampai  $K_a$  14 % (wet basic). Hitung jumlah air yg diuapkan dan berat bahan keringnya.

### *Jawab:*

#### **Cara I (K<sub>a</sub> berat basah)**

$$\text{Jumlah air awal} = (25/100) \times 1000 \text{ kg} = 250 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Bahan kering} = (1000 - 250) \text{ kg} = 750 \text{ kg}$$

$$\text{Berat bahan pd } K_a \text{ akhir } 14 \% =$$

$$(750 \times 100)/(100 - 14) = 872 \text{ kg}$$

$$\text{Jadi berat air yg diuapkan} = (1000 - 872) \text{ kg} = 128 \text{ Kg}$$

# Kadar Air

---

## Cara II: (atas dasar berat kering)

Ka awal (atas dasar berat kering) =

$$100 \times (250/750) = 33,33 \%$$

Ka akhir (berat kering) =  $(14/(100-14)) \times 100 \%$

$$= 16,28 \%$$

Jumlah air yg diuapkan untuk 1000 kg bahan =  $750(33,33 - 16,28)/100 = 128 \text{ kg}$

Berat bahan kering =  $(1000 \times 100)/(100 + 33,33)$

$$= 750 \text{ kg}$$

# Kelembaban

---

**Kelembaban relatif (RH):** didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan parsial uap air terhadap tekanan uap jenuh pada suhu tertentu.

$$RH = (P/P_sT) \times 100 \%,$$

dimana :

RH = kelembaban relatif

P = tekanan uap air

P<sub>s</sub> = tekanan uap air jenuh

T = suhu atmosfer

# Aktivitas Air

---

**Aktivitas air ( $a_w$ ):** menggambarkan derajat aktivitas air dalam bahan pangan, baik reaksi kimia maupun biologis. Nilai: 0 – 1 (tanpa satuan).  $A_w=1$  (air murni)

Aktivitas air paling umum digunakan sebagai kriteria untuk keamanan pangan dan kualitas pangan.

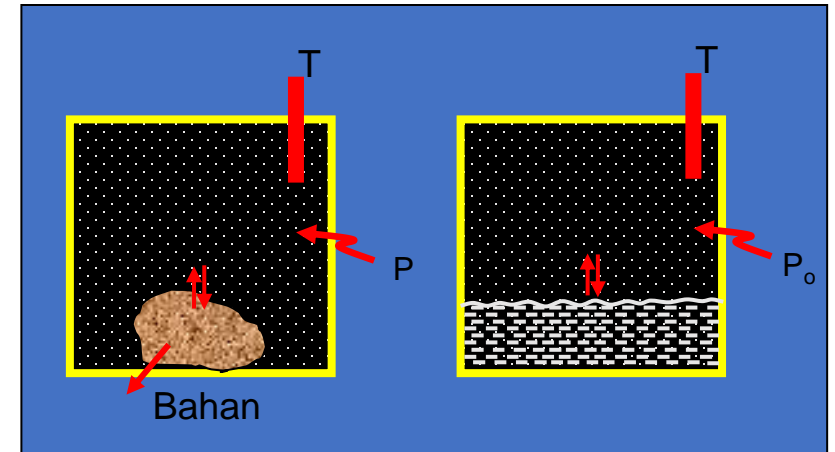
Air tidak terdistribusi secara merata (homogen) dalam bahan pangan: derajat keterikatan berbeda-beda

Aktivitas air merupakan indeks yang lebih baik dari kadar air untuk pertumbuhan mikroba, karena mikroba hanya dapat menggunakan air bebas untuk pertumbuhannya.

Nilai  $A_w$ : 0.0 - 1.0 (tanpa satuan).  $A_w=0$  (absolutely dry);  $A_w=1$  (pure water)

# Aktivitas Air

- Apabila air murni disimpan dalam ruangan tertutup, maka akan terbentuk kesetimbangan dengan udara sekitar. Tekanan udara adalah  $P_o$ .
- Apabila air berisi garam disimpan dalam ruangan tertutup:
  - Tekanan udara akan menurun ( $P$ )
  - Molekul air akan lebih sulit berubah fase dari cair ke uap (kenaikan titik didih) dan dari cair ke es (penurunan titik beku)
- Garam yang berbeda memiliki kelarutan yang berbeda: besarnya perubahan tekanan ( $P$ ) berbeda



$$A_w = P/P_o = ERH/100$$

ERH = equilibrium Relative Humidity

$P$  = Tekanan uap bahan

$P_o$  = Tekanan uap air murni

# Aktivitas Air

## Nilai Kadar Air dan Aktivitas Air pada Beberapa Bahan Pangan

Pangan	Kadar air (%)	$A_w$
Es pada 0°C	100	1.00
Daging segar	70	0.985
Roti	40	0.96
Tepung	14.5	0.72
Makaroni	10	0.45
Potato chips	1.5	0.08

Bahan pangan	$A_w$
Daging, ikan, buah	1.00 – 0.95
Sirup buah, skm	0.87 – 0.80
Selai buah	0.80 – 0.75
Susu bubuk	0.2
Roti	0.72
Ready-to-eat cereal	0.30
Dried fruit	0.62



# Aktivitas Air

---

## Hubungan $A_w$ dengan Kadar Air

- Peningkatan  $A_w$  selalu diikuti peningkatan kadar air, tetapi tidak linear.
- Hubungan antara aktifitas air dan kadar air digambarkan dengan Moisture Sorption Isotherm (MSI). Kurva ini dibuat secara eksperimental. Kurva MSI umumnya berbentuk sigmoidal.
- Kurva MSI spesifik untuk setiap produk pangan dan dipengaruhi oleh suhu.
- Untuk produk pangan yang sangat higroskopis (seperti permen), kurva MSI tidak berbentuk sigmoid pada  $A_w$  tinggi, karena akan terus menyerap air dan larut (tidak mencapai kadar air kesetimbangan)

## Pentingnya $A_w$ Dalam Pengolahan Pangan

- Proses pengeringan
- Proses pemekatan
- Proses rehidrasi
- Penentuan umur simpan: *Accelerated testing method (ASLT)* Metode Kadar Air Kritis

# Jenis Air Pada Bahan Pangan

## Air Bebas

- Terdapat pada permukaan bahan
- Untuk pertumbuhan mikroba
- Untuk media reaksi kimia
- Mudah diuapkan
- Air bebas diuapkan seluruhnya sehingga kadar air tinggal 12 – 25 % tergantung jenis bahannya

## Air Terikat Secara Fisik

Terdapat dalam jaringan matriks bahan (ikatan fisik)

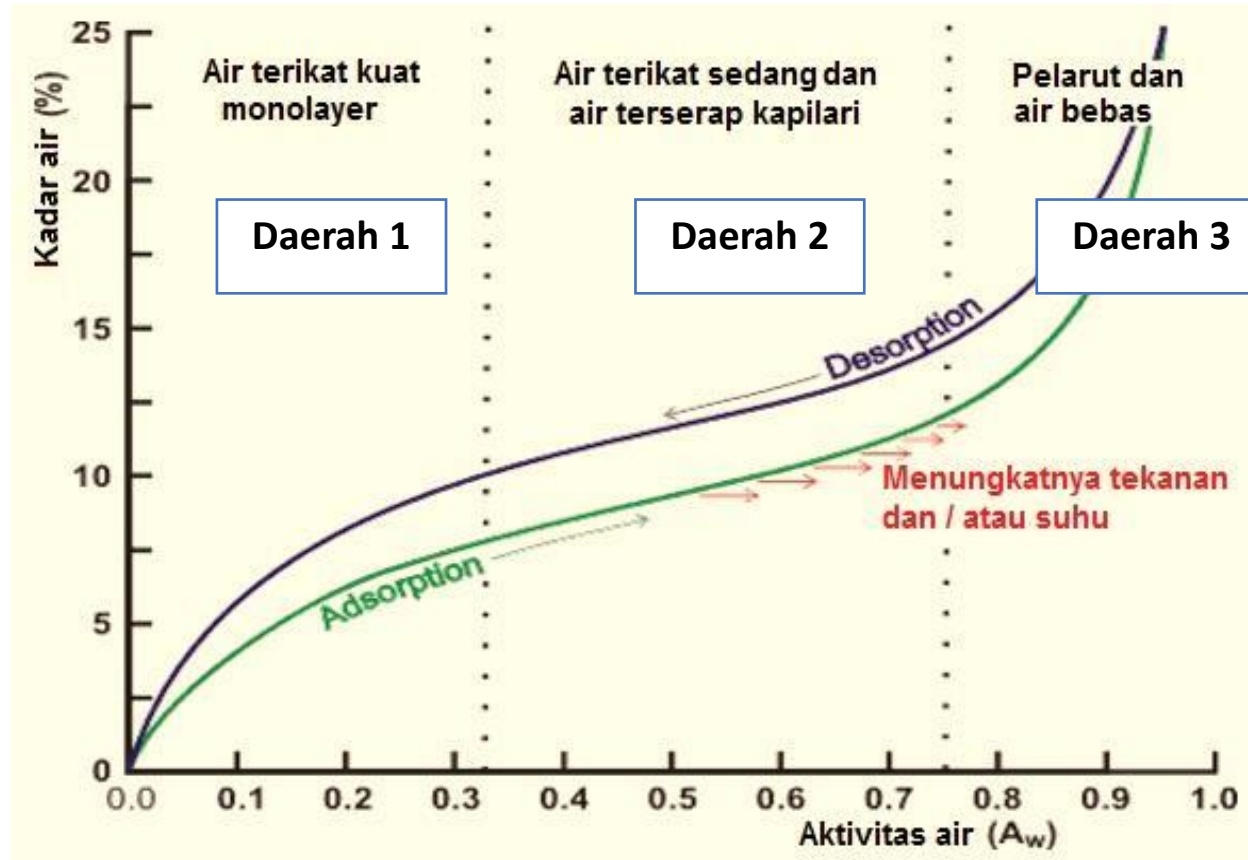
- Air terikat menurut sis. Kapiler, karena ada pipa2 kapiler
- Air absorpsi, krn ada penyerapan dari bhn
- Air yg terkurung diantara tenunan bahan (bhn berserat), sukar diuapkan shg perlu dihancurkan

## Air Terikat Secara Kimia

- Perlu energi besar untuk uapkan air ini
- Jika air ini hilang semua -> KA = 3 – 7 %
- Jenis air ini meliputi:
  - ✓ Air terikat sbg air kristal ( $\text{NaCl} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ )
  - ✓ Air yg terikat dlm sis dispersi koloidal:
    - Tdd partikel yg beragam bentuk & ukuran
    - Bermuatan listrik (+) & (-)

# Aspek Air Dalam Bahan Pangan

## Isoterm Sorpsi Air



Isoterm sorpsi air

(<http://www.sbu.ac.uk/water/activity.html>)

- **Desorpsi:** Pola proses pengurangan air atau dehidrasi dari bahan basah.
- **Absorpsi:** Pola proses penambahan air atau hidrasi pada bahan kering.
- **Fenomena histeresis:** fenomena dimana kurva isoterm desorpsi berada sedikit di atas kurva isoterm adsorpsi.

# Aspek Air Dalam Bahan Pangan

---

## Daerah 1:

- Kisaran  $A_w < 0,25$ ,
- Dikategorikan sebagai air monolayer.
- Molekul air tidak mempunyai mobilitas dan terikat dengan molekul-molekul lain dengan ikatan hidrogen, berenergi tinggi sehingga tidak bisa dibekukan.
- Molekul air membentuk ikatan ionik dengan komponen asam, basa dan garam yang sulit diputus sehingga sulit untuk dikeluarkan karena titik didih yang tinggi.

## Daerah 2:

- Kisaran  $A_w 0,25 - 0,80$ .
- Dikategorikan sebagai air multilayer, yaitu molekul air yang terikat pada 'molekul air monolayer'.
- Lebih mudah dihilangkan dengan penguapan atau pengeringan dibandingkan air monolayer.
- Molekul air mempunyai mobilitas karena berada dalam kapiler mikro (diameter  $< 0,1$  mm) dan mengalami penurunan titik beku yang jelas.

## Daerah 3:

- Kisaran  $A_w 0,80 - 0,99$ .
- Dikategorikan sebagai type air bebas, yaitu molekul air yang terikat secara fisik dalam matrik komponen pangan.
- Air type ini sangat mudah untuk dikeluarkan dalam proses pengeringan
- Molekul air mempunyai mobilitas tinggi dan berada dalam jaringan atau kapiler makro (diameter  $> 0,1$  mm), serta masih mengalami sedikit penurunan titik beku.

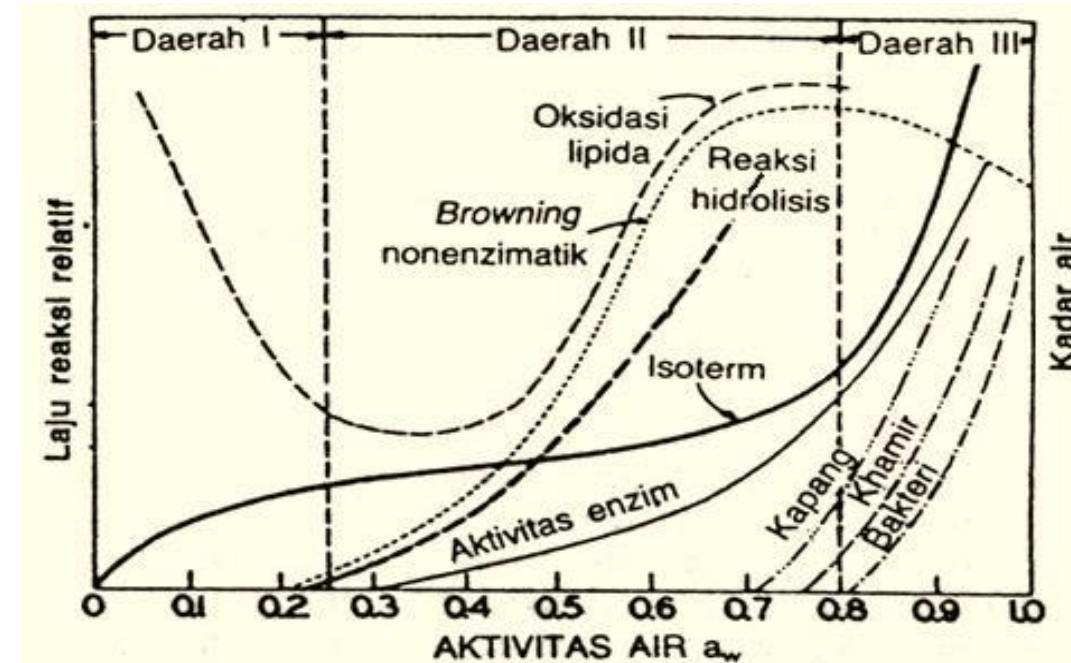
# Aspek Air Dalam Bahan Pangan

## Aktivitas air

Aktivitas air merupakan status energi air dalam sistem, yang didefinisikan sebagai perbandingan tekanan uap air dalam suatu bahan ( $p$ ) terhadap tekanan uap air murni ( $p_0$ ) pada temperatur yang sama.

Aktivitas air dinyatakan dalam angka antara 0 sampai 1.0 yang secara langsung juga sebanding dengan keadaan kelembaban relatif (relative humidity/RH) 0% sampai 100% (Fennema, 1985).

$$a_w = p/p_0 = \text{RH} (\%) / 100.$$



# Aspek Air Dalam Bahan Pangan

## Aktivitas air

Merupakan sebuah angka yang menghitung intensitas air di dalam unsur-unsur bukan air atau benda padat. Secara sederhana, itu adalah ukuran dari status energi air dalam suatu sistem.

Hal ini didefinisikan sebagai tekanan uap dari cairan yang dibagi dengan air murni pada suhu yang sama, karena itu, air suling murni memiliki  $a_w$  tepat satu.

Semakin tinggi suhu biasanya  $a_w$  juga akan naik, kecuali untuk benda yang mengkilat seperti garam atau gula.

Semakin tinggi  $a_w$  dalam sebuah benda, akan lebih menopang kehidupan mikroorganisme. Bakteri biasanya memerlukan  $a_w$  minimal 0.91 dan jamur minimal 0.7.

Air akan berpindah dari benda dengan  $a_w$  tinggi ke benda dengan  $a_w$  rendah. Sebagai contoh, jika madu ( $a_w \approx 0.6$ ) ditempatkan di udara terbuka yang lembab ( $a_w \approx 0.7$ ), maka madu akan menyerap air dari udara.

# Aspek Air Dalam Bahan Pangan

---

## Aktivitas air

Penurunan nilai  $a_w$  akan menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan juga akan menghambat laju reaksi enzimatik, reaksi pencoklatan non enzimatik dan reaksi-reaksi hidrolisis.

Pada reaksi oksidasi lipida, penurunan nilai  $a_w$  hingga 0,3 akan menghambat laju reaksi oksidasi dan penurunan nilai  $a_w$  lebih lanjut akan meningkatkan kembali laju reaksi oksidasi lipida.

Karenanya daya awet maksimal suatu produk pangan dapat dicapai apabila nilai  $a_w$  produk berkisar 0,3.

Untuk produk pangan dengan nilai  $a_w$  0,6 – 0,9 disebut sebagai makanan semibasah (*intermediate moisture food*).

Pada pengawetan pangan dilakukan penurunan  $a_w$ , dengan bahan tambahan pangan yang memiliki kapasitas pengikatan air yang tinggi (seperti: garam, gliserol, sorbitol dan sukrosa atau gula pasir).

# Aspek Air Dalam Bahan Pangan

## Sumber Air

Terdapat empat jenis sumber air di alam:

1. Air dalam bahan pangan,

Bahan Pangan	Kadar air (%)	Bahan Pangan	Kadar air (%)
Tomat	94	Roti	40,0
Semangka	93	Susu bubuk	14,0
Kol	92	Kecipir (biji)	9,7
Daging sapi	66	Kedele	7,5
Telur ayam	74	Kacang hijau	10,0
Ikan asin	40	Tepung terigu	12,0
Ikan teri kering	38	Beras giling	12,0

2. Air permukaan, air yang terdapat di Laut, danau, sungai, kanal, parit dan got. Air laut mengandung berbagai jenis garam dan  $\frac{3}{4}$  nya merupakan NaCl
3. Air bawah tanah atau air sumber. Sangat bergantung kedalamannya dan jenis tanah
4. Air hujan, merupakan air murni sebelum melarutkan berbagai gas yang terdapat di udara

# Aspek Air Dalam Bahan Pangan

---

## Air minum

### Sifat dan mutu air minum

Memiliki sifat pelarut yang baik

Mengandung unsur kimia: zat besi, zat kapur, garam-garam mineral dan mikroorganisme (bakteri, kapang dan jamur).

Sehingga ada 3 kriteria nilai mutu air minum, yaitu:

- ✓ Kriteria fisik, meliputi bau, warna, rasa, kekeruhan, endapan dll.
- ✓ Kriteria kimia, meliputi kandungan zat besi, kapur, nitrat, mangan, amoniak, bahan-bahan organik, logam berat dll.
- ✓ Kriteria mikrobiologi, kandungan mikroorganisme dengan mendeteksi kuman.

Ketentuan Menteri Kesehatan untuk air minum tertuang dalam

Peraturan No. 01/BIRHUKAMAS/I/1975 menetapkan standar air minum sebagai dalam tabel berikut:

# Aspek Air Dalam Bahan Pangan

## Air minum

Parameter	STANDAR		
	Satuan	Maks yang diperbolehkan	Keterangan
A. FISIK			
Bau	-	-	Tidak berbau
Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/L	1000	-
Kekeruhan	Kala NTU	5	-
Rasa	-	-	Tidak berasa
Suhu	0°C	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	-
Warna	SkalaTCU	15	-
B. KIMIA			
a. Kimia Anorganik			
Air raksa	mg/L	0,001	
Aluminium	mg/L	0,2	
Arsan	mg/L	0,05	
Bakium	mg/L	1,0	
Besi	mg/L	0,3	
Fluorida	mg/L	1,5	
Kadmium	mg/L	0,005	
Kesadahan	mg/L	500	

# Aspek Air Dalam Bahan Pangan

## Air minum

Parameter	STANDAR		
	Satuan	Maks yang diperbolehkan	Keterangan
B. KIMIA			
b. Kimia Organik			
Aldrin dan dieldrin	mg/L	0,0007	
Benzene	mg/L	0,01	
Benzo (a) pyrene	mg/L	0,00001	
Khloroform (total isomer)	mg/L	0,0003	
Khloroform	mg/L	0,03	
2,4-D	mg/L	0,10	
DDT	mg/L	0,03	
Detergen	mg/L	0,05	
1,2-Dikloroetan	mg/L	0,01	
1,1-Dikloroetan	mg/L	0,0003	
Heptaklor & heptaklor epoksid	mg/L	0,003	
Heksaklorobenzen	mg/L	0,00001	
Gamma-HCH (lindane)	mg/L	0,004	
Metoksiklor	mg/L	0,03	
Pentoklorofenol	mg/L	0,01	
Pestisida total	mg/L	0,10	
2,4,6-triklorofenol	mg/L	0,01	
Zat organik (KMnO4)	mg/L	10	

# Aspek Air Dalam Bahan Pangan

## Air minum

Parameter	STANDAR		
	Satuan	Maks yang diperbolehkan	Keterangan
B. KIMIA			
a. Kimia Anorganik			
Klorida	mg/L	250	
Kromium, valensi 6	mg/L	0,05	
Mangan	mg/L	0,1	
Natrium	mg/L	200	
Nitrat, sebagai N	mg/L	10	
Nitrit, sebagai N	mg/L	1,0	
Perak	mg/L	0,05	
Selenium	mg/L	0,01	
Seng	mg/L	5,0	
Sianida	mg/L	0,1	
Sulfat	mg/L	400	
Sulfida (sebagai H <sub>2</sub> S)	mg/L	0,05	
Tembaga	mg/L	1,0	
Timbal	mg/L	0,05	

# Aspek Air Dalam Bahan Pangan

## Air minum

Parameter	STANDAR		
	Satuan	Maks yang diperbolehkan	Keterangan
C. MIKROBIOLOGIK			
Koliform tinja	$\Sigma/100$ ml	0	95% sampel yg diperiksa setahun. Kadang boleh ada 3/100 ml sampel air, tapi tidak ber-turut2
Total koliform	$\Sigma/100$ ml	0	
C. RADIO AKTIV			
Aktivitas alfa (Gross Alpha activity)	Bg/L	0,1	
Aktivitas beta (Gross Beta activity)	Bg/L	1,0	

Keterangan :

mg = miligram

ml = milliliter

L = Liter

Bg = Beguerel

NTU = Nepnelometrik Turbidity Units

TCU = True Colour Units

Logam berat merupakan logam terlarut

# Aspek Air Dalam Bahan Pangan

## Pedoman Umum Petunjuk Praktis Mutu Air

### Warna, bau dan rasa:

Warna, bau, rasa dan kekeruhan air mudah untuk diamati dengan indra.

### Kesadahan Air :

Persyaratan kesadahan air adalah 5-20°D.

1°D = 1 derajat kesadahan Jerman = kadar CaO sebanyak 10 mg/l air.

Berdasarkan nilai kesadahan, dibedakan:

Air sangat lunak	:	0 – 4°D
Air lunak	:	4 – 8°D
Air dengan kesadahan sedang	:	8 – 18°D
Air sadah	:	18 – 30°D
Air sangat sadah	:	di atas 30°D

Air yang baik untuk air minum adalah air lunak hingga sedang.

# Aspek Air Dalam Bahan Pangan

---

## Pedoman Umum Petunjuk Praktis Mutu Air

### Zat besi:

Kadar besi yang besar dapat membuat warna air menjadi coklat kekuningan., dan semakin tinggi dapat menimbulkan kekeruhan dan endapan coklat kekuningan.

### Zat mangan:

Seperti halnya zat besi, namun warnanya coklat kehitaman.

### Zat organi, ammoniak dan nitrit:

Cemaran zat ini yang cukup banyak dalam air dapat dideteksi dengan bau dan warna yang khas.

# Aspek Air Dalam Bahan Pangan

---

## Mikrobiologi Air

### Sifat dan mutu air minum

Bakteri yang terdapat dalam air adalah:

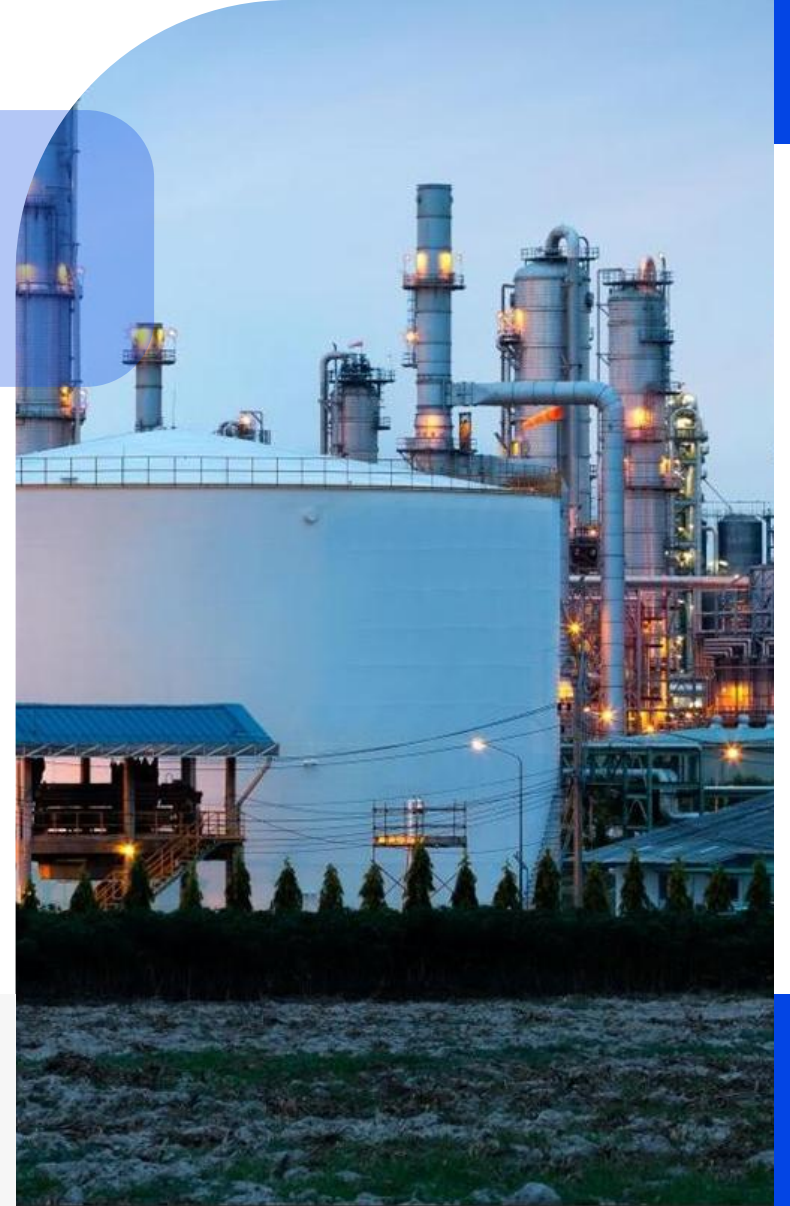
*Enterobacter* (terutama *E. Aerogenes*) yang berasal dari tanaman atau hewan yang mati.

*Escherichia* (terutama *E. Coli*) hidup dalam usus manusia dan hewan, yang mengkontaminasi air melalui kotoran. Bakteri ini lebih tahan hidup dalam air daripada bakteri patogen lain yang ada dalam saluran pencernaan.

Cemaran mikrobiologi air, mudah dihilangkan dengan memasak air sampai mendidih sebelum diminum.

# Karbohidrat Dalam Pangan

Teknologi Bahan Makanan



# Karbohidrat Dalam Pangan

**KARBOHIDRAT (merupakan bahan utama dalam diet sehari-hari)**

**Pendahuluan**

**Susunan Kimia Karbohidrat**

**MONOSAKARIDA**

**Struktur Kimia Monosakarida**

Aldosa

Ketosa

**Beberapa Sifat Penting Monosakarida**

Sifat Optikal

Isomerisme

Reaksi Monosakarida

Sumber monosakarida

**DISAKARIDA, OLIGOSAKARIDA DAN POLISAKARIDA**

**Sumber dan Sifat-sifat**



# Pendahuluan

## Peranan Karbohidrat

Bahan organik yang diproduksi dari reaksi antara karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dari udara dan air (H<sub>2</sub>O) dari dalam tanah.



Berperan penting dalam metabolisme dan kesehatan tubuh, juga dalam teknologi industri pengolahan pangan dan gizi.

Merupakan sumber kalori, 75-80% kebutuhan kalori tubuh, dengan menyediakan 4 Kkal/g karbohidrat.

Disebut sebagai zat gula, cadangan makanan yang banyak terdapat dalam buah-buahan, biji-bijian dan umbi-umbian.

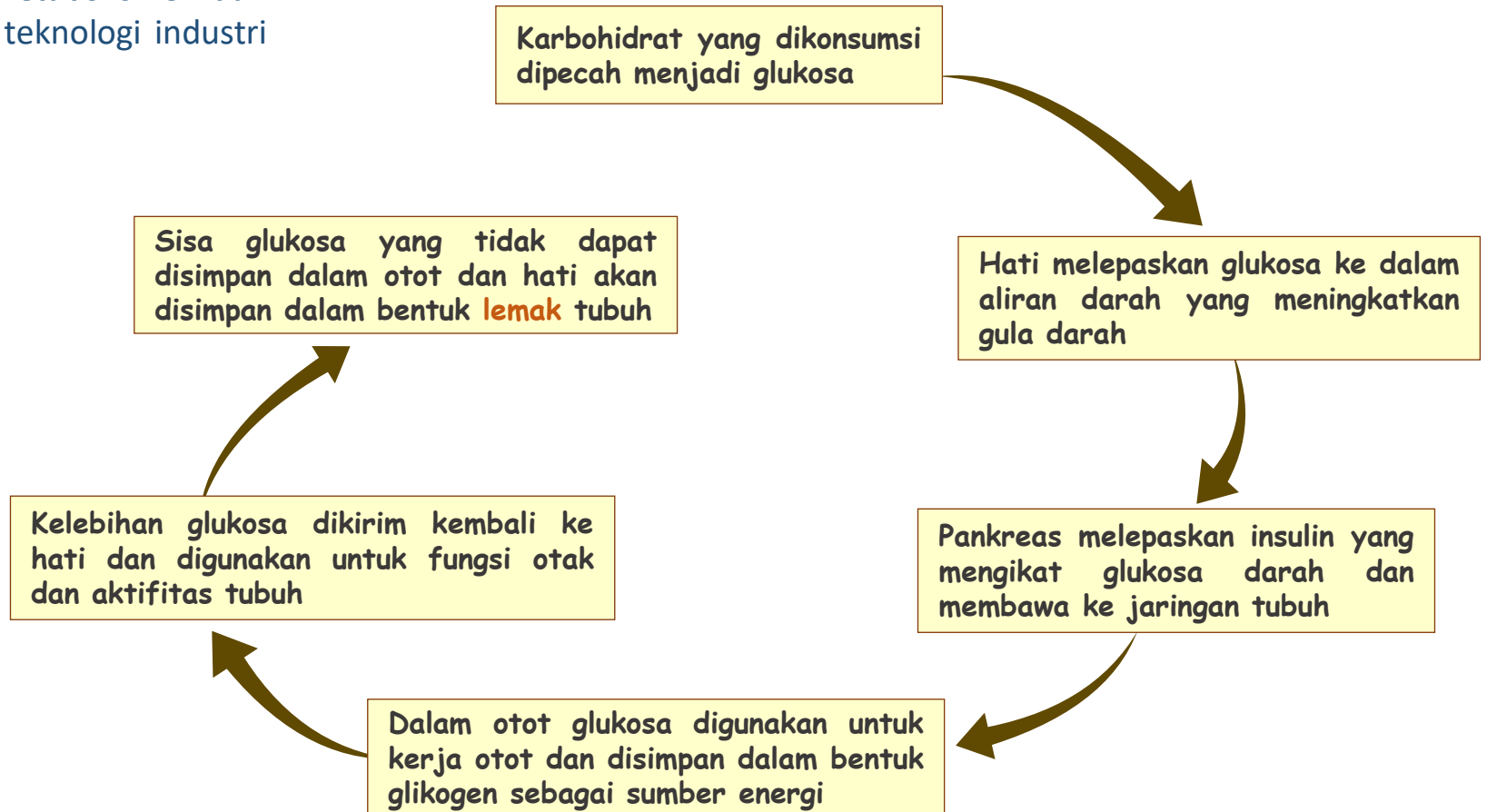


# Pendahuluan

## Peranan Karbohidrat

Berperan penting dalam metabolisme dan kesehatan tubuh, juga dalam teknologi industri pengolahan pangan dan gizi.

## Metabolisme Karbohidrat:



# Pendahuluan

## Peranan Karbohidrat

Berperan penting dalam metabolisme dan kesehatan tubuh, juga dalam teknologi industri pengolahan pangan dan gizi.



# Pendahuluan

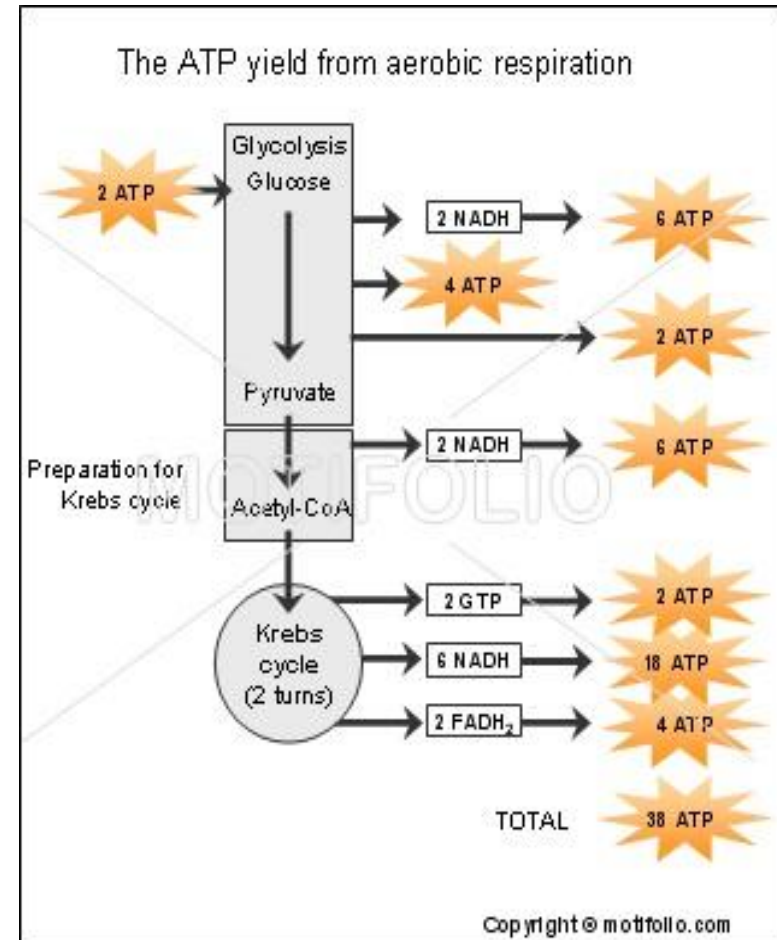
## Peranan Karbohidrat

### Perkiraan energi dalam tubuh manusia

Sumber energi	Tempat penyimpanan	Perkiraan energi (kkal)
ATP/CP*	Berbagai jaringan	5
Karbohidrat	Glukosa darah	80
	Glikogen hati	400
	Glikogen otot	1500
Lemak	Serum asam lemak bebas	7
	Serum trigliserida	75
	Trigliserida otot	2500
	Jaringan adipose	80000+
Protein	Protein otot	30000

\*ATP/CP = Adenosin trifosfat/kreatin fosfat

Jumlah ATP yang dihasilkan dari perombakan molekul glukosa melalui respirasi aerobik



# Pendahuluan

## MONOSAKARIDA (Gula Sederhana)

### Susunan Kimia Karbohidrat

Komponen kimia utama adalah C (karbon), H (hidrogen dan O (oksigen), dengan rumus umum  $C_n(H_2O)_m$

Merupakan polimer yang tersusun oleh unit terkecil atau gula sederhana (monosakarida/manosa/monosakarosa) dengan rumus umum  $C_n(H_2O)_n$  biasa tersusun:

6 atom C (heksosa) dengan rumus umum  $C_6(H_2O)_6$  atau  $C_6H_{12}O_6$

5 atom C (pentosa) dengan rumus umum  $C_5H_{10}O_5$

4 atom C (tetrosa) dengan rumus umum  $C_4H_7O_4$

3 atom C (triosa) dengan rumus umum  $C_3H_6O_3$

7 atom C (heptosa) dengan rumus umum  $C_7H_{14}O_7$

Berdasarkan gugus aktif (mengandung gugus karbonil), monosakarida dibedakan menjadi 2 kelas, yaitu: aldosa dan ketosa

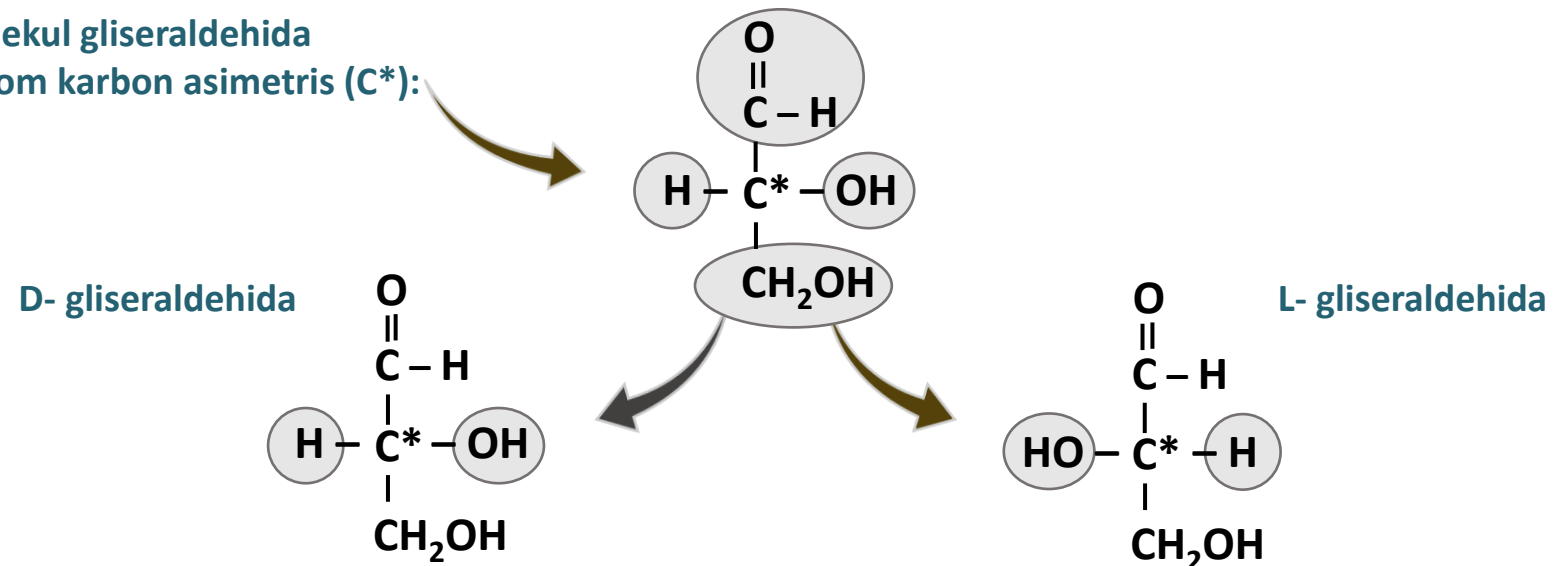
# Struktur Kimia Monosakarida

## Aldosa

Rumus umum :  $\text{HOC} - (\text{HCOH})_n - \text{CH}_2\text{OH}$

Karbohidrat yang memiliki gugus aldehyd. Gula aldosa paling sederhana ( $n=1$ ) adalah gliseraldehida atau gliserol yaitu triosa dengan rumus molekul:  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ . Memiliki atom karbon asimetris ( $\text{C}^*$ ) yang berikatan dengan 4 gugus berbeda:  $-\text{OH}$ ,  $-\text{H}$ ,  $-\text{COH}$  (gugus aldehyd) dan  $-\text{CH}_2\text{OH}$  (gugus alkohol).

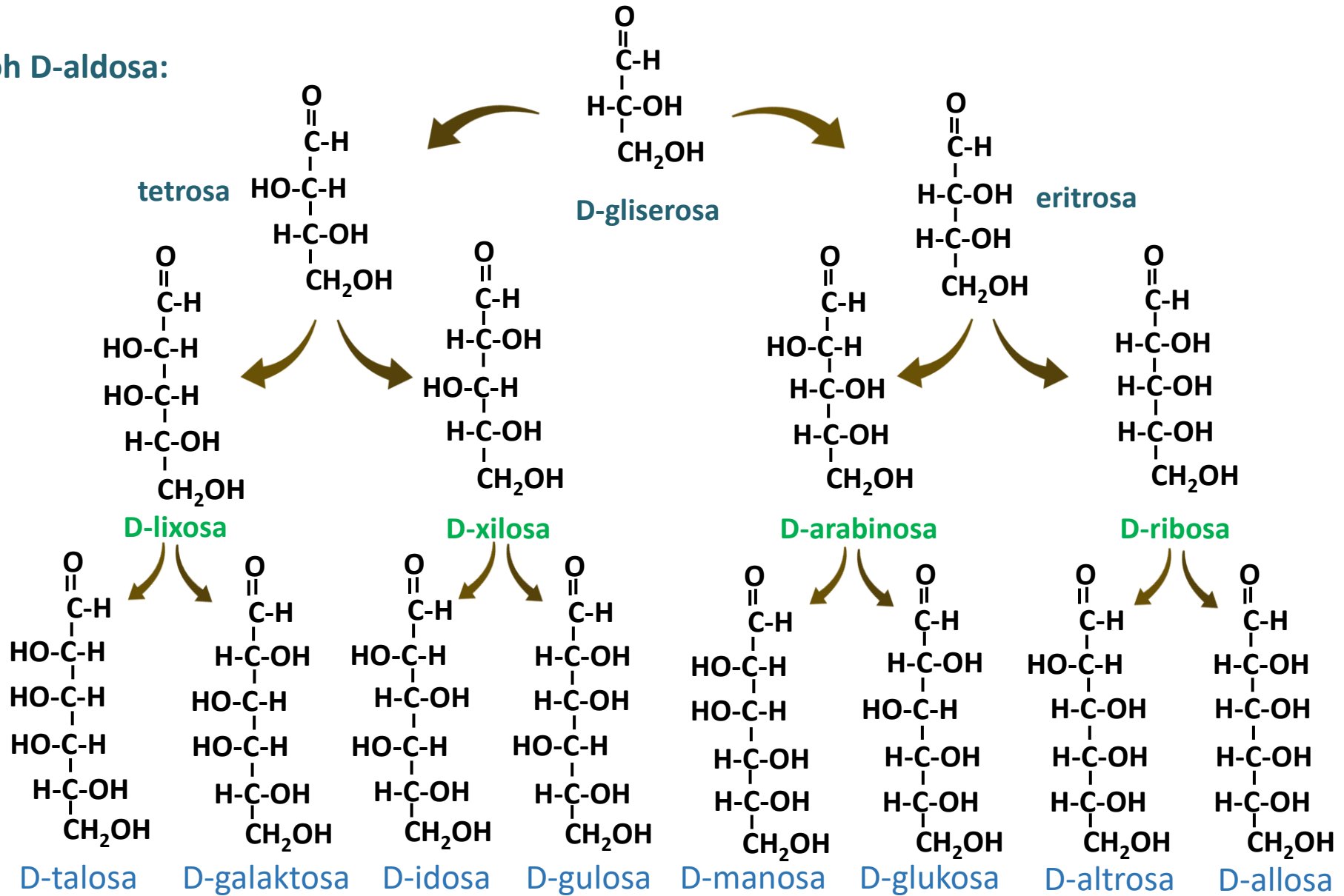
Rumus bangun molekul gliseraldehida ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ ) dengan atom karbon asimetris ( $\text{C}^*$ ):



D-gliserinaldehida dan L-gliserinaldehida merupakan isomer satu sama lainnya, karena memiliki rumus molekul yang sama tapi rumus bangun yang berbeda.

Pada umumnya gula yang ditemukan di alam dalam bentuk isomer D.

Contoh D-aldosa:



# Struktur Kimia Monosakarida

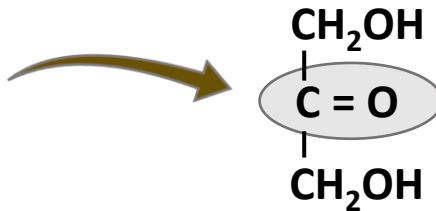
## Ketosa

Karbohidrat yang memiliki gugus keton. Gula ketosa paling sederhana adalah dihidroksiaseton dengan rumus molekul:  $C_3H_6O_3$ .

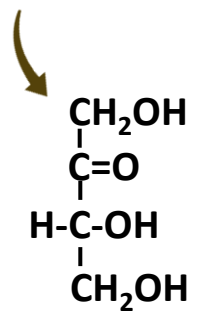
### Contoh D-ketosa:

#### Ketotriosa:

Dihidroksiaseton/  
1,3-dihidroksipropanon

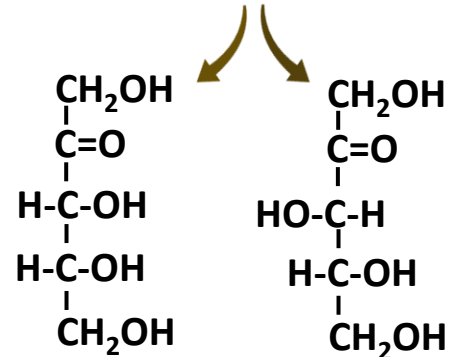


#### Ketotetrosa:

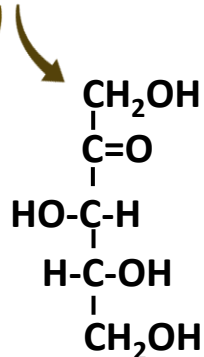


D-eritrolosa

#### Ketopentosa:

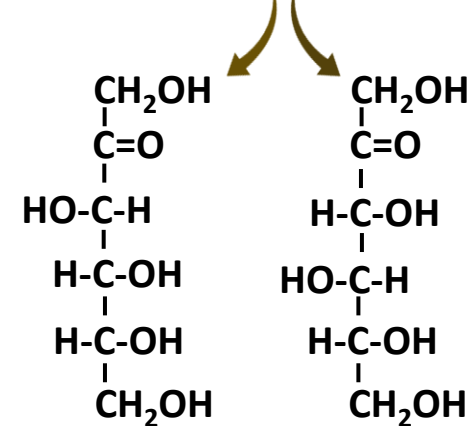


D-ribulosa

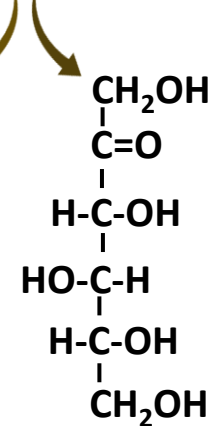


D-xilulosa

#### Ketoheksosa:

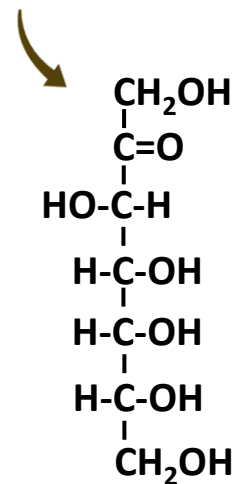


D-fruktosa



D-sorbosa

#### Ketoheptosa:



D-sedoheptulosa

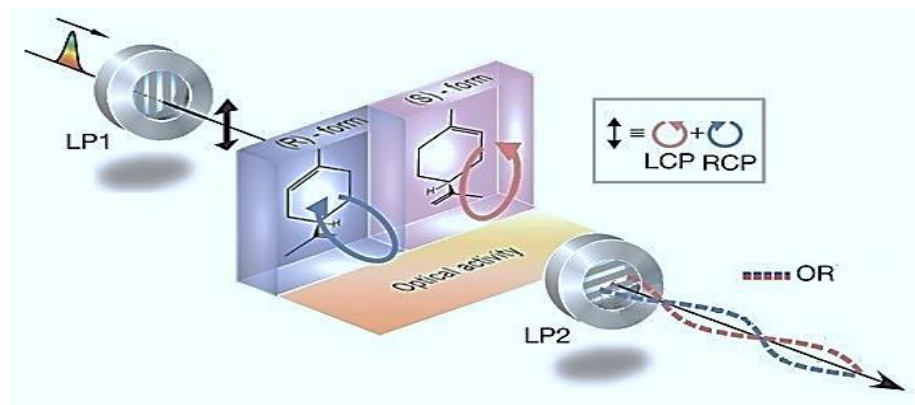
# Sifat Monosakarida

## Sifat Optikal

Bentuk D dan L-gliseraldehida memiliki sifat kimia dan fisika yang sama, perbedaannya terletak pada kemampuan memutar bidang cahaya terpolarisasi, dimana yang satu memutar ke kiri dan yang lainnya ke kanan.

Perlu diingat bahwa penentuan **D (dekstroza)** atau **L (levrosa)**-gliseradehida didasarkan pada posisi  $-OH$  dari  $C^*$  pada rumus bangunnya. Jadi bentuk **D** dan **L**-gliseraldehida belum tentu menyatakan arah pemutaran bidang cahaya terpolarisasi.

Pemutaran bidang cahaya terpolarisasi dari suatu aldosa dapat diukur dengan menggunakan polarimeter, apakah aldosa tersebut termasuk **dekstrototari** atau **levorotari**.



LP1 = linear polarization 1

LCP = Left circulation polarization

RCP = right circulation polarization

LP2 = linear polarization 2

OR = Optical rotation

# Sifat Monosakarida

## Isomerisme

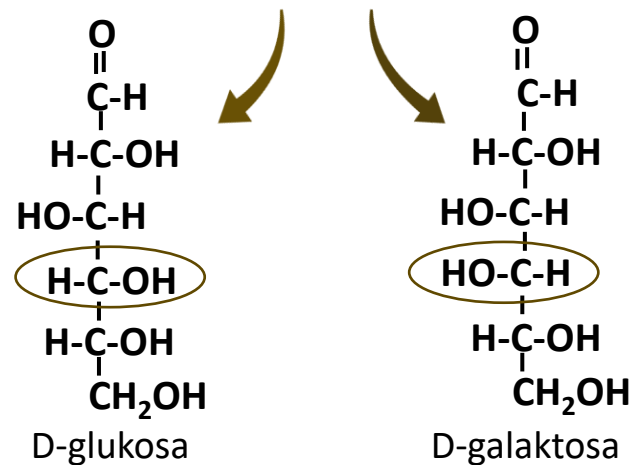
Dua molekul terdiri dari atom-atom yang sama tapi memiliki letak dalam ruang yang berbeda. Kedua molekul tersebut memiliki rumus kimia yang sama namun rumus bangun yang berbeda. Seperti pada D dan L-gliseraldehid; D dan L-ketosa.

## Isomerisme optikal

Dua molekul yang memiliki rumus kimia yang sama namun rumus bangun yang berbeda, yang didasarkan pada kemampuan memutar bidang cahaya terpolarisasi, dimana yang satu memutar ke kiri dan yang lainnya ke kanan.

## Stereoisomer

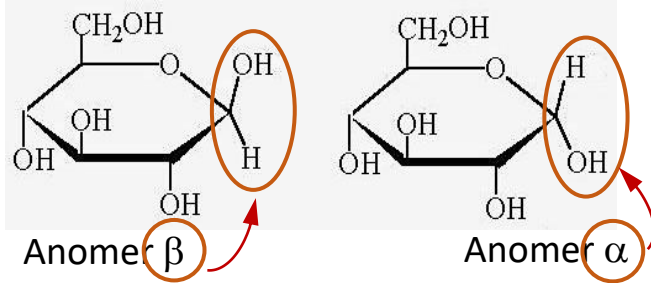
Galaktosa dan glukosa merupakan epimer satu sama lainnya, dimana keduanya berbeda pada konfigurasi satu buah atom karbon saja.



# Sifat Monosakarida

## Anomerisme

Dua molekul heksosa dalam struktur cincin yang berbeda pada letak gugus -OH.

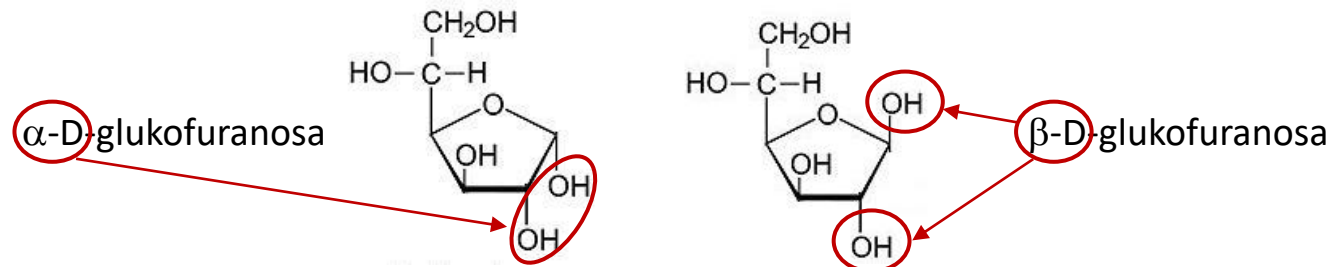


Pasangan anomer ini memiliki sifat optik yang berbeda satu sama lainnya, yang dalam suatu larutan membentuk campuran kestimbangan  $\alpha/\beta$  dan disebut peristiwa **mutarotasi**.

## Penyederhanaan Rumus Bangun

Rumus bangun dari glukosa yang hanya menunjukkan posisi gugus -OH, kerangka cincin C dengan menunjukkan posisi atom O sebagai terlihat di atas dan disebut sebagai cincin **piran**. Glukosa dengan struktur piran disebut sebagai **glukopiranosa**.

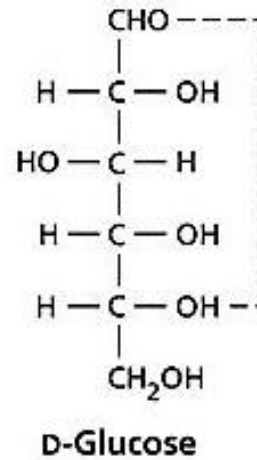
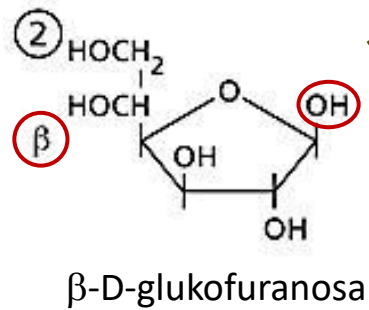
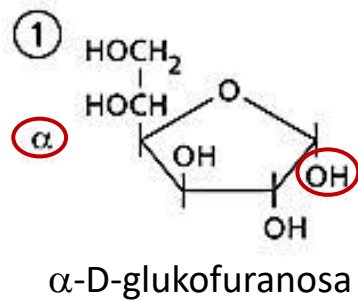
Bentuk lain dari rumus bangun cincin glukosa adalah **furan**. Glukosa dengan rumus bangun furan disebut sebagai **glukofuranosa**.



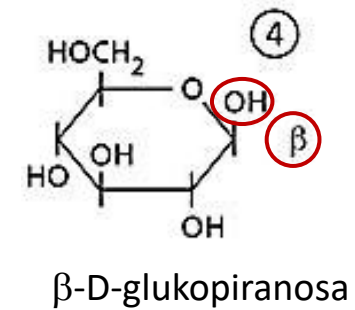
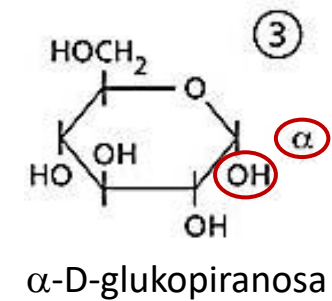
# Sifat Monosakarida

## Penyederhanaan Rumus Bangun

Bentuk furanosa



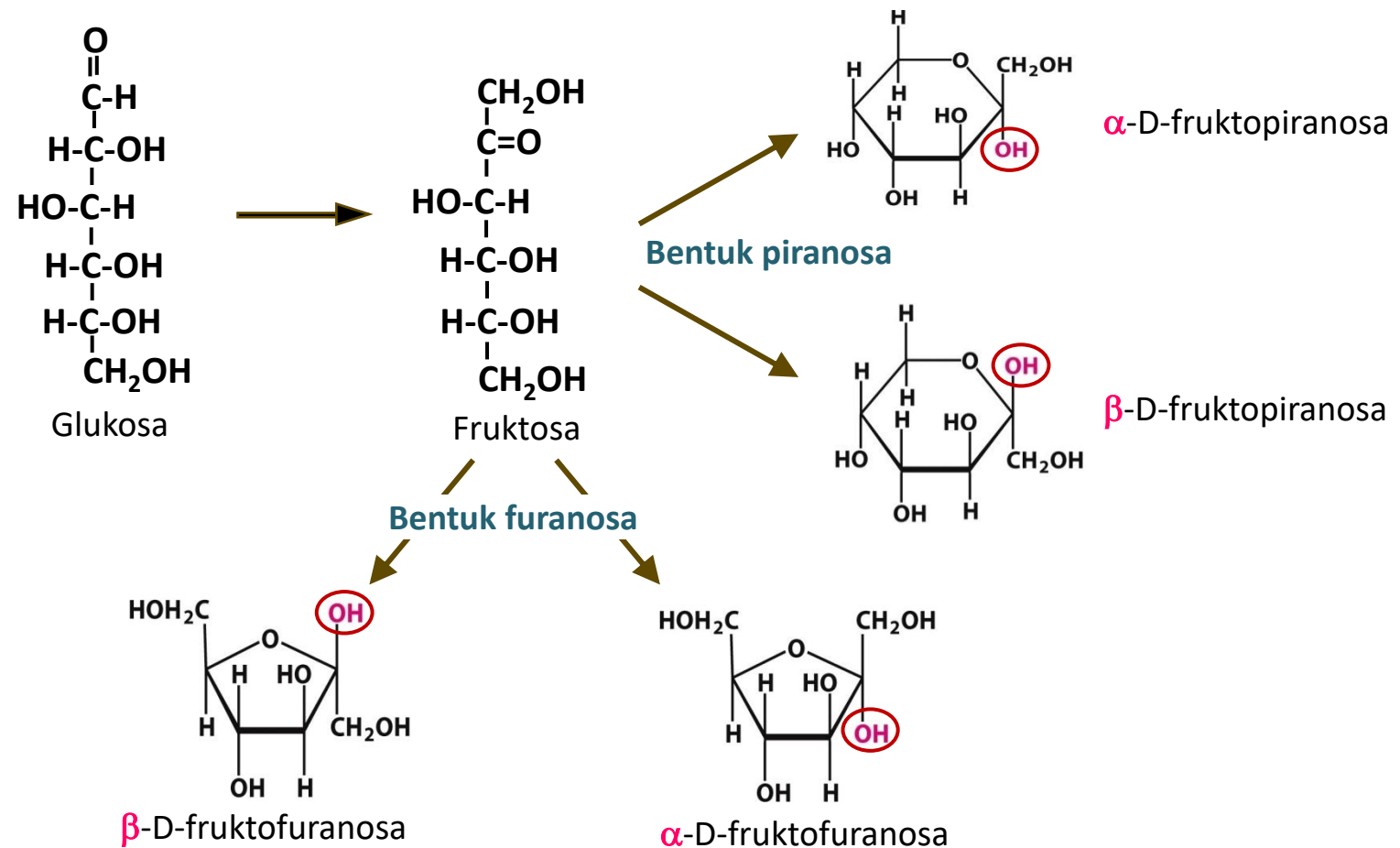
Bentuk piranosa



# Sifat Monosakarida

## Isomerisme aldosa-ketosa

Isomerisme atau interkonversi glukosa (aldosa) menjadi fruktosa (ketosa), keduanya memiliki rumus kimia sama  $C_6H_{12}O_6$  namun rumus bangun yang berbeda.



# Sifat Monosakarida

---

## Isomerisme aldosa-ketosa

Reaksi interkonversi dari glukosa ke fruktosa merupakan prinsip utama yang digunakan dalam pengembangan industri sirup fruktosa melalui proses hidrolisis pati dengan menggunakan enzim-enzim pemecah pati dan enzim glukosa isomerase yang mengubah glukosa menjadi fruktosa.

## Reaksi Monosakarida

Selain isomerasi (interkonversi), reaksi penting monosakarida lain adalah terkait dengan reaksi **oksidasi-reduksi antara monosakarida dan hidroksi logam**.

Untuk identifikasi gugus aldehid atau keton pada monosakarida dan sekaligus mengidentifikasi sifat pereduksi dari gula digunakan larutan **Fehling**.

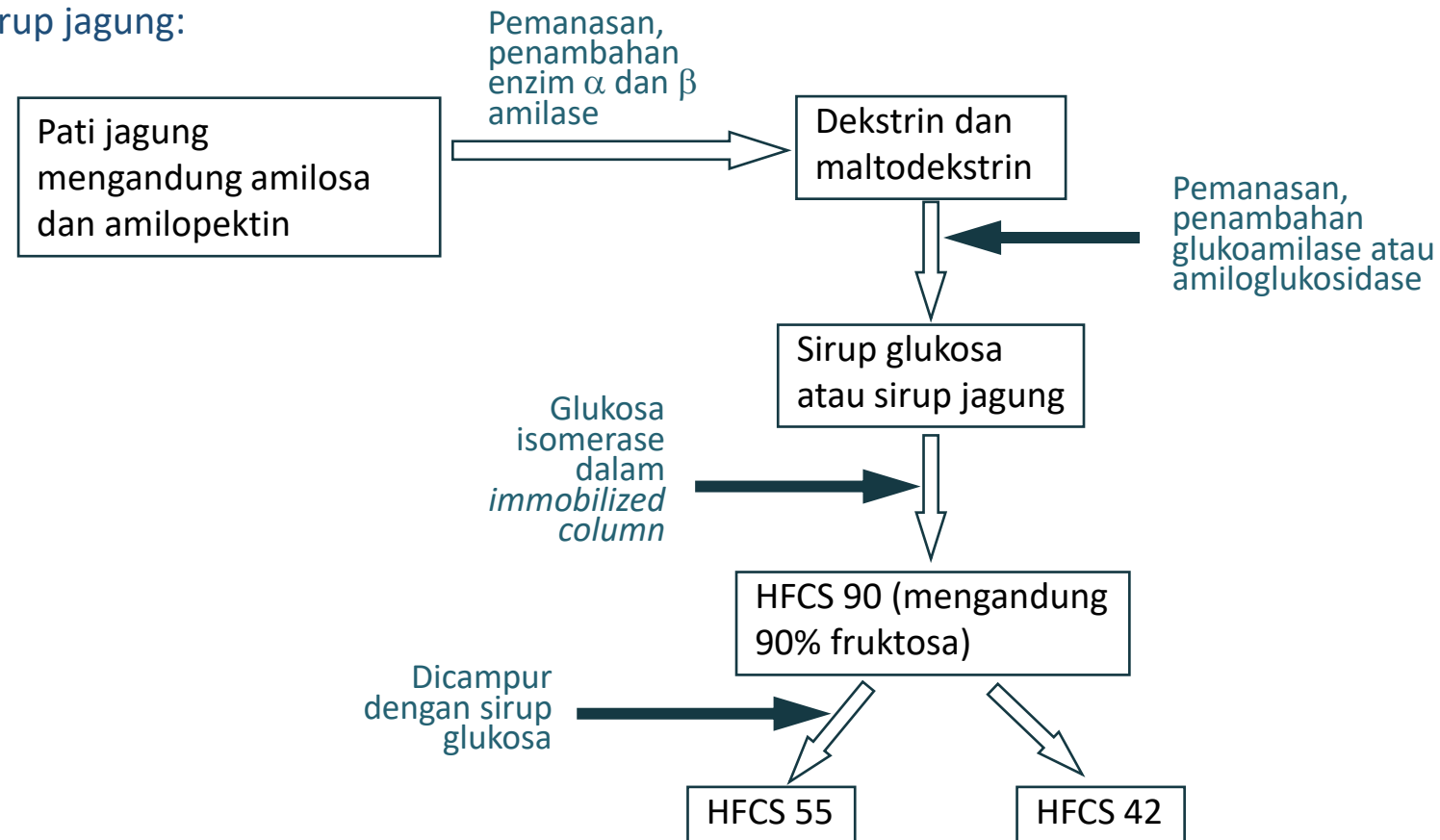
Larutan **Fehling**, dibuat dengan melarutkan logam alkali dalam kalium-natrium tartrat (garam rochelle).

Selain larutan Fehling, larutan lain yang dapat digunakan untuk identifikasi tersebut adalah larutan **Benedict**. Larutan Benedict dibuat dari logam alkali yang dilarutkan dalam natrium sitrat.

# Sifat Monosakarida

## Isomerisme aldosa-ketosa

Pembuatan *High fructose corn syrup* (HFCS) atau sirup jagung:



# Sifat Monosakarida

## Reaksi Monosakarida

Reaksi penting monosakarida lain dalam pangan adalah terkait dengan pembentukan flavor dan warna pangan yang melibatkan reaksi **oksidasi-reduksi antara gula pereduksi dengan asam amino**.

Reaksi antara gula pereduksi dan asam amino dengan adanya pemanasan disebut sebagai reaksi **Maillard**. Reaksi ini dimulai dengan reaksi antara gugus karbonil gula pereduksi dengan gugus amin dari asam amino atau protein.

Reaksi Maillard merupakan reaksi yang cukup kompleks yang memberikan hasil akhir warna kecoklatan dan sensasi flavor karamel pada pangan yang diolah dengan pemanasan.

Sebagai contoh reaksi Maillard pada produk olahan karamelisasi:



# Sifat Monosakarida

---

## Sumber Monosakarida

**Glukosa** umum dijumpai dalam buah-buahan dalam jumlah kecil dan dalam jumlah yang besar dapat dijumpai dalam anggur dan ceri.

**Fruktosa** dalam jumlah besar banyak dijumpai dalam buah-buahan dan madu.

**Galaktosa** jarang ditemukan dalam bentuk bebas, biasanya dalam bentuk ikatan dengan glukosa dalam bentuk gula susu (laktosa).

Dalam jumlah yang kecil dari gula-gula sederhana dalam buah dan sayuran seperti: Xylosa, arabinosa, manosa dan maltosa.

**Sumber lain** monosakarida adalah hasil hidrolisis polisakarida dengan menggunakan enzim amilase dan glukoamilase, seperti yang dilakukan dalam pembuatan gula yang berasal dari pati (misalnya pati jagung).

**Di alam**, kandungan monosakarida bebas pada beberapa buah-buahan dan sayuran dapat dilihat pada Tabel 2.1 BMP Kimia Pangan (PANG4213).

Dari Tabel tersebut, kandungan glukosa dan fruktosa tertinggi ada dalam buah anggur dan ceri. Kandungan glukosa dan fruktosa terendah ada pada sayur bayam.

# Molekul Monosakarida

---

**Karbohidrat** yang tersusun dari dua, 3-10 atau >10 (polimer) molekul monosakarida dikelompokkan ke dalam Disakarida, Oligosakarida atau Polisakarida.

Masing-masing kelompok memiliki struktur, sifat dan peranan tersendiri.

## Disakarida

adalah karbohidrat yang disusun oleh dua molekul monosakarida dengan melepaskan 1 molekul air.

**Penguraian disakarida dengan hidrolisis** oleh asam, basa atau enzim akan mengikat 1 molekul air dan terbentuk dua molekul monosakarida.

**Dua dikelompokkan** disakarida, yaitu: disakarida homogen, bisa berbeda dikelompokkan dalam disakarida heterogen.

**Disakarida homogen**, dua molekul monosakarida pembentuknya sama seperti: maltosa, selobiosa, isomaltosa dll.

**Disakarida heterogen**, dua molekul monosakarida pembentuknya tidak sama, seperti: laktosa, laktulosa, melibiosa dan sukrosa.

# Molekul Monosakarida

## Disakarida

**Laktosa**, terdapat dalam susu dan disebut sebagai gula susu.

**Sukrosa**, terdapat dalam tebu ( $\pm 13\%$ ) dan umbi bit ( $\pm 6\%$ ) yang keduanya digunakan sebagai bahan dasar pembuatan gula pasir. Buah-buahan tropis memiliki kandungan sukrosa tinggi ( $\pm 8,1\%$ ).

**Sifat kemanisan dan kelarutan**, dua hal penting disakarida. Sebagai pembanding tingkat kemanisan digunakan kemanisan sukrosa (100%).

Semakin tinggi kelarutan suatu gula semaking tinggi tingkat kemanisannya dibanding sukrosa.

### Sifat kemanisan dan kelarutan

Jenis	Kelarutan (g/100g air)	Kemanisa (g/100g air)
<b>Monosakarida</b>		
Fruktosa	200	173
Glukosa	83	74
Galaktosa	10	32
<b>Disakarida</b>		
Sukrosa	179	100
Maltosa	108	33
Laktosa	17	16

# Molekul Monosakarida

---

## Oligosakarida

adalah gabungan 3-10 molekul monosakarida dengan melepaskan 1 molekul air.

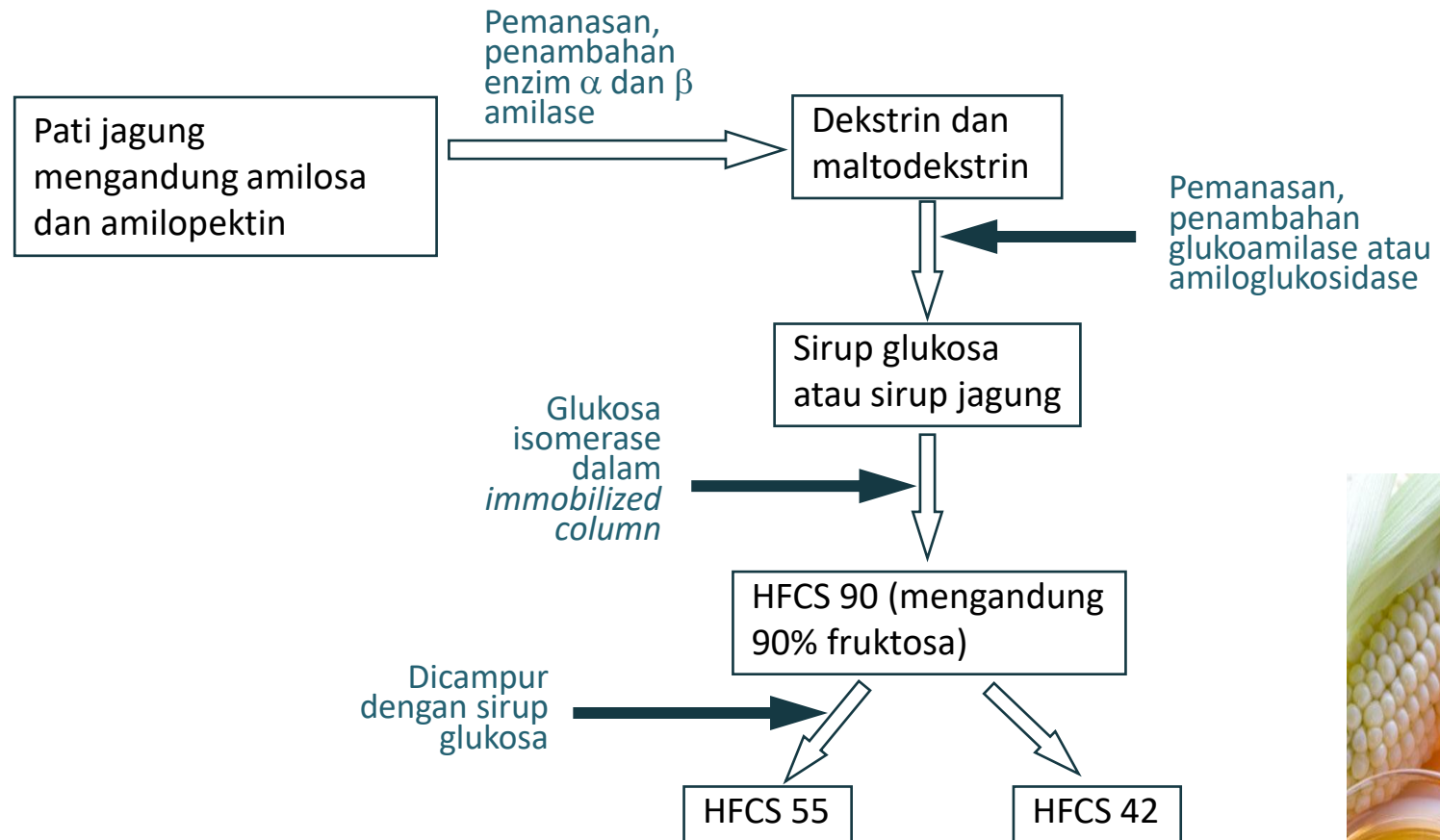
**Oligosakarida Larut** baik dalam air, dapat bersifat pereduksi atau nonpereduksi. Contoh oligosakarida triosa: maltotriosa, maninotriosa dan rafinosa.

Oligosakarida lain yang sering dijumpai:

**Oligomer maltosa** terdiri dari 4-10 monomer glukosa, terutama dalam sirup jagung HFCS *High Fructose Corn Syrup*.

**Siklodekstrin** terdiri dari 6-10 monomer D-glukosa, mampu membentuk kompleks senyawa dalam struktur cincin yang penting dalam ketahanan flavor pangan olahan terhadap proses pengolahan.

## Pembuatan *High fructose corn syrup* (HFCS) atau sirup jagung:



# Molekul Monosakarida

## Polisakarida

adalah polimer monosakarida **hasil kondensasi banyak gula sederhana**, banyak dijumpai dalam biji-bijian, buah-buahan dan umbi-umbian.

Disebut **homoglukan** bila dibentuk oleh homopolimer monosakarida dan **heteroglukan** bila dibentuk oleh heteropolimer monosakarida.

Polisakarida penting dalam pangan dan gizi:

**Pati** merupakan komponen utama diet sehari-hari sebagai sumber energi.

Polisakarida penting lainnya dalam diet: **hemiselulosa, selulosa dan pektat (pektin)**.

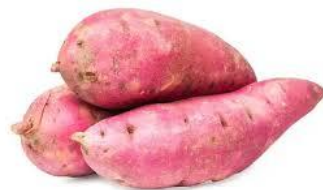


# Polisakarida

## Pati

merupakan **butiran kecil** disebut **granula**, yang bentuk dan ukurannya khas untuk masing-masing jenis pati sehingga **digunakan untuk identifikasi** yang didasarkan pada bentuk, ukuran dan sifat permukaan granula.

Sumber	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )		Suhu gelatinisasi	Bentuk granula
	Kisaran	Rata-rata		
Jagung	4-26	15	64-71	Bundar poligonal
Ubi jalar	15-55	25-50	82-83	Oval
Tapioka	5-36	20	60-70	Bundar poligonal
Gandum	2-38	20-22	53-64	Bundar
Padi	3-9	5	65-73	Poligonal



# Polisakarida

---

## Pati

Disusun sedikitnya oleh **amilosa**, **amilopektin** dan *intermediate materials*.

**Amilosa** merupakan homoglukan rantai lurus dari 200-1000 polimer  $\alpha$ -glukosa yang terikat dengan ikatan  $\alpha$ -(1-4) glikosidik.

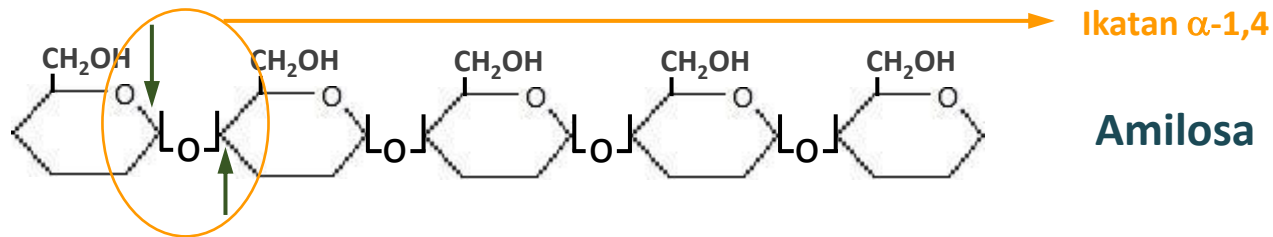
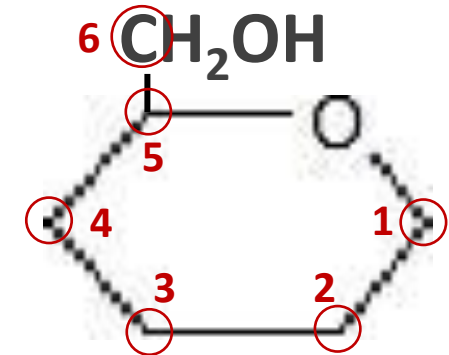
**Amilopektin** juga merupakan homoglukan dari 2000-200.000 polimer glukosa yang memiliki percabangan, rantai lurus dengan ikatan  $\alpha$ -(1-4) glikosidik dan titik percabangan dengan ikatan  $\alpha$ -(1-6) glikosidik.

**Percabangan amilopektin** terjadi pada sekitar 20-25 polimer lurus glukosa, sehingga banyaknya ikatan  $\alpha$ -(1-6) glikosidik berjumlah sekitar 4-5% dari seluruh ikatan yang ada pada amilopektin.

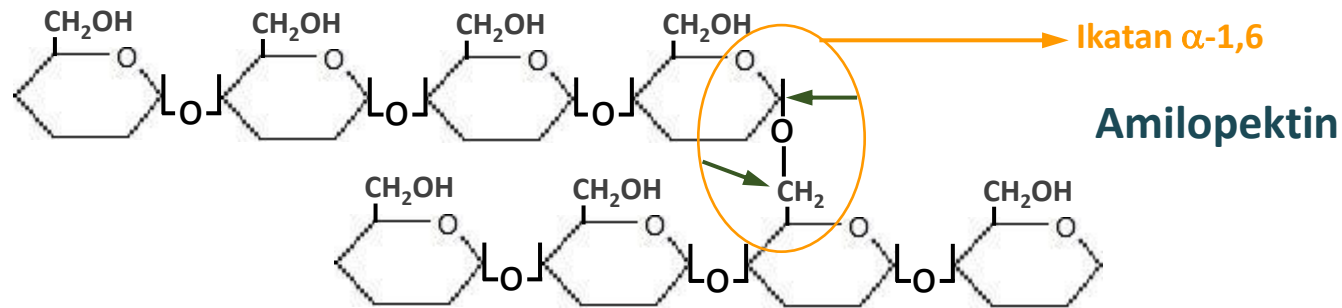
*intermediate materials* bervariasi menurut sumbernya yang dipengaruhi oleh sifat-sifat sumber. Dan dalam jumlah yang kecil berkisar 10% pada biji-bijian.

# Polisakarida

Perbandingan amilosa dan amilopektin spesifik bagi sumbernya. pada pati biji-bijian terdapat 30% amilosa dan 70% amilopektin. Rasio amilosa/amilopektin mempengaruhi karakteristik fisikokimia sumber. Pada beras, semakin tinggi amilopektin akan nasi semakin pulen, sedang semakin tinggi amilosa semakin besar pemekaran beras menjadi nasi.



**Amylose**



**Amylopectin**

# Polisakarida

## Gelatinisasi Pati

**Fenomena gelatinisasi** dimulai dengan mengembangnya butir pati akibat imbibisi air dan pemanasan. Butir pati semakin mengembang dengan meningkatnya pemanasan dan rusaknya ikatan hidrogen pada unit amorphous. Pemanasan hingga suhu tertentu granula akan pecah dan suhu saat pecahnya granula disebut suhu gelatinisasi.

### Tiga fase dalam gelatinisasi:

- ↪ Saat air perlahan bolak-balik keluar masuk ke dalam struktur granula pati.
- ↪ Saat granula berkembang dengan cepat dan kehilangan sifat kristalnya.
- ↪ Saat molekul amilosa dan amilopektin keluar dari granula dan larut dalam air.

### Karakter granulapati dari Berbagai sumber pati

Sumber	Ukuran Granula ( $\mu$ )		Suhu Gelatinisasi ( $^{\circ}\text{C}$ )
	Kisaran	Rata-rata	
Jagung	4-26	15	64-71
Ubi Jalar	15-55	25-50	82-83
Tapioka	5-36	20	69-70
Gandum	2-38	20-22	53-64
Padi	3-9	5	65-73

# Polisakarida

---

## Sumber Pati

Banyak terdapat dalam biji-bijian (pada sereal), umbi-umbian (kentang, ubi jalar, ubi kayu), buah (sukun) dan batang (pohon sagu)

**Pati** dipisahkan dengan cara ekstraksi yang didasarkan pada kelarutan pati yang cukup besar dalam pelarut tertentu, sehingga pemisahan pati dapat berlangsung dengan baik.

### Secara garis besar proses ekstraksi pati:

- **Pemecahan sel dan pemisahan pati** dari bagian lain yang tidak larut.
- **Pengambilan pati** dengan menambahkan air secara berlebih melalui pengendapan (presipitasi) pati.
- **Pengeringan pati** untuk menghilangkan sebagian besar air. Pengeringan dengan matahari efek sinar ultravioletnya dapat mengoksidasi pigmen karoten yang menjadikan pati lebih putih, namun mudah terkontaminasi dan memerlukan waktu yang lama.
- **Penepungan pati** dengan penggilingan dan pengayakan berukuran sesuai yang diinginkan.

# Polisakarida

---

## Glikogen

Polisakarida yang memiliki struktur paling mirip dengan pati terutama amilopektin.

**Cadangan karbohidrat** dalam tubuh hewan dan manusia yang terdapat pada hati dan otot, yang dapat diuraikan menjadi gula darah.

**Perbedaan dengan amilopektin** glikogen memiliki lebih banyak percabangan ( $\alpha$ -1,6) yang terjadi pada setiap 11-18 satuan glukosa.

## Selulosa

Polisakarida yang memperkuat struktur sel tanaman. Homopolimer dari glukosa dengan ikatan  $\beta$ -1,4. Penting dalam tekstur buah dan sayuran, semakin tinggi kristalinitas selulosa meningkatkan kekerasan tekstur.

**Tidak** terdapat ditemukan pada hewan dan tidak dapat dicerna oleh manusia namun memiliki peranan penting dalam pencernaan.

Kandungan utama kapas dan kayu. Kertas dibuat dari pulp kayu. Selulosa memiliki berat molekul 600.000 – 1.500.000.

Selama proses ekstraksi, selulosa mengalami depolarisasi menghasilkan berbagai produk.

# Polisakarida

---

## Hemiselulosa

Dibangun oleh berbagai gula sederhana pentosa (xilosa dan arabinosa) dan beberapa heksosa (glukosa, galaktosa dan mannanosa). Rantai utama terdiri dari polimer  $\beta$ -1,4 D-xilopiranosil yang memberikan struktur mirip selulosa.

## Pektat

Dibangun oleh polimer asam  $\alpha$ -1,4 D-galakturonat dan atau metil ester galakturonat.

Dibedakan berdasarkan kandungan metil esternya. **Derajat esterifikasi (DE)** menyatakan persen residu asam glukoronat yang teresterifikasi.

**Protopektin**, senyawa pektat yang larut dalam air dan terdapat dalam buah dan sayuran mentah. Memiliki DE yang tinggi yang bertanggungjawab pada kekerasan tekstur .

**Asam pektinat** senyawa pektat dengan DE sedang. Senyawa pektat yang hanya terdiri dari asam galakturonat saja memiliki DE =0 disebut **asam pektat**. Istilah pektin digunakan untuk asam pektinat yang mampu membentuk gel dalam kondisi tertentu.

## Polisakarida Lain

---

**Inulin** pati yang ditemukan dalam umbi dan akar dahlia, antichoke dan dandelion. Mudah terhidrolisis menjadi fruktosa karenanya disebut fruktosan. Inulin digunakan dalam menentukan kecepatan filtrasi glomerulus ginjal.

**Dekstrin** substansi yang terbentuk dalam proses pemecahan hidrolisis pati. Limit dekstrin merupakan produk yang terbentuk pertama kali ketika proses hidrolisis mencapai suatu derajat percabangan tertentu.

**Gom** dihasilkan dari batang pohon akasia, merupakan polimer heterosakarida dengan rantai cabang asam uronat. Memiliki nama dagang Gom Arabika yang paling baik berasal dari *Acacia senegal*. Sering digunakan sebagai zat pengental (*thickening agent*) dalam industri pangan.

**Agar** ekstraksi rumput laut (*Geldium algae*, *Gracilaria* dan genus lainnya). Larut terutama dalam air panas dan membentuk gel. Merupakan rantai lurus homopolimer galaktosa yang dapat dicerna manusia.

**Asam alginat** dari ganggang laut *Macrocytis pyriferal* merupakan polimer asam manuronat.

**Karageenan** merupakan ekstraksi rumput laut alga merah (*Chondrus crispus* dan *Gigartina stellata*) di Irlandia. Merupakan polimer galaktosulfat. Dalam pangan berfungsi sebagai pengental, penstabil emulsi, pencegah sineresis dan penstabil es krim.

# TERIMA KASIH

FOR YOUR ATTENTION

2025-2026

