

HAND-OUT MATAKULIAH **KIMIA PANGAN**

WAHIDAH MAHANANI RAHAYU, S.T.P., M.Sc.
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN

PENGARUH PENGOLAHAN TERHADAP ZAT GIZI



PENGARUH PENGOLAHAN THD ZAT GIZI

Tujuan Pengolahan Bahan Panan:

1. Untuk pengawetan (pengeringan, pembekuan, pengalengan dll.)
2. Membuat produk yg disukai (roti, kue, keju, sirup dll.)
3. Membuat bhn pangan dpt segera disajikan (pengupasan, penyisiran, pemanasan dll.)
4. Keamanan pangan (membunuh mikrobia patogen, menghilangkan antigizi dan racun)



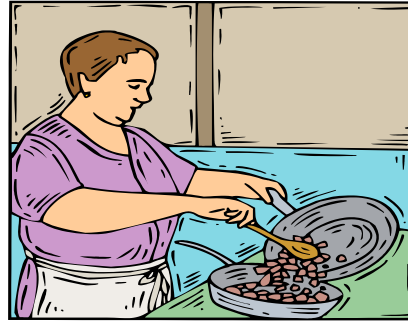
Kondisi Pengolahan

- pH
- oksigen
- panas
- cahaya

Berpengaruh thd Nilai Gizi bhn pangan, aktivitas mikrobia dan enzim

- **Efek Pengolahan berbeda-beda tergantung dari:**

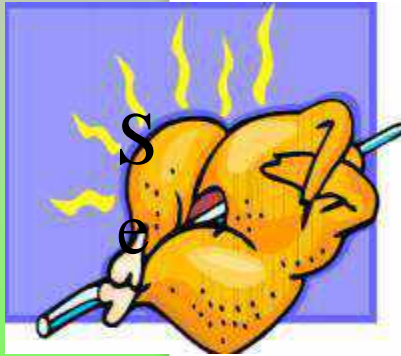
- Jenis bahan pangan
- Tipe pengolahan
- Kondisi proses



- ❖ **Usaha memperkecil kehilangan gizi krn pengolahan:**

- Menghentikan proses setelah kurun waktu tertentu, dan pengolahan hanya dilakukan untuk menginaktifkan enzim dan mikrobia patogen/pembusuk
- Penggunaan panas yang tidak terlalu tinggi → pasteurisasi
- Kombinasi sistem pengolahan, misal pemanasan + zat additive
- Penggunaan pH rendah
- Nutrifikasi/fortifikasi (penambahan zat gizi dari luar)

• Pengaruh Pemasakan thd Zat Gizi



→ Pemasakan → proses pengolahan dgn panas yg paling sederhana dan mudah dilakukan

- **Tujuan Pemasakan:**

→ memperoleh makanan yg lebih lezat dan memperpanjang daya simpan

- **Pemasakan ada 3 macam:**

1. Panas basah: perebusan dan pengukusan
2. Panas kering: pemanggangan, pengeringan, pengovenan dan penyangraian
3. penggorengan

- Selama pemasakan tjd perubahan zat gizi

→ berpengaruh thd nilai gizi

- **Perubahan yg terjadi terhadap zat gizi → Nilai Gizi**

- **Protein:**

- * Protein dipanaskan → denaturasi → daya cerna naik
- * Protein pd suhu tinggi → rusak → daya cerna turun

- **Karbohidrat:**

- * KH dengan air + panas → tergelatinisasi → daya cerna naik
- * Gula pada suhu tinggi → karamelisasi → daya cerna turun

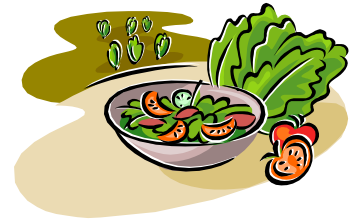
- **Lemak:**

- * lemak dipanaskan → mencair
- * lemak pada suhu tinggi → teroksidasi, polimerisasi → daya cerna turun



➤ Vitamin:

- * Vitamin pd suhu tinggi → sebagian rusak
- * pemanasan juga akan membebaskan vitamin dari ikatan senyawa lain → ketersediaan meningkat



➤ Mineral:

- * pemanasan juga akan membebaskan mineral dari ikatan senyawa lain → ketersediaan meningkat

➤ Zat anti Gizi

- * Sebagian zat anti gizi dg panas → rusak
→ pencernaan/penyerapan meningkat



APA SAJA ZAT ANTIGIZI?

• I . Pengaruh Pengolahan thd Protein

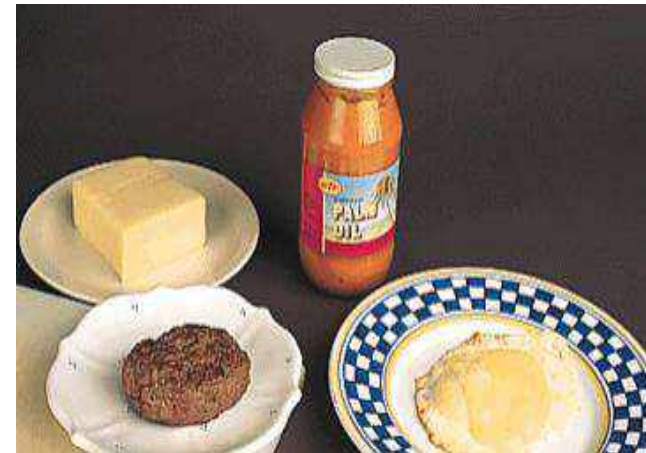
- Protein komponen yg sangat reaktif, asam amino dpt bereaksi dengan:



- gula pereduksi
- polifenol
- lemak dan hasil oksidasinya
- bahan alkali
- SO₂
- hidrogen peroksida

- **Asam amino yg paling reaktif:**

- lisin
- triptofan
- metionin dan
- sistein



- Protein/asam amino selama pengolahan akan membentuk kompleks kovalen atau teroksidasi → perubahan nilai gizi
→ daya cerna turun

- **Reaksi-reaksi yg terjadi:**

- a. **Reaksi Maillard**

- Reaksi antara protein/asam amino dg gula pereduksi
- ➔ Gugus amin ($R-NH_2$) dengan gugus karbonil ($-C=O$)
- ➔ Terjadi pewarnaan coklat (*browning*)

Contoh: - pd pembakaran roti

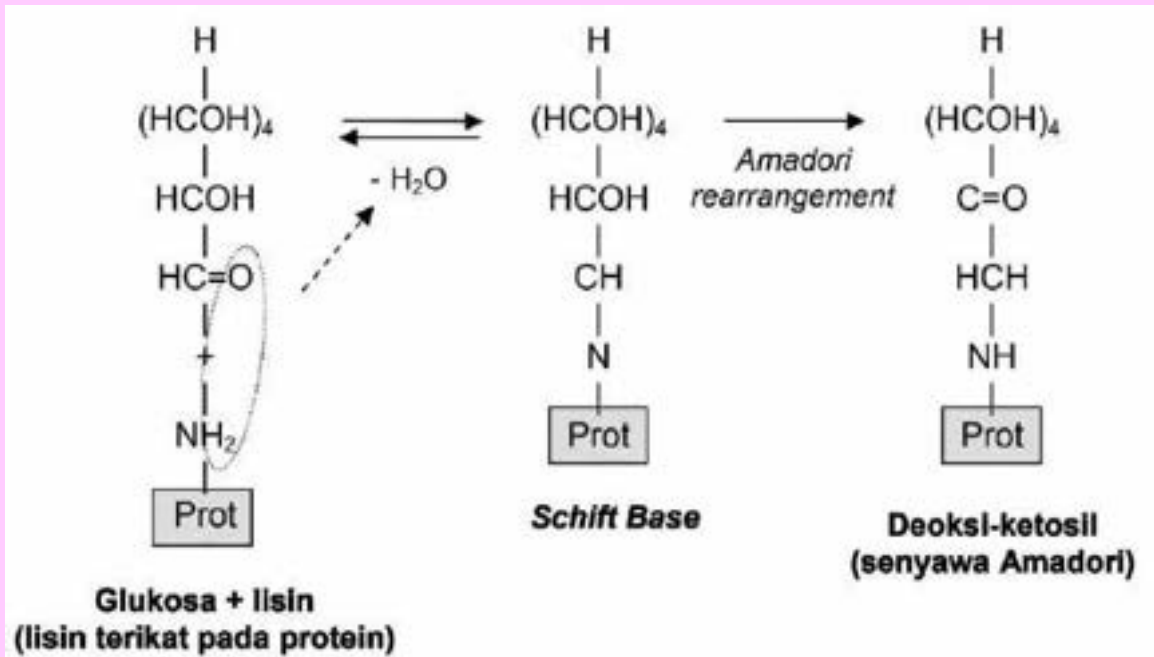
- pemanasan daging + bhn nabati
- pemanasan susu
- produksi *breakfast cereals*



➤ **Reaksi Maillard sangat kompleks → dibagi 2:**

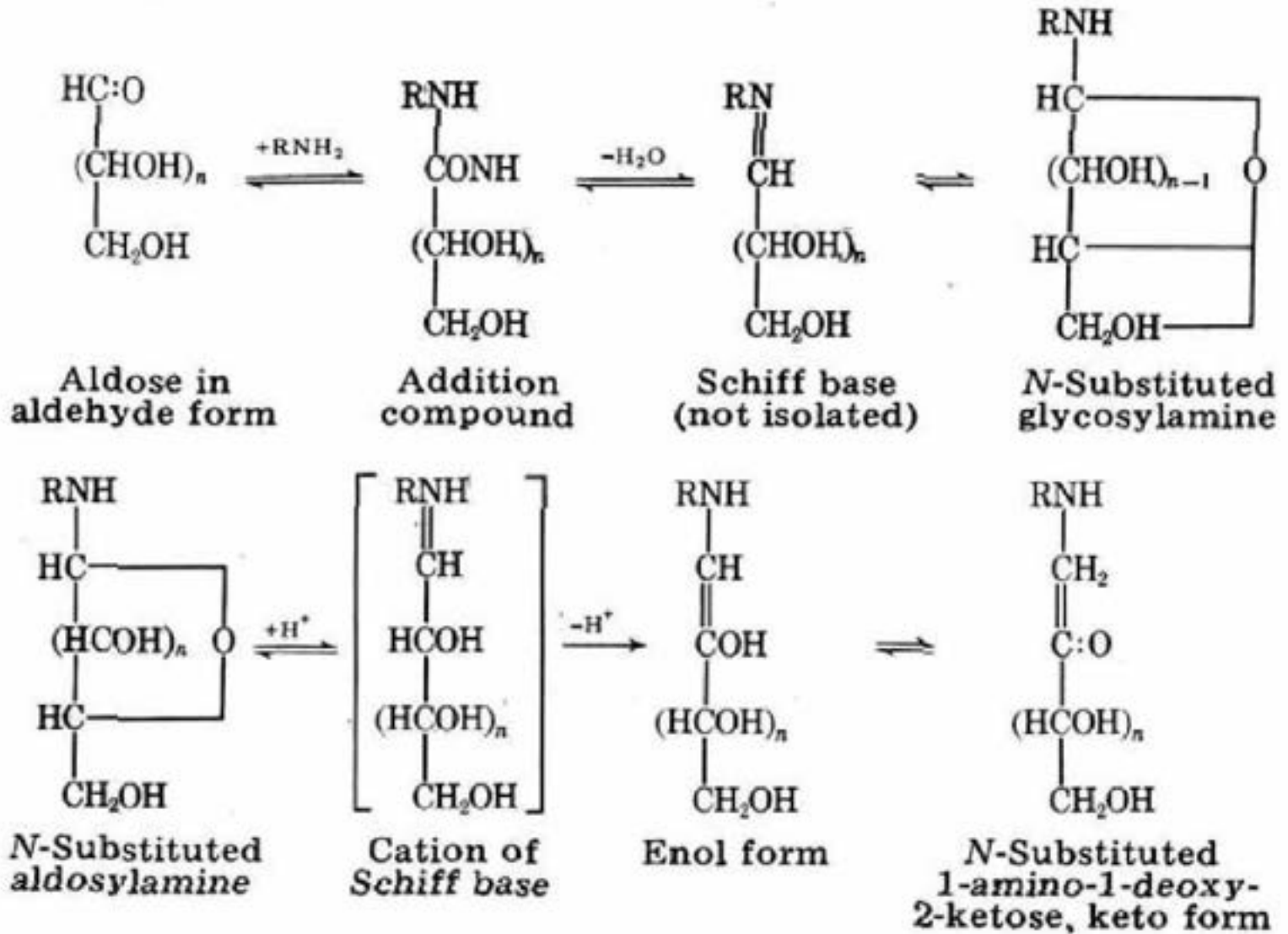
I. **Reaksi Maillard awal**

Reaksi kondensasi antara grup karbonil gula pereduksi dengan grup amino bebas protein → basa Schiff (gula aldosa → ketosa) → **produk Amadori** (turunan deoksiketosil) warna belum berubah → *unavailable protein*



Akibat reaksi maillard, lisin atau asam amino lainnya akan rusak → penurunan ketersediaan asam amino → daya cerna protein turun

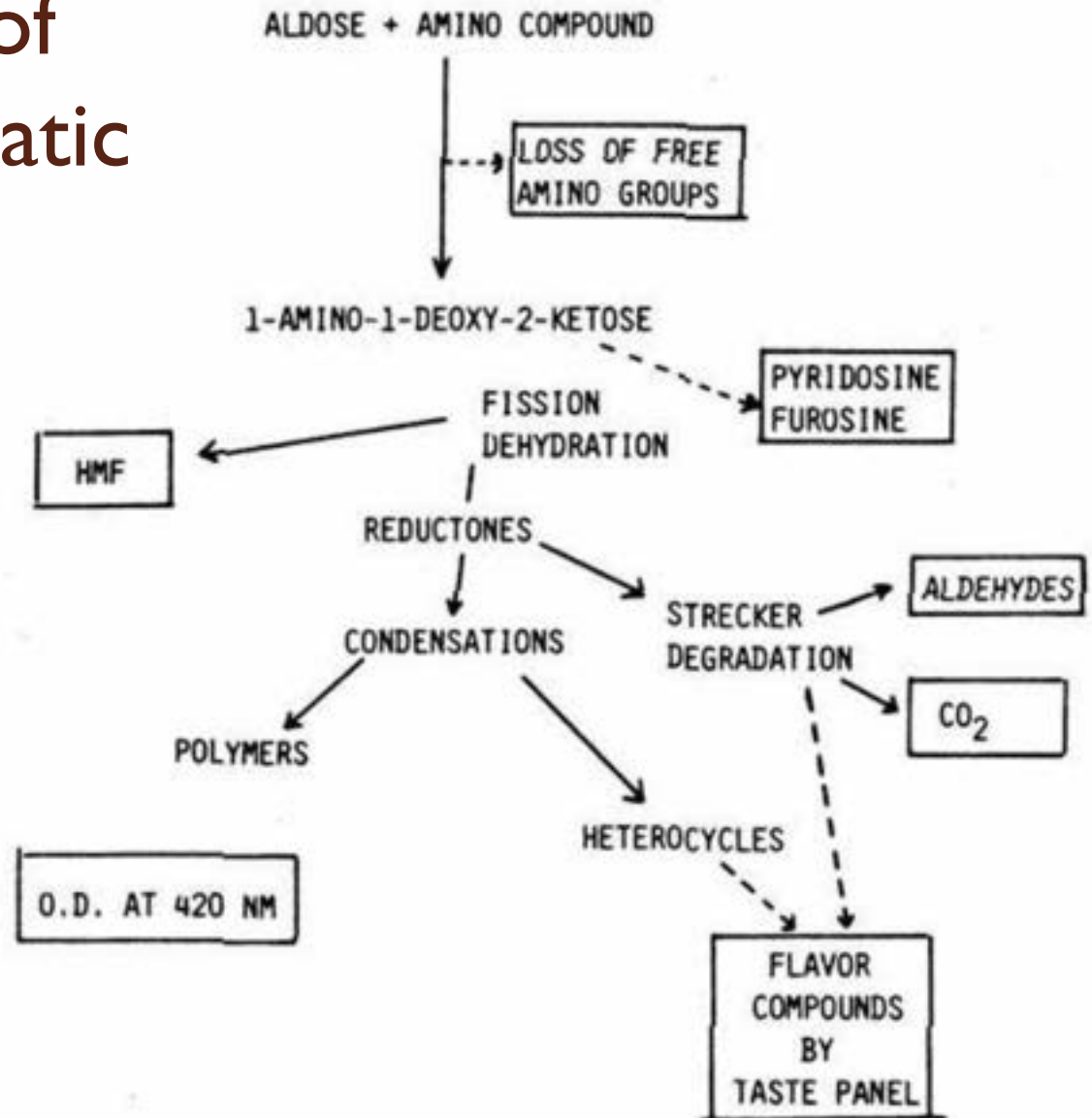
Amadori rearrangement

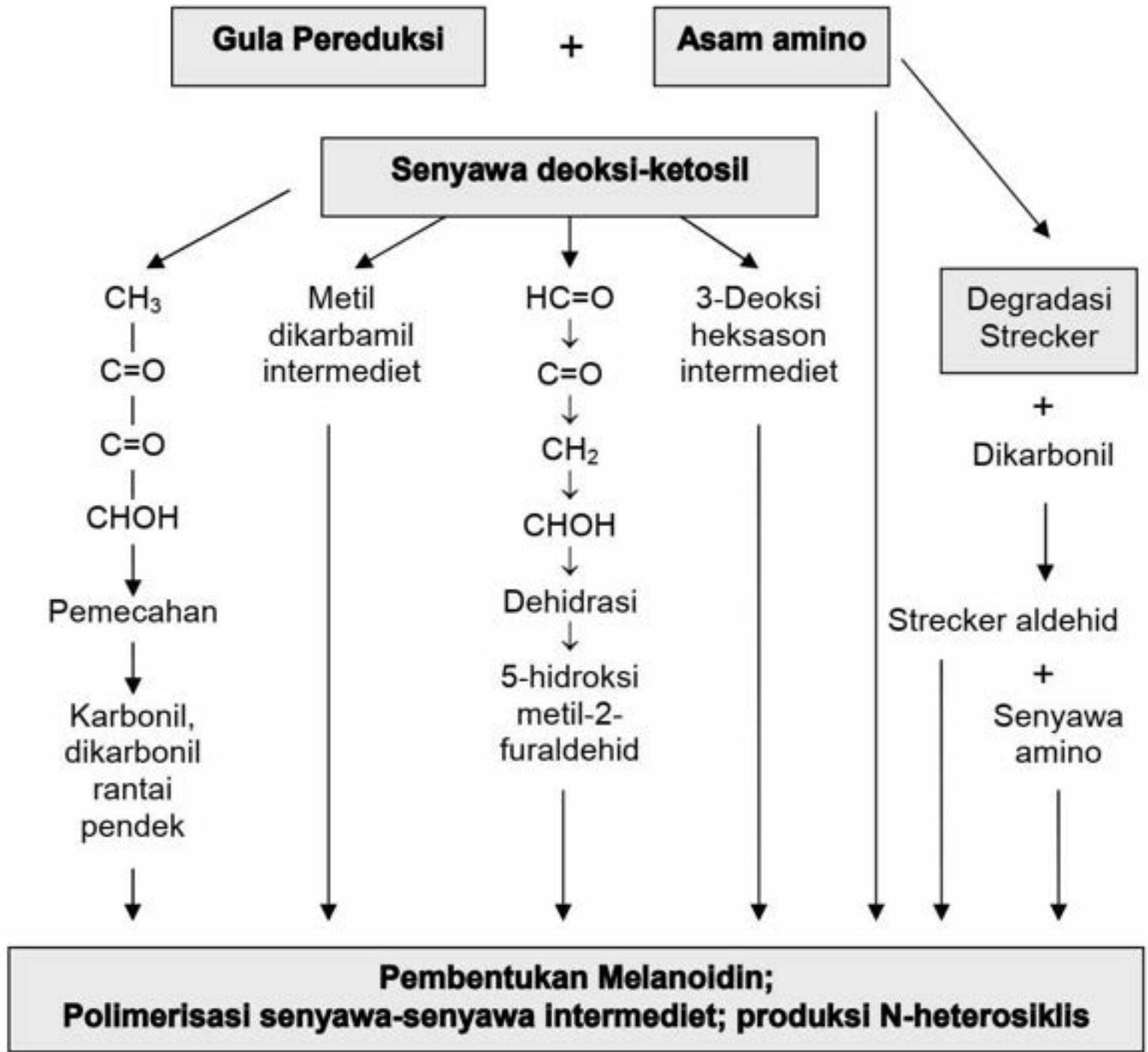


b. Reaksi Maillard Lanjutan

- Pembentukan deoksiketosil → **Melanoidin** (pigmen berwarna coklat) diduga terdapat 3 jalur reaksi:
 1. Pemecahan senyawa antara metil dikarbonil (dari degradasi gula) → aldehid, dikarbonil reduktan dan senyawa flavor (asetaldehid, piruvat dehid, diasetil dan asam asetat)
 2. Dehidrasi 3-deoksiheksason → hidroksimetil furaldehid → reaksi kompleks dan N heterosiklis (pirazin, pirol) → flavor terpanggang (*roasted, bready, mitty*)
 3. Degradasi Strecker, degradasi asam amino bebas oleh senyawa dikarbonil (terbentuk pd reaksi 1) → aldehid strecker → **Melanoidin**

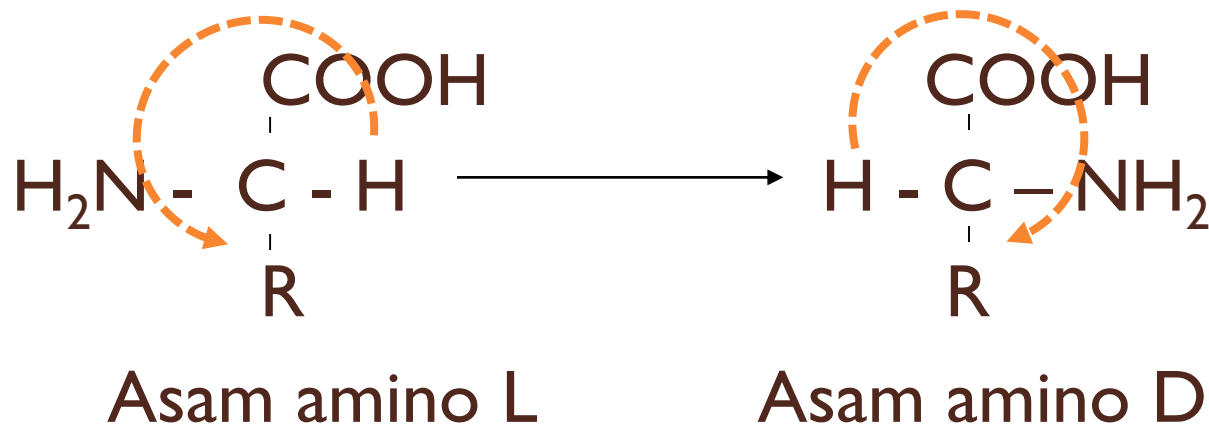
Indicators of non-enzymatic browning.





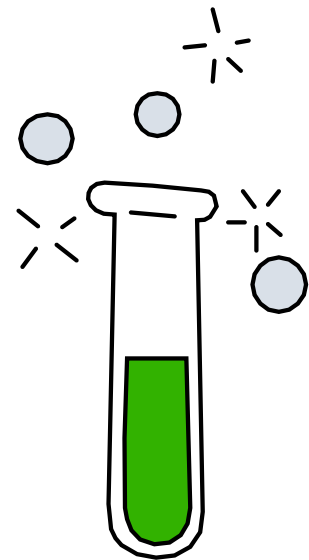
b. Reaksi Resemisasi Asam amino

- Asam amino bentuk L akan berubah menjadi bentuk D yang tidak dapat digunakan oleh tubuh
→ daya cerna turun
- Terjadi akibat perlakuan alkali, pada suasana asam, dan proses penyangraian (*roasting*)



L adalah berlawanan jarum jam

D searah jarum jam



c. Interaksi Protein dengan Polifenol

- Asam fenolat, flavonoid dan tanin + oksigen dan pH basa atau ada enzim polifenolase → teroksidasi → membentuk senyawa ortokuinon
- Ortokuinon reaktif terhadap protein → membentuk senyawa kompleks protein-polifenol
 - mengikutsertakan lisin → ketersediaan lisin turun
 - sulit dicerna enzim protease → nilai gizi protein turun

d. Pembentukan Lisinolalanin

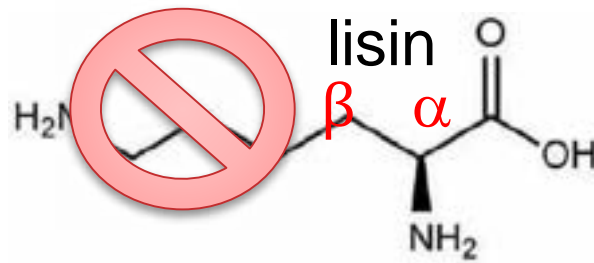
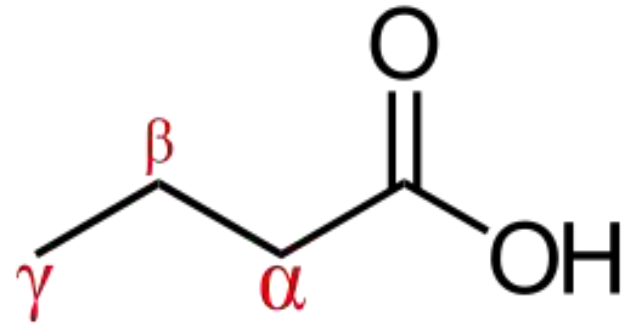
ada 2 reaksi yaitu:

1. Reaksi beta-eliminasi → perubahan struktur akibat reaksi pada situasi BASA → PROTEIN kehilangan aktivitas biologis → Sistein, serin + lisin
2. Reaksi Substitusi serin fosfat + lisin

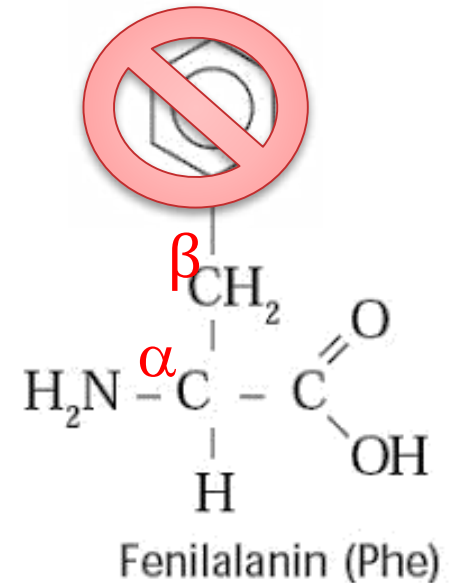
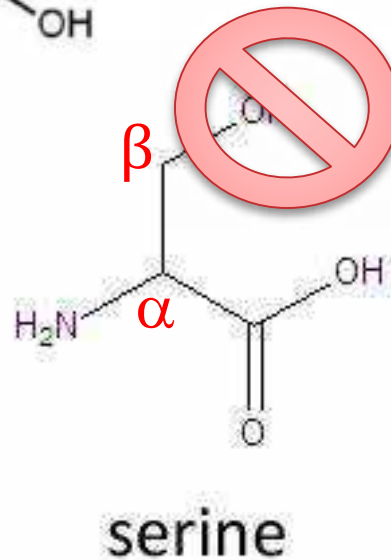
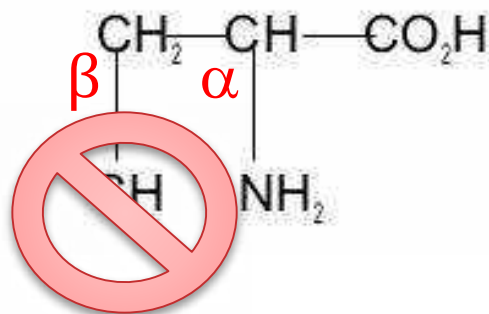


BETA ELIMINASI?

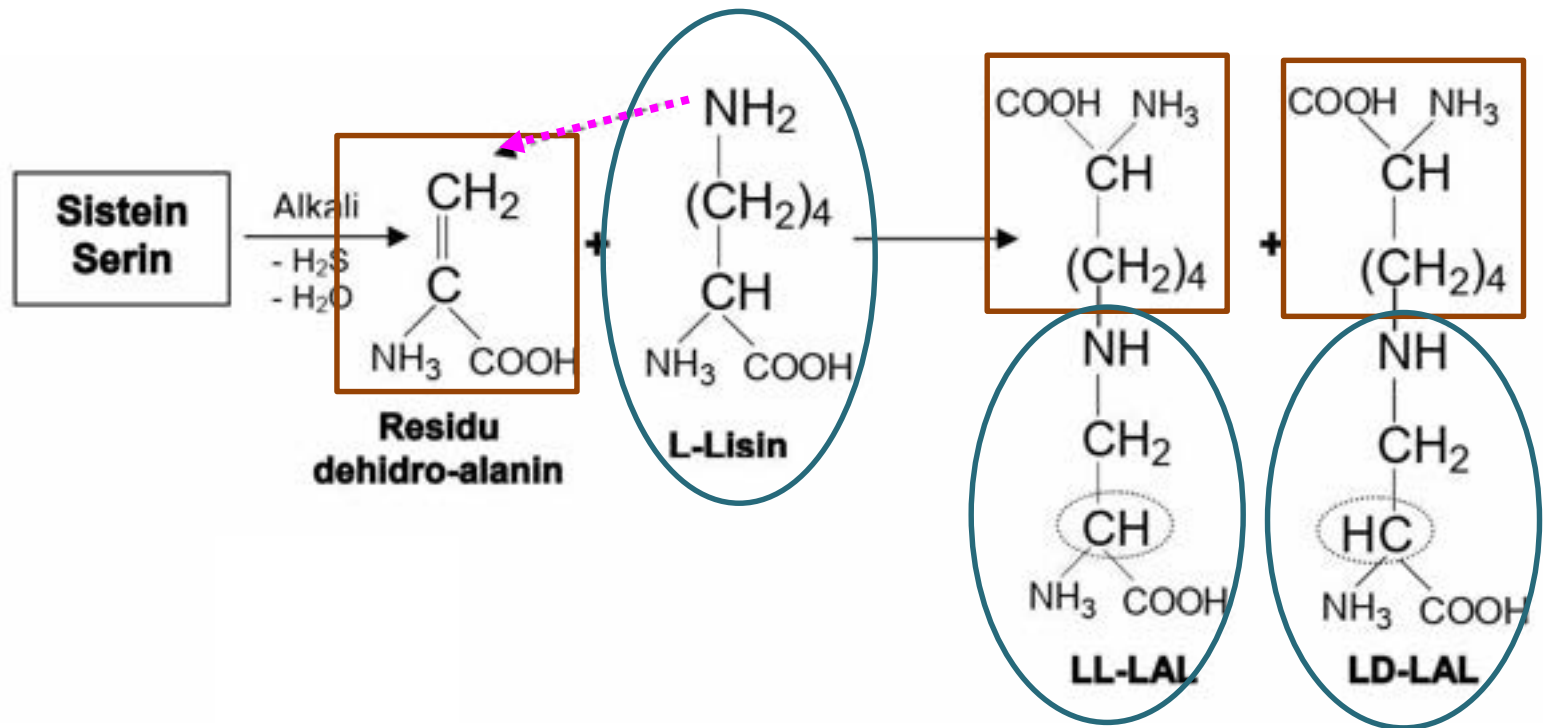
- Eliminasi atau hilangnya hidrogen atau senyawa lain dari C-beta



- Sistein



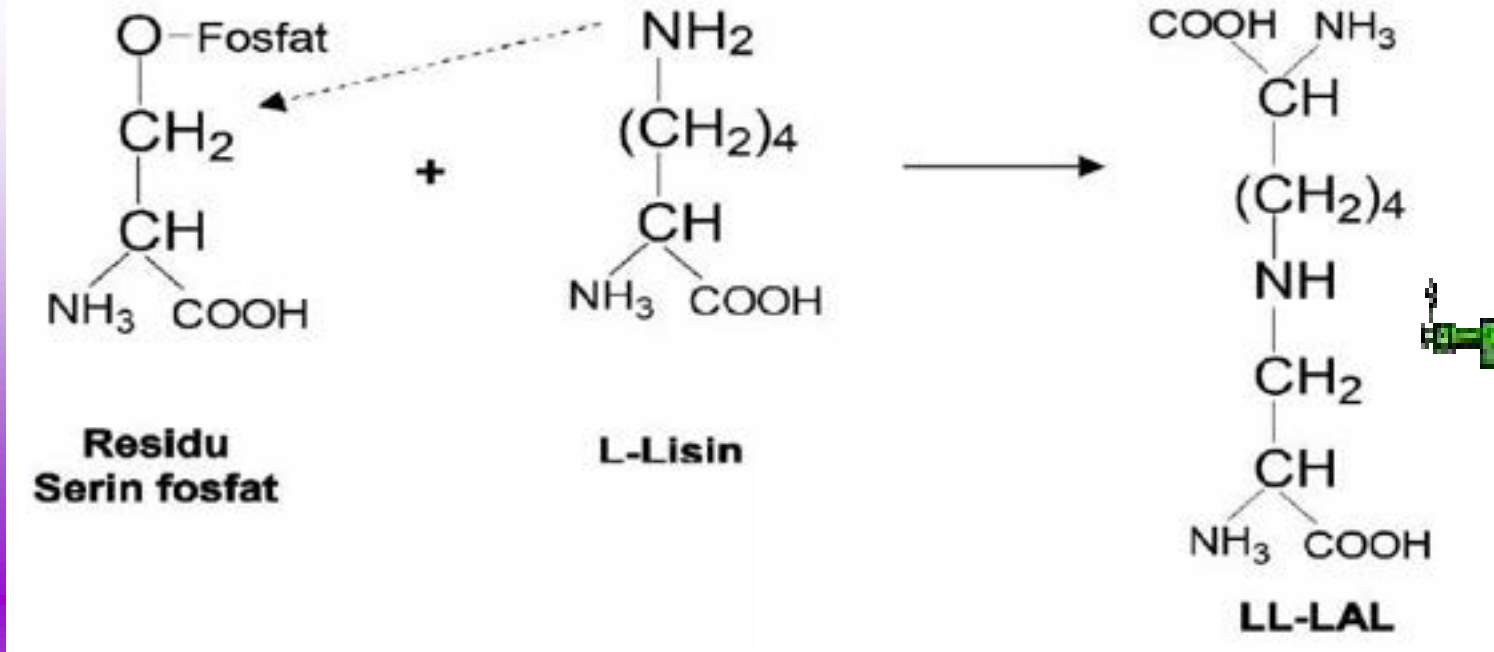
Mekanisme pembentukan lisinolalanin melalui beta eliminasi.



- Higher elimination rate prevails under alkaline conditions which ultimately lead to loss of biological activity.
- Protein residues susceptible to beta-elimination under alkaline conditions include Cys, Lys, Phe, Ser.



2. Reaksi Substitusi:



Mekanisme Pembentukan Lisinolalanin

- LAL terbentuk pada pH 9 dan meningkat dengan semakin tingginya pH
- Jml LAL tergantung dari **konsentrasi lisin** dan jumlah Sistein dan serin dalam protein

➤ **LAL → menurunkan nilai gizi dan bersifat toksik:**

- Tikus yg diberi ransum protein kedelai yg diberi perlakuan alkali → kerusakan ginjal (*nephrocytomegaly*)
- Walau belum ada pembatasan LAL tetapi perlu hati-hati terutama pada makanan bayi/balita → susu formula seminimal mungkin terbentuk LAL pd proses sterilisasi

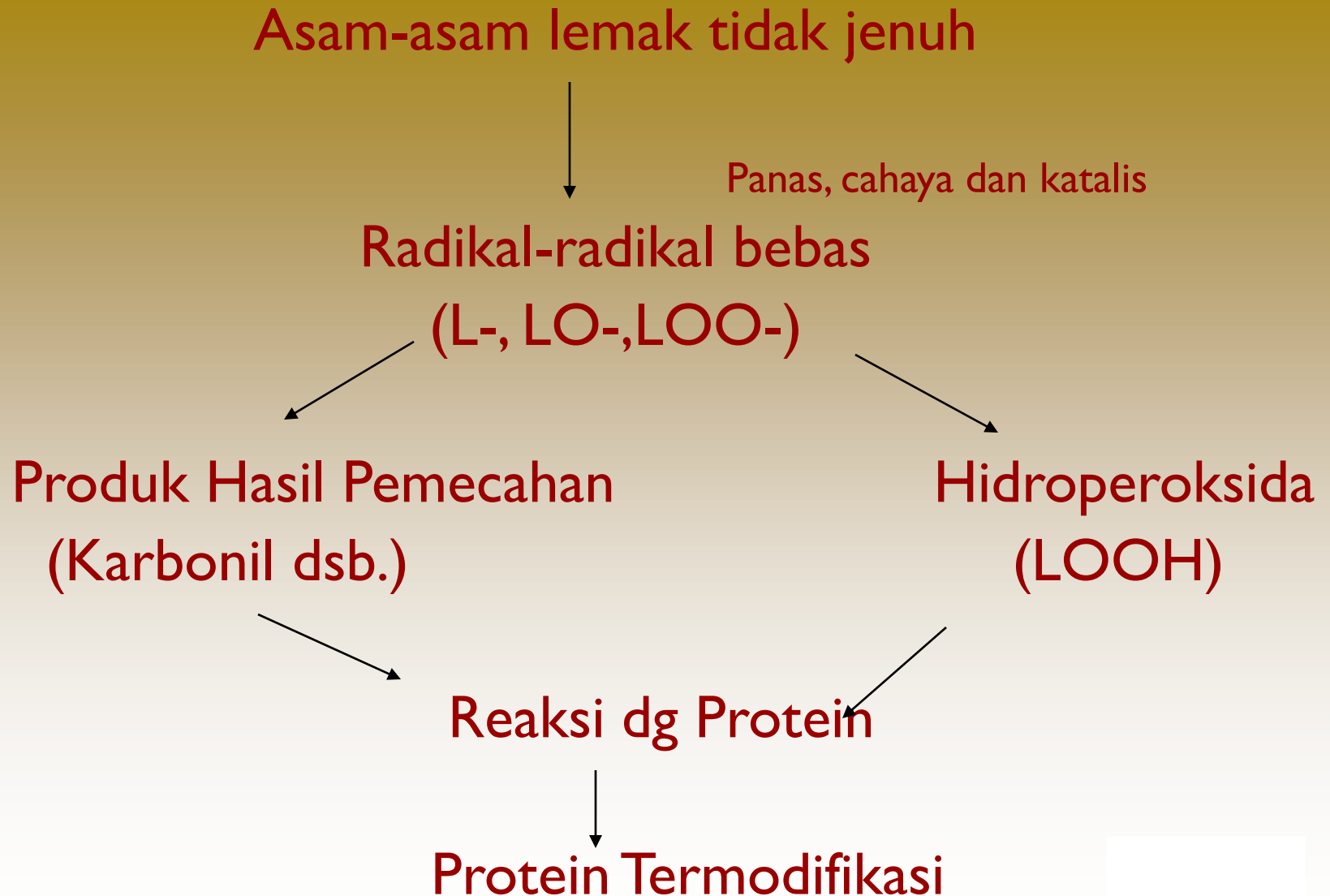
➤ **Usaha untuk menghambat pembentukan LAL:**

- Penurunan pH dan suhu → sifat fungsional yg kurang dikehendaki
- Menutupi grup epsilon-amino lisin dengan bahan pengasilasi (*acylating agents*) atau gula
- Oksidasi sistein → asam sistein sulfonat

e. Interaksi Protein dan Lipid Teroksidasi

- Oksidasi lipid berlangsung 3 tahap:
 1. Pembentukan produk primer (lipid hidroperoksida)
 2. degradasi hidroperoksida → produk sekunder: radikal bebas (aldehid, hidrokarbon dll.)
 3. Polimerisasi produk primer dan sekunder → produk yg stabil
- Lipid teroksidasi dapat bereaksi dengan protein → terbentuk ikatan menyilang (*cross linkage*) dalam rantai protein → protein modifikasi yg tahan terhadap enzim proteolitik
- Interaksi protein dengan lipid teroksidasi → nilai gizi turun

Beberapa Reaksi Produk Lipid Teroksidasi dg Protein

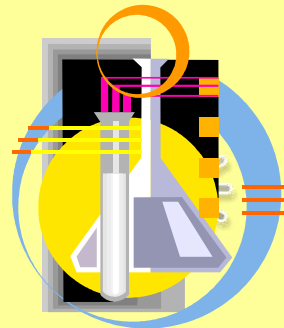


Kehilangan Asam Amino akibat Pengolahan

I. Kehilangan Secara Individual

a. Lisin

- Group epsilon asam amino lisin mudah bereaksi dengan aldehid/gula pereduksi → membentuk basa Schiff → senyawa Amadori → reaksi .Maillard lanjut → senyawa Melanoidin
- Pembentukan polimer (ikatan menyilang dlm rantai protein) → lisin rusak
- Bereaksi dengan lipid teroksidasi



Metionin

- Metionin mudah teroksidasi → metionin sulfoksida pada oksidasi lipid

c. Sistin dan Sistein

- Mudah teroksidasi
- Sistin monooksida/dioksida → beta eliminasi → dehidro alanin hasil antara pembentukan Lisinilalanin (LAL)

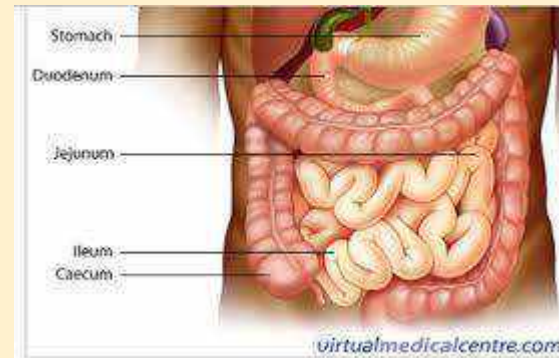


d. Triptofan

- Oksidasi triptofan → N-formil-kinurenin, kinurenin dan 2 stereoisomer dari dioksindol-3-alanin
- Triptofan dengan alhid hasil oksidasi lemak → reaksi Maillard lanjut

2. Kehilangan asam amino secara Relatif

- Kehilangan lisin dan metionin → daya cerna juga turun → yg paling penting dlm hal gizi
- Pada bahan makanan olahan selama penyimpanan → kehilangan asam amino dan daya cerna turun



- Produk-produk yang terbentuk membentuk protein modifikasi yang sulit dicerna oleh enzim proteolitik.
- Disamping itu, asam amino triptofan dan asam amino lain yang mengandung sulfur juga dapat rusak teroksidasi oleh adanya radikal bebas dan hidroperoksida.

II. Pengaruh pengolahan terhadap nilai gizi karbohidrat

Ditinjau dari nilai gizi/kecernaan, karbohidrat bahan pangan dikelompokkan menjadi 2:

1. Karbohidrat dapat dicerna:

- monosakarida (glukosa, fruktosa, galaktosa dsb);
- disakarida (sukrosa, maltosa, laktosa) serta pati



Browning reaction

- How does the thermal processing (baking) **change the aroma and flavor?**
- fresh-baked bread → flavor and aroma occur at the crust and not in the interior of the loaf.



Steamed bread?

- Steamed bread does not have the brown crust and does not have the flavor and aroma that we associate with freshly baked bread.



The browning of most baked products is by Maillard-type reactions.

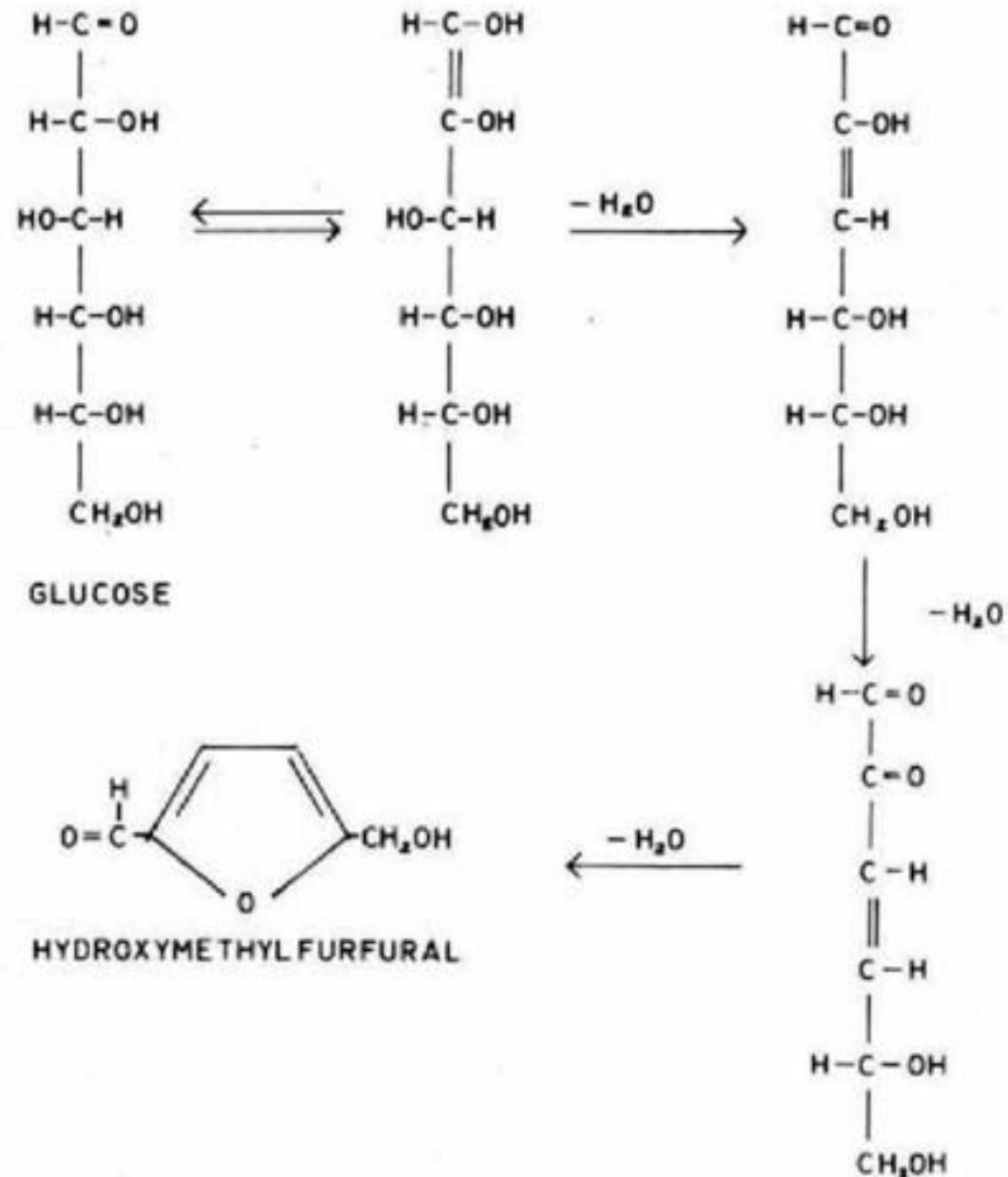
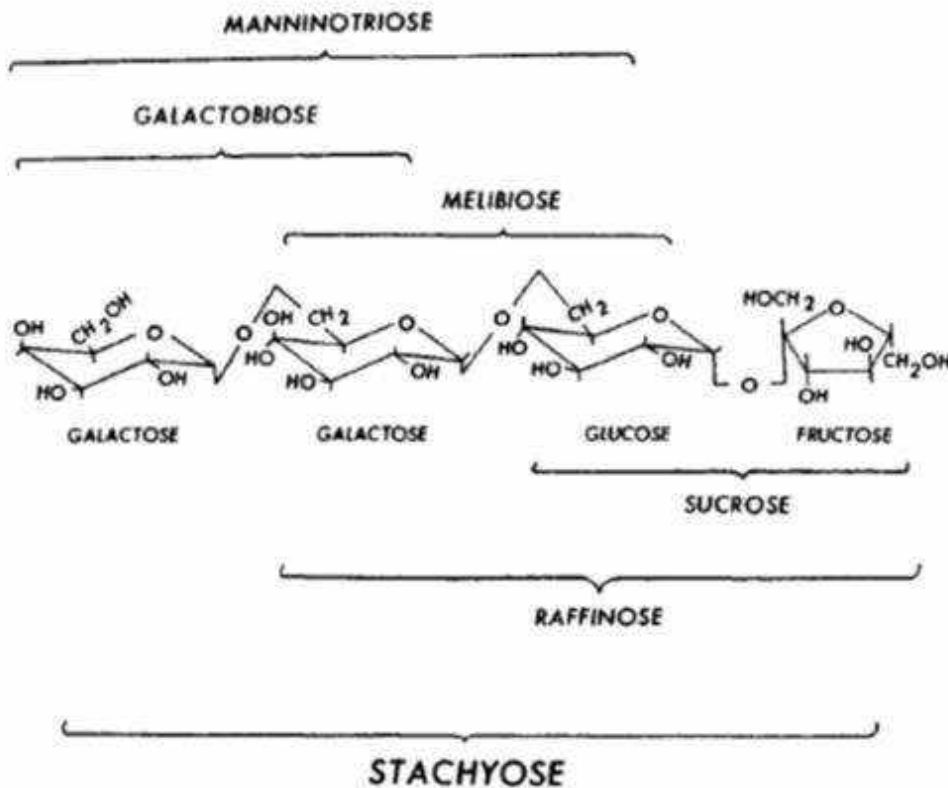


Figure 1. The conversion of glucose to hydroxymethyl furfural.

(2) karbohidrat yang tidak dapat dicerna:

a. oligosakarida penyebab flatulensi (stakiosa, rafinosa)



Stakiosa → tetrasakarida nonreduktif ($C_{24}H_{42}O_{21}$) → 3 molekul galaktosa (α -1-6 galaktosa) dan 1 molekul fruktosa (α -1-2-fruktosa).

Rafinosa → trisakarida nonreduktif → 2 molekul galaktosa dan 1 molekul fruktosa.





FLATULENSI????

- Konsumsi oligosakarida berlebih → gejala flatulensi → keadaan menumpuknya gas-gas dalam lambung.
- Fermentasi oligosakarida oleh bakteri di usus besar menghasilkan berbagai macam gas → CO_2 , hidrogen, dan sejumlah kecil metan.
- Meski tidak toksik, flatulensi dapat berakibat serius.
- Peningkatan tekanan gas → menyebabkan tanda-tanda patologis → sakit kepala, pusing, penurunan daya konsentrasi, konstipasi usus, diare.





FLATULENSI????

- Pencegahan flatulensi oleh oligosakarida →
 - Perendaman kacang-kacangan dalam air,
 - Perkecambahan
 - Fermentasi menjadi berbagai produk olahan.
- Cara lain → perlakuan enzim alfa-galaktosidase dari mikrobial.



TAPI

- Oligosakarida bermanfaat → mencegah pertumbuhan bakteri pathogen di usus.
- Bahkan ada industri di beberapa negara → sengaja memproduksi oligosakarida → dijual sebagai ingredien fungsional

- FOS
- GOS



(2) karbohidrat yang tidak dapat dicerna:

b. Serat pangan (*dietary fiber*) yang terdiri dari selulosa, pektin, hemiselulosa, gum dan lignin.

➤ Berdasarkan kelarutannya, serat pangan ada 2:

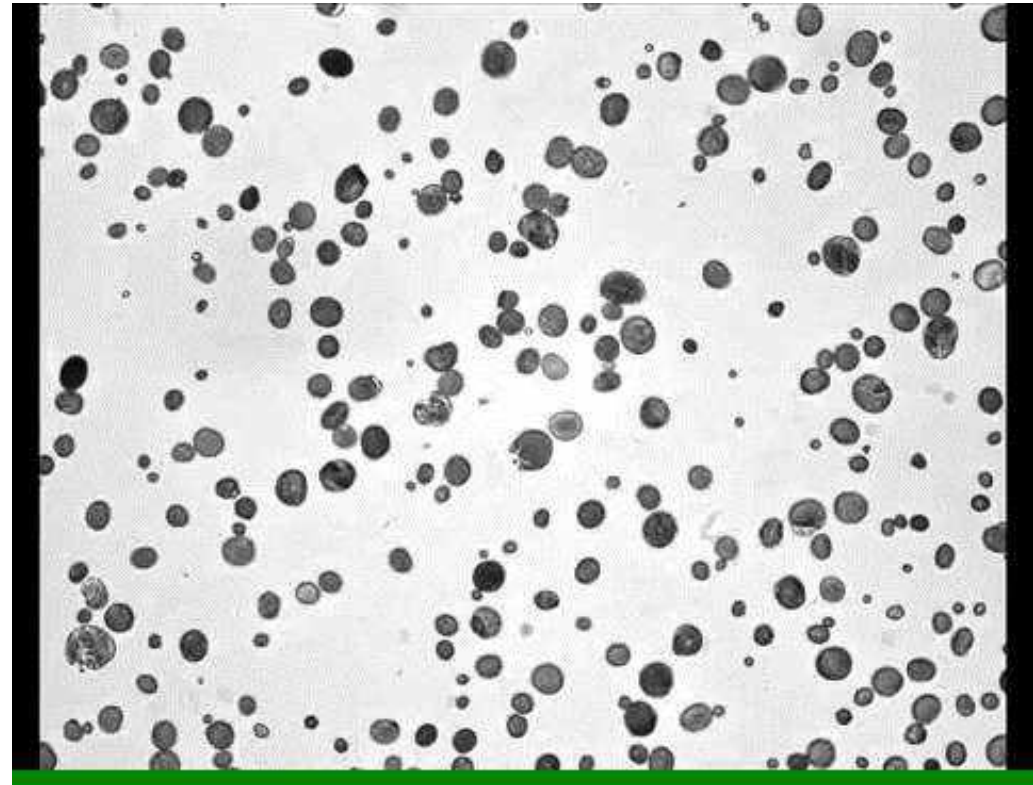
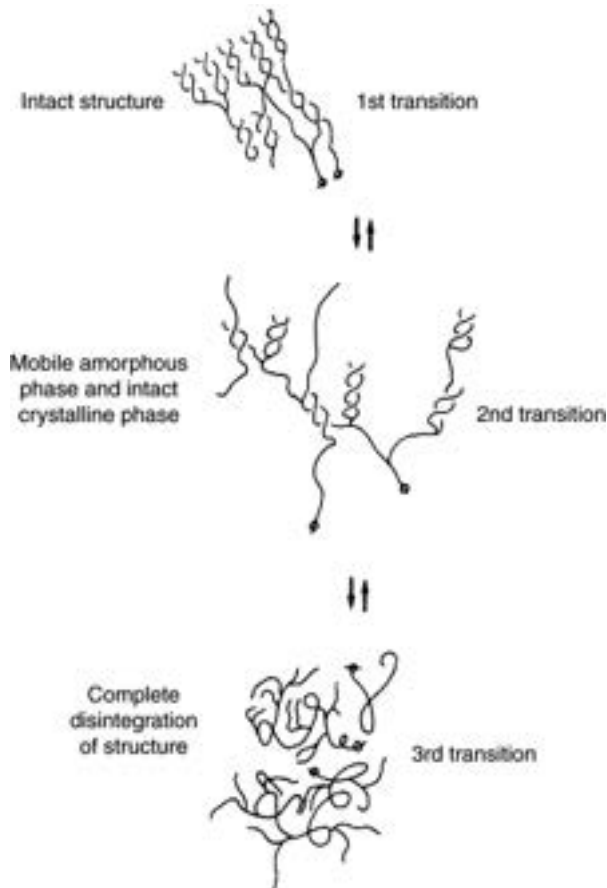
1. Serat larut air (soluble dietary fiber): Pektin, gum, musilase, agar, karagenan dan beberapa hemiselulosa

2. Serat tidak larut air (insoluble dietary fiber): selulose, lignin



Pengaruh pemasakan dan pemanggangan terhadap karbohidrat

- Pati → gelatinisasi → meningkatkan nilai cerna



Light microscopy (40x magnification) of heat gelatinization (dissolution) in water over time of wheat starch granules stained with low amounts of iodine

Pengaruh pemasakan dan pemanggangan terhadap karbohidrat

- karbohidrat sederhana → reaksi Maillard → menurunkan ketersediaan/availabilitas/kecernaan dalam produk-produk hasil pemanggangan



PROSES EKSTRUSI HTST (*HIGH TEMPERATURE, SHORT TIME*)

- Mempengaruhi struktur fisik granula pati mentah → kristalinitas menurun, lebih larut air dan mudah terhidrolisis oleh enzim.



PROSES EKSTRUSI HTST (HIGH TEMPERATURE, SHORT TIME)

- Penelitian → mengukur hidrolisis tepung dan pati gandum:
 - *in vitro menggunakan alfa-amilase saliva*
 - *in vivo dengan mengukur tingkat glukosa plasma dan insulin tikus percobaan*
- Hasil penelitian: **ekstrusi** membuat **pati lebih peka terhadap alfa-amilase** dibandingkan perebusan
- Kondisi ekstrusi yang ekstrim meningkatkan kadar gula dan insulin dalam plasma lebih cepat dibandingkan dengan proses perebusan.



- Selama ekstrusi → hasil hidrolisis pati: mono- dan oligosakarida, seperti glukosa, fruktosa, melibiosa, maltosa dan maltriosa → membuktikan polisakarida didegradasi selama proses ekstrusi
- Rantai makromolekul terpecah → amilosa dan amilopektin
- Pembentukan senyawa kompleks antara amilosa dengan lipida → **menurunkan daya cerna pati** yang banyak mengandung amilosa secara *in vitro*.



Serat pangan vs serat kasar

Serat pangan → bagian bahan pangan yang tidak dapat dihidrolisis oleh enzim-enzim pencernaan.

Serat kasar (*crude fiber*) → bagian bahan pangan yang tidak dapat dihidrolisis oleh bahan-bahan kimia yang digunakan untuk menentukan serat kasar seperti H_2SO_4 dan $NaOH$.

Nilai serat kasar biasanya lebih kecil dari serat pangan → H_2SO_4 dan $NaOH$ mampu menghidrolisis lebih banyak komponen bahan pangan dibandingkan enzim-enzim pencernaan



III. PENGARUH PENGOLAHAN TERHADAP LEMAK

❖ **Penggorengan** → Terjadi perubahan sifat fisik kimia pada bahan dan minyak goreng

➤ Jika suhu penggorengan terlalu tinggi dari suhu normal (168 – 169 °C) terjadi:

- Degradasi minyak cepat terjadi dan terbentuk **akrolein** yg terasa gatal di tenggorokan
- Ikatan rangkap teroksidasi → asam lemak bebas berbau tengik

➤ Asam lemak esensial terisomerisasi ketika dipanaskan dalam larutan alkali dan sensitif terhadap sinar, suhu dan oksigen



- Oksidasi lemak → inaktivasi fungsi biologisnya → bahkan dapat bersifat toksik.
- Penelitian → produk volatil hasil oksidasi asam lemak babi bersifat toksik terhadap tikus percobaan.
- Kecepatan oksidasi berbanding lurus dengan tingkat ketidakjenuhan as. lemak,
makin tak jenuh (makin banyak rantai ganda) → makin mudah teroksidasi

misal:

asam linolenat (**3** ikatan rangkap) lebih mudah teroksidasi daripada asam linoleat (2 ikatan rangkap) dan asam oleat (1 ikatan rangkap)



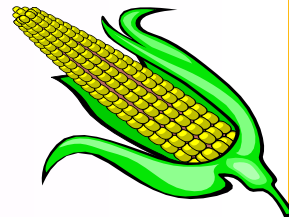
- Minyak kedelai (tinggi asam linolenat)

- kurang baik sebagai minyak goreng

- mudah teroksidasi, mudah tengik

- baik bagi kesehatan karena kolesterol darah tidak naik **JIKA TIDAK DIGORENG**

- Minyak jagung lebih baik untuk minyak goreng → asam linolenatnya lebih rendah → lebih aman

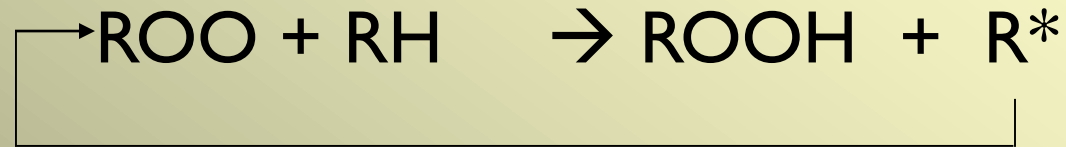
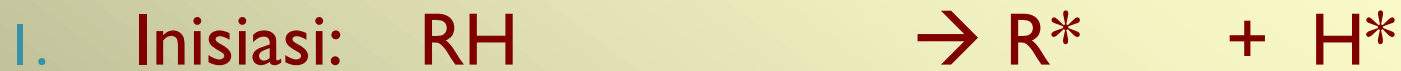


Antioksidan misal vitamin E (tokoferol) dpt mengurangi kecepatan proses oksidasi, vitamin E banyak tdpt pd lemak nabati

- Adanya logam berat (Cu, Fe, Co dan Mn) → mempercepat oksidasi lemak

- Reaksi degradasi selama penggorengan → reaksi penguraian asam lemak
- Produk:
 - Tidak menguap: dalam minyak dan bahan yang digoreng
 - Mudah menguap/volatil: keluar bersama asap
- Produk yg tidak menguap → asam lemak tak jenuh yang terkandung pada minyak goreng, reaksi:
 - Reaksi autooksidasi
 - Polimerisasi termal dan
 - Oksidasi termal
- Reaksi autooksidasi ada 3 tahap:
 1. inisiasi
 2. Propagasi
 3. terminasi





Keterangan:

RH : lemak atau minyak tidak jenuh

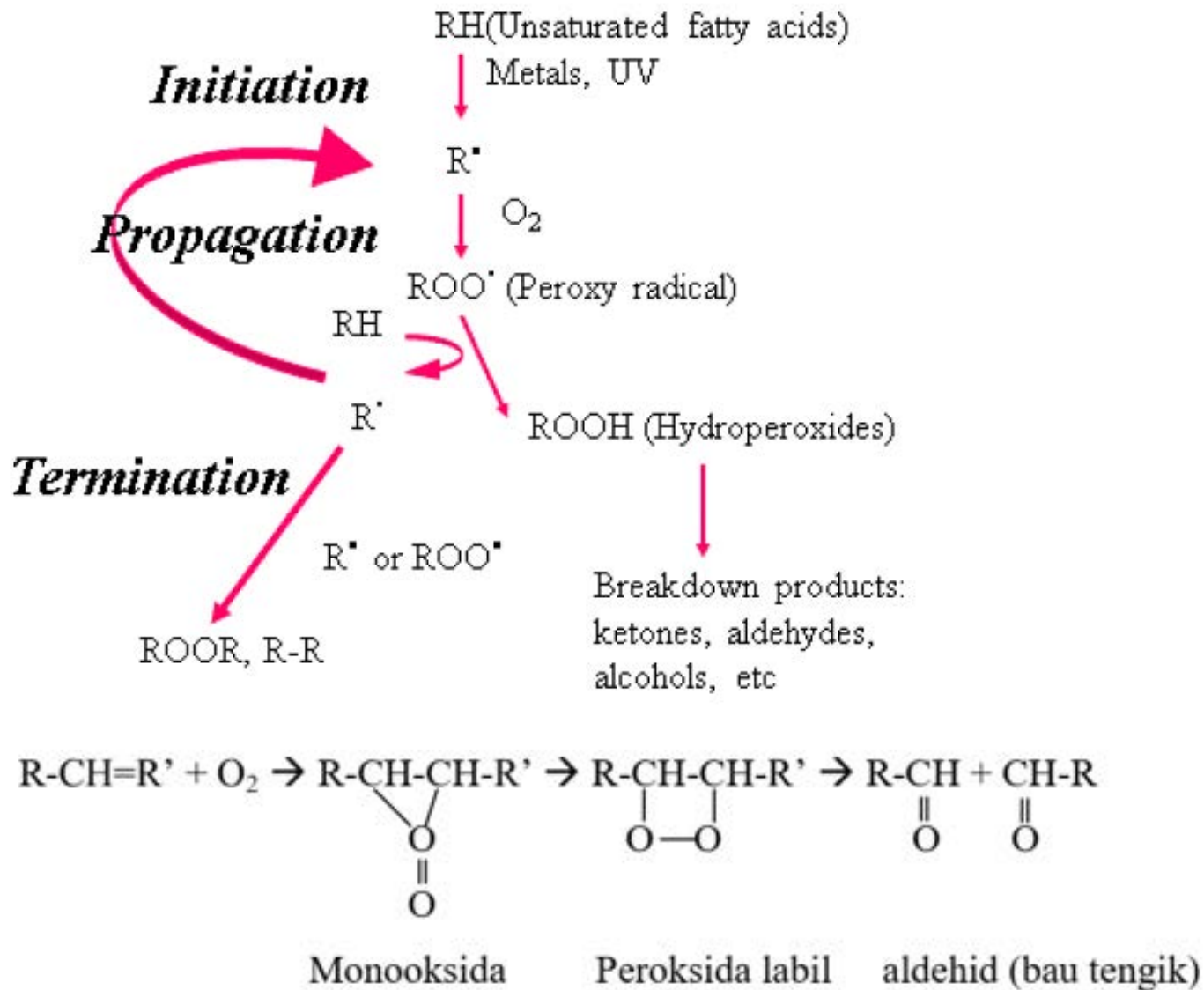
R^* : radikal bebas

ROO^* : radikal peroksida

ROOH : hidroperoksida



Autoxidation



Gambar 1. Reaksi oksidasi asam lemak tidak jenuh

Kualitas Minyak Goreng Habis Pakai Ditinjau dari Bilangan Peroksida, Bilangan Asam dan Kadar Air

Asri Sulistijowati Suroso

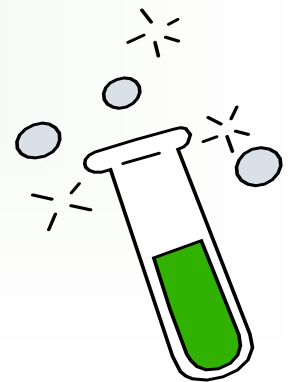
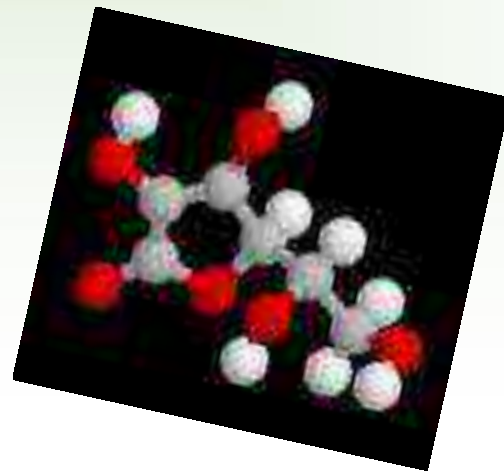
Pusat Biomedis dan Teknologi Dasar Kesehatan, Badan Litbangkes, Kemenkes RI

Tabel 2. Bilangan peroksida sampel minyak kemasan dibeli dari swalayan, minyak jelantah warna hitam dan warna coklat

Ulangan	Bilangan peroksida (mg O ₂ /100g)			SNI 01-3741- 2002
	Minyak kemasan	Minyak jelantah		
		Warna hitam	Warna coklat	
1	1,16	8,15	4,90	Maks 1,00
2	0,77	7,35	5,70	
3	1,15	8,16	4,86	
Rata-rata	1,03	7,89	5,15	

(Asri, 2013)

- Oksidasi dari hidroperoksida lebih lanjut menghasilkan:
- Alkohol, aldehid, asam lemak, dan hidrokarbon
 - Perubahan warna minyak goreng lebih gelap
 - Perubahan flavor
 - Pembentukan radikal bebas → toksik bagi tubuh
 - Viskositas meningkat
 - Terbentuk fraksi NUAFA (*nonurea adduct forming*) → derivat asam lemak → toksik



- **Pada proses pemanggangan yang ekstrim, asam linoleat dan kemungkinan juga asam lemak yang lain akan dikonversi menjadi hidroperoksida yang tidak stabil oleh adanya aktivitas enzim lipoksigenase**
- Perubahan tersebut akan berpengaruh pada nilai gizi lemak dan vitamin (oksidasi vitamin larut lemak)



IV. PENGARUH PENGOLAHAN TERHADAP NILAI GIZI VITAMIN

- Stabilitas vitamin pada berbagai kondisi pengolahan → relatif bervariasi
- Vitamin A **stabil** dalam kondisi ruang hampa udara, namun cepat rusak ketika dipanaskan jika ada oksigen, terutama pada suhu yg tinggi
- Vitamin akan rusak seluruhnya apabila dioksidasi dan didehidrogenasi.
- Vitamin → lebih sensitif terhadap sinar UV dibanding jenis sinar lain



- Asam askorbat → sedikit stabil dalam larutan asam, terdekomposisi oleh cahaya.
- Dekomposisi vit C dipercepat oleh basa, O_2 , Cu dan Fe
- Asam folat → stabil dalam perebusan pada pH 8 selama 30 menit → banyak hilang pada suhu di atas $100^\circ C$ dalam larutan asam dan alkali → diakselerasi oleh O_2 dan cahaya.
- Vitamin K → stabil terhadap panas dan senyawa pereduksi, → labil terhadap alkohol, senyawa pengoksidasi, asam kuat dan cahaya.



- Vitamin B12 (kobalamin) murni bersifat stabil terhadap pemanasan dalam larutan netral. Vitamin ini akan rusak ketika dipanaskan dalam larutan alkali atau asam
- Riboflavin sangat sensitif terhadap sinar dan kecepatan destruksinya akan meningkat seiring dengan meningkatnya pH dan temperatur
- Tiamin → tidak terdestruksi dengan perebusan dalam kondisi asam selama beberapa jam, namun akan hilang hingga 100% → direbus dalam kondisi pH 9 selama 20 menit



- ◉ Tokoferol → stabil pada perebusan pH rendah tanpa oksigen; stabil terhadap sinar tampak (*visible light*) → **tidak stabil** pada **suhu kamar** dengan adanya oksigen, alkali, garam feri dan sinar ultra violet
- ◉ Kehilangan tokoferol terjadi akibat **oksidasi lemak** dalam proses penggorengan terendam (*deep-fat frying*) → *terutama disebabkan **destruksi tokoferol** oleh derivat asam lemak yang sangat reaktif, yang terbentuk selama pemanasan dan oksidasi.*

V. Pengaruh pengolahan terhadap nilai gizi mineral

- Pada umumnya garam-garam mineral tidak terpengaruh secara signifikan dengan perlakuan kimia dan fisik selama pengolahan.
- Dengan adanya oksigen, beberapa mineral kemungkinan teroksidasi menjadi mineral bervalensi lebih tinggi, namun tidak mempengaruhi nilai gizinya.



MINERAL

- The body requires a number of minerals in order to maintain its proper functioning.
- The minerals are used for a variety of physiological processes such as building blood and bone, making hormones, regulating heartbeat, and more.
- There are two types of minerals.
- **Macrominerals** → needed in large amounts → calcium, phosphorus, magnesium, sodium, potassium, chloride, and sulfur.
- Trace minerals → needed in very small amounts.
→ iron, manganese, copper, iodine, zinc, cobalt, fluoride, and selenium.

- **Perlakuan panas** mempengaruhi absorpsi atau penggunaan beberapa mineral, terutama melalui pemecahan ikatan, yang membuat mineral-mineral tersebut kurang dapat diabsorpsi
- **Fitat, fiber, protein dan mineral** merupakan komponen utama sebagai penyusun kompleks tersebut.
- Beberapa mineral seperti zat besi, kemungkinan akan teroksidasi (tereduksi) selama proses pemanggangan dan akan mempengaruhi absorpsi dan nilai biologisnya.
- Hasil penelitian menunjukkan bahwa dua senyawa besi yang digunakan dalam pengolahan crackers soda mempunyai nilai biologis yang berbeda jauh

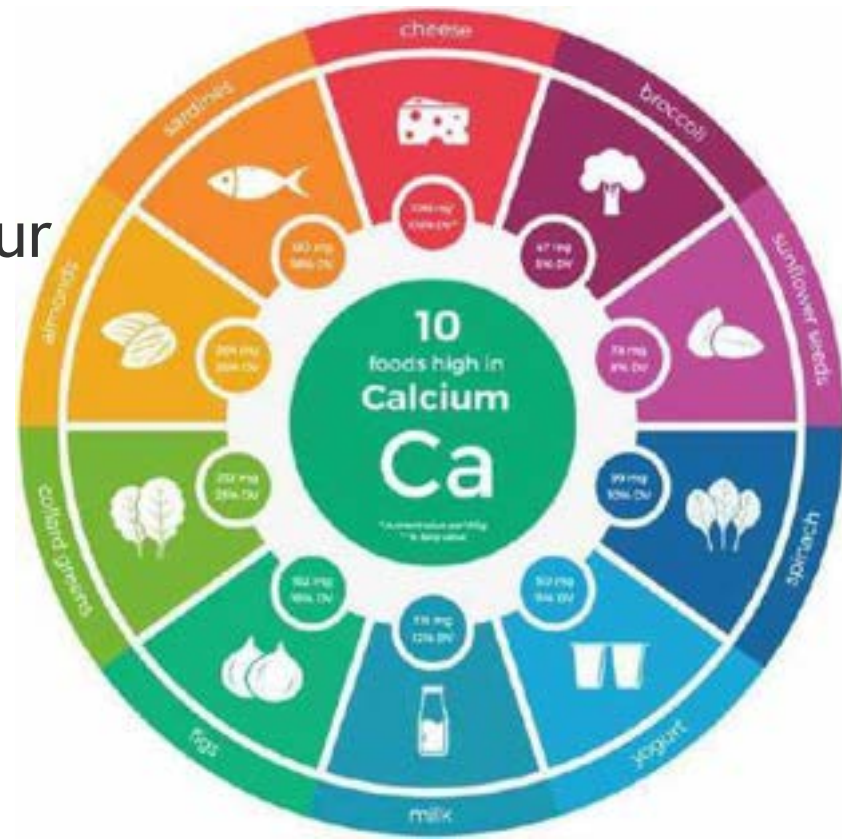


Macromineral

CALCIUM

- Jumlahnya paling banyak dalam tubuh
- Digunakan dalam struktur tulang dan gigi, *messenger in cell signaling*.
- Tulang → **calcium reserve** gudang kalsium saat tubuh kekurangan.
- **Kalsium dari makanan** → sangat penting mencegah pengeroposan tulang.
- Keseimbangan kalsium diatur *parathyroid hormone*.
- Janin mengambil kalsium untuk tulangnya dari ibu

Daily allowance of → 1000-1200 mg/day for adults (US recommended)



Phosphorus

Komponen tulang → hydroxyapatite,
Komponen membrane sel dan membrane mitokondria →
phospholipid → lipid bilayer

Bagian dari molekul penyimpan energi → adenosine triphosphate (ATP), adenosine diphosphate (ADP).

DNA, RNA mengandung fosfat.

The RDA → 700 mg for adults.



Magnesium

- Sangat banyak digunakan di sistem metabolisme
- Fungsi utama → produksi energi, sintesis biomolekul, komponen struktural membran sel dan kromosom.
- Magnesium transport ion, cell signaling, cell migration.
- RDA → 400-420 mg for men
→ 310-320 mg for women.



Pengaruh pemasakan pada kandungan Kalsium, Magnesium, dan Fosfor

- Kalsium, fosfor, dan magnesium pada kentang maupun susu setelah perebusan → relatif sama dengan bahan mentah
- Pada kacang *A. pavonina*

Effect of processing methods on the nutritional values and anti-nutritive factors of *Adenanthera pavonina* L. (Fabaceae) seeds

Felix Ifeanyi Nwafor^{1*}, Sheily Nneka Egonu², Nkechinyere Onyekwere Nweze² and Sarah Nnedinso Ohabuenyi²

Sample	Ca (mg/100 g)	Mg (mg/100 g)	P (mg/100 g)
Raw	25.61±0.34 ^a	18.97±0.01 ^a	7.00±0.06 ^c
Roasted	30.34±0.02 ^b	22.76±0.01 ^b	6.40±0.15 ^b
Boiled	80.88±0.02 ^c	60.68±0.02 ^c	5.80±0.10 ^a

- Fosfor sedikit berkurang:
 - 9% (sangrai)
 - 17% (rebus)

Kalsium dan magnesium meningkat setelah penyangraian & perebusan → kadar tertinggi pada perebusan

Sodium, Chloride, Potassium

- Na & Cl → critical life-sustaining minerals.
- NaCl → required part of the diet.
- With potassium, sodium and chloride maintain charge gradients across cell walls.
- Sodium → helps to maintain proper blood volume and blood pressure.

Most adults require 1.5 - 3.8 grams of sodium chloride/day.

- Potassium / K → electrolyte in the body, cofactor for a number of enzymes.
- Low potassium levels can be dangerous, resulting in fatigue, muscle cramps, and abdominal pain.
- Adults need about 4.7 grams of potassium per day.



Pengaruh pemasakan pada kandungan Na, Cl, & K

- NaCl → larut air → Mudah hilang dengan perebusan → **Semakin tinggi suhu** perebusan → tingkat kehilangan semakin cepat
- Potasium (K) dapat keluar ke dalam air rebusan → perebusan.
- Metode **pemasakan yang dapat mempertahankan vitamin larut air**, seperti vitamin C, dapat **mengurangi tingkat kehilangan** potasium → PENGUKUSAN
- Perebusan → **PISANG** kaya akan potassium → sekitar 40% potassium hilang pada PISANG REBUS

A Quantitative Analysis of Potassium Loss As a Result of Different Processing Methods

Patricia M. Klefbeck

- **Pada kentang** → semakin tipis irisan dan semakin lama perendaman → angka kehilangan potassium meningkat hingga 77-83%





Micromineral

Sulfur dan Fe

Sulfur

Sulfur → komponen penting asam amino sistein dan metionin
→ digunakan di sebagian besar komponen protein tubuh.
Saking sangat banyaknya di alam → asalkan kita makan secara seimbang, insyaallah tercukupi deh

Iron

Iron → komponen sel darah merah → membawa oksigen,
Komponen penting berbagai protein metabolik dan enzim.

RDA → 8 mg pria,
→ 18 mg wanita
→ 27 mg ibu hamil



Zinc

SUPER PENTING

Terlibat di berbagai proses metabolisme dan pertumbuhan, sistem imun, fungsi saraf, dan reproduksi.

Bagian struktur membrane sel

Membentuk zinc finger proteins → transcription factors.

RDA → 11 mg for men
8 mg for women.



Pengaruh pemasakan terhadap Fe dan Zn

Bioavailabilitas Fe & Zn

ORIGINAL ARTICLE

Effect of different home-cooking methods on the bioaccessibility of zinc and iron in conventionally bred cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) consumed in Brazil

Elenilda J. Pereira^{1*}, Lucia M. J. Carvalho¹, Gisela M. Dellamora-Ortiz², Flávio S. N. Cardoso¹ and José L. V. Carvalho³

- Pemanasan kacang tunggak → pengaruh berbeda pada zinc and iron bioaccessibility.
- Zinc → meningkat dengan pemasakan dengan perebusan dalam panci biasa maupun panci presto → panci presto > panci biasa → tanpa air > dengan air
- Iron bioaccessibility → menurun dengan perebusan dalam panci presto

Manganese

- Mg → komponen enzim antioksidan di mitokondria, komponen berbagai enzim di metabolisme,
- Berperan di pertumbuhan tulang dan penyembuhan luka.

- Adequate daily intake →
2.3 mg men
1.8 mg for women.
- Defisiensi Mg →
osteoporosis, diabetes,
dan epilepsi.



Copper

➤ Ko-faktor berbagai enzim yang terlibat dalam produksi energi, pembentukan jaringan ikat, dan metabolisme Fe.

➤ Defisiensi tembaga → poor nutrition, poor absorption, or **excessive zinc intake**.

➤ RDA → 800 μg → dewasa.

➤ Tembaga → kerang, kacang-kacangan, dan biji-bijian.



Iodine



Iodine

Critical mineral →
komponen hormon tiroid →
penting agar tiroid berfungsi
normal.

Terkandung dalam seafood,
produk susu, biji-bijian,
telur, daging unggas.

FORTIFIKASI GARAM → MENCEGAH DEFISIENSI IODIN.

Iodine deficiency → kerusakan otak, keterbelakangan mental,
hipotiroidism, gondok, dan berbagai masalah kesehatan lainnya.

RDA → 150 μg → sebenarnya sangat sedikit, tapi harus dipenuhi.



Pengaruh penyimpanan & pemasakan pada kadar Mg, Cu, dan I

Cooking Losses of Minerals in Foods and Its Nutritional Significance

J. Nutr. Sci. Vitaminol., **36**, S25–S33, 1990

Mieko KIMURA and Yoshinori ITOKAWA

*Department of Hygiene, Faculty of Medicine, Kyoto University,
Sakyo-ku, Kyoto 606, Japan*

- kehilangan Mg dan Cu → sayuran dan ikan (6-36% dan 9-52%) → terutama akibat perebusan
- Angka kehilangan (*Cooking loss*) → sayuran > daging → kadar air lebih tinggi, kandungan protein yang “mengikat” mineral lebih rendah → perebusan menurunkan pH → mineral mudah larut
- Upaya mencegah angka kehilangan mineral:
 - (a) mengkonsumsi kuah rebusan,
 - (b) Menambahi sedikit garam ke dalam kuah (sekitar 1% NaCl)
 - (c) Menghindari perebusan terlalu lama
 - (d) Memilih cara memasak yang meminimalkan angka kehilangan → dikukus



Pengaruh penyimpanan & pemasakan pada kadar Mg, Cu, dan I

Estimation of losses of iodine during different cooking procedures

Geetanjali Goindi, MG Karmarkar, Umesh Kapil, J Jaganathan

Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition (1995) Volume 4, Number 2: 225-227

Rerata angka kehilangan iodin berbagai bahan pangan dengan beberapa metode pemasakan:

- 1) Perebusan dalam panci presto → 22%,
- 2) Perebusan dalam panci biasa → 37%,
- 3) Penggorengan dalam minyak sedikit → 27%,
- 4) Penggorengan dalam minyak banyak → 20%
- 5) Penyangraian → 6%
- 6) Pengukusan → 20%.

Perubahan kadar mineral pada produk berprotein tinggi → ikan

Effect of different cooking methods on proximate and mineral composition of striped snakehead fish (*Channa striatus*, Bloch)

K. Marimuthu · M. Thilaga · S. Kathiresan · R. Xavier ·
R. H. M. H. Mas

mineral composition (mg/kg DM) of raw and cooked fillets samples of *Channa striatus*

	Raw	Boiled	Baked	Fried	Grilled
Na	346±47.10 ^b	390±15.11 ^{ab}	344±34.24 ^{ab}	404±16.32 ^{ab}	451±39.20 ^a
K	2195±214.1 ^{bc}	2462±219.43 ^b	2058±143.85 ^c	2930±138.66 ^a	2533±229.94 ^b
Ca	290±25.37 ^{ab}	242±51.12 ^b	313±11.48 ^a	270±47.25 ^{ab}	311±11.91 ^a
Mg	215±20.10 ^a	246±20.10 ^a	239±24.40 ^a	239±18.70 ^a	240±29.12 ^a
Fe	6.4±3.7 ^a	7.4±2.50 ^a	5.7±2.25 ^a	6.1±1.73 ^a	7.2±1.84 ^a
Zn	5.1±1.4 ^a	3.8±1.65 ^a	4.5±1.23 ^a	4.6±0.68 ^a	4.5±1.21 ^a
Mn	0.88±0.31 ^a	0.72±0.27 ^a	0.69±0.28 ^a	0.50±0.17 ^a	0.70±0.24 ^a
Cu	1.3±0.603 ^b	1.2±0.46 ^b	1.5±0.42 ^b	3.3±0.69 ^a	1.4±0.49 ^b
P	1240±144.56 ^a	752±101.15 ^b	937±97.55 ^b	771±51.59 ^b	1237±103.04 ^a

- **Peningkatan** kadar Na, K, Ca, Mg, Fe, dan Cu pada semua metode pemasakan
- Tetapi Ca dan Cu pada perebusan dan Fe pada pengovenan → **penurunan**

- Peningkatan tertinggi dialami potassium (K) pada penggorengan
- Penurunan kadar Zn, Mn, dan P pada semua metode pemasakan
- Penurunan terbesar terjadi pada Zn akibat perebusan

KESIMPULAN

1. Pengolahan dibutuhkan untuk meningkatkan aspek penerimaan bahan pangan dan mutunya, juga alasan keamanan (inaktivasi mikrobia, eliminasi senyawa antigizi, dsb)
2. Pengolahan yang berbeda → pengaruh yang berbeda, bergantung pada kadar senyawa utama → perlu dipahami berbagai aspek kimiawinya.
3. Lemak atau bahan larut lemak → sensitif terhadap oksidasi dan cahaya
4. Perlu dipertimbangkan proses pengolahan yang secara kimiawi mampu meningkatkan pencernaan dan mencegah angka kehilangan komponen gizi.



KIMIA PANGAN: Karbohidrat

KLASIFIKASI/PENGGOLONGAN
STRUKTUR
SIFAT
CONTOH

WAHIDAH MAHANANI R., S.T.P., M.Sc.

TEKNOLOGI PANGAN

UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN

Teknologi Pangan

UAD

www.tp.uad.ac.id



SUMBER KARBOHIDRAT

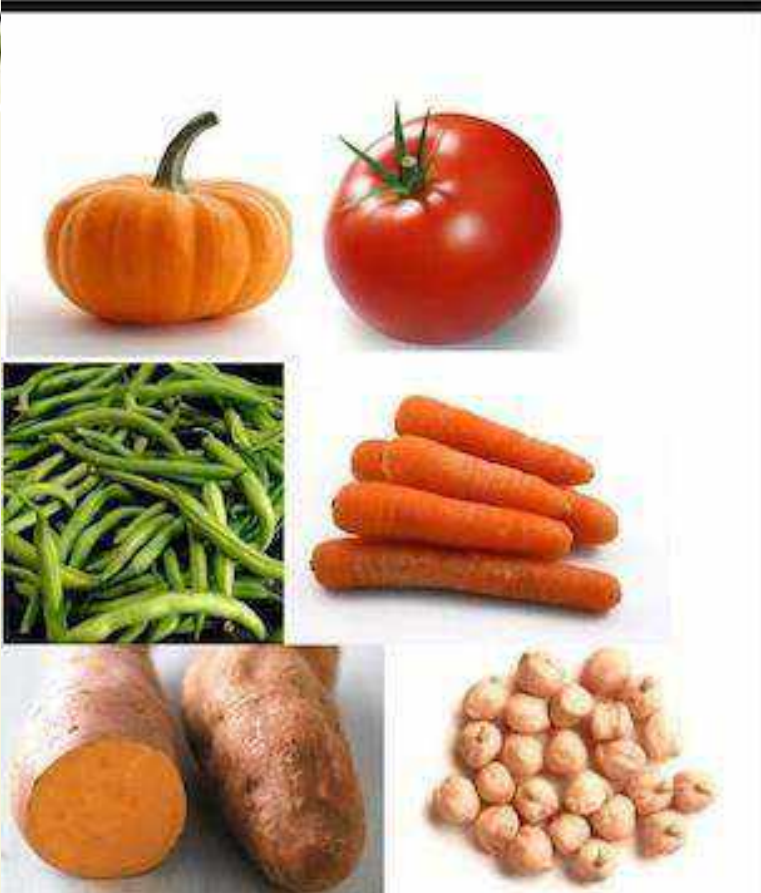


PANGAN OLAHAN SUMBER KARBOHIDRAT



APA PULA INI?

Complex Carbs



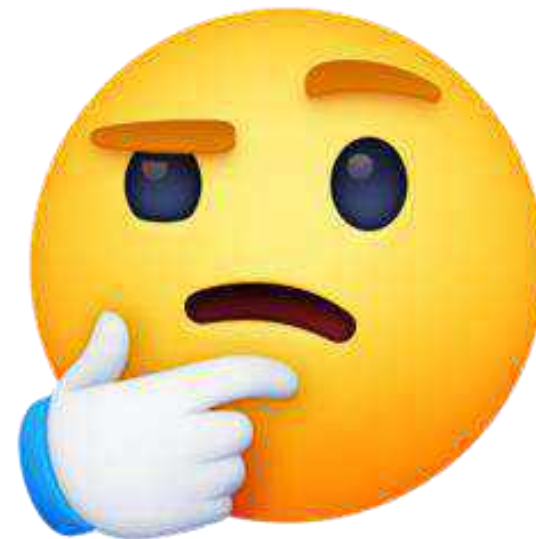
Simple Carbs



Sebenarnya...

KARBOHIDRAT ITU..APA SIH ??

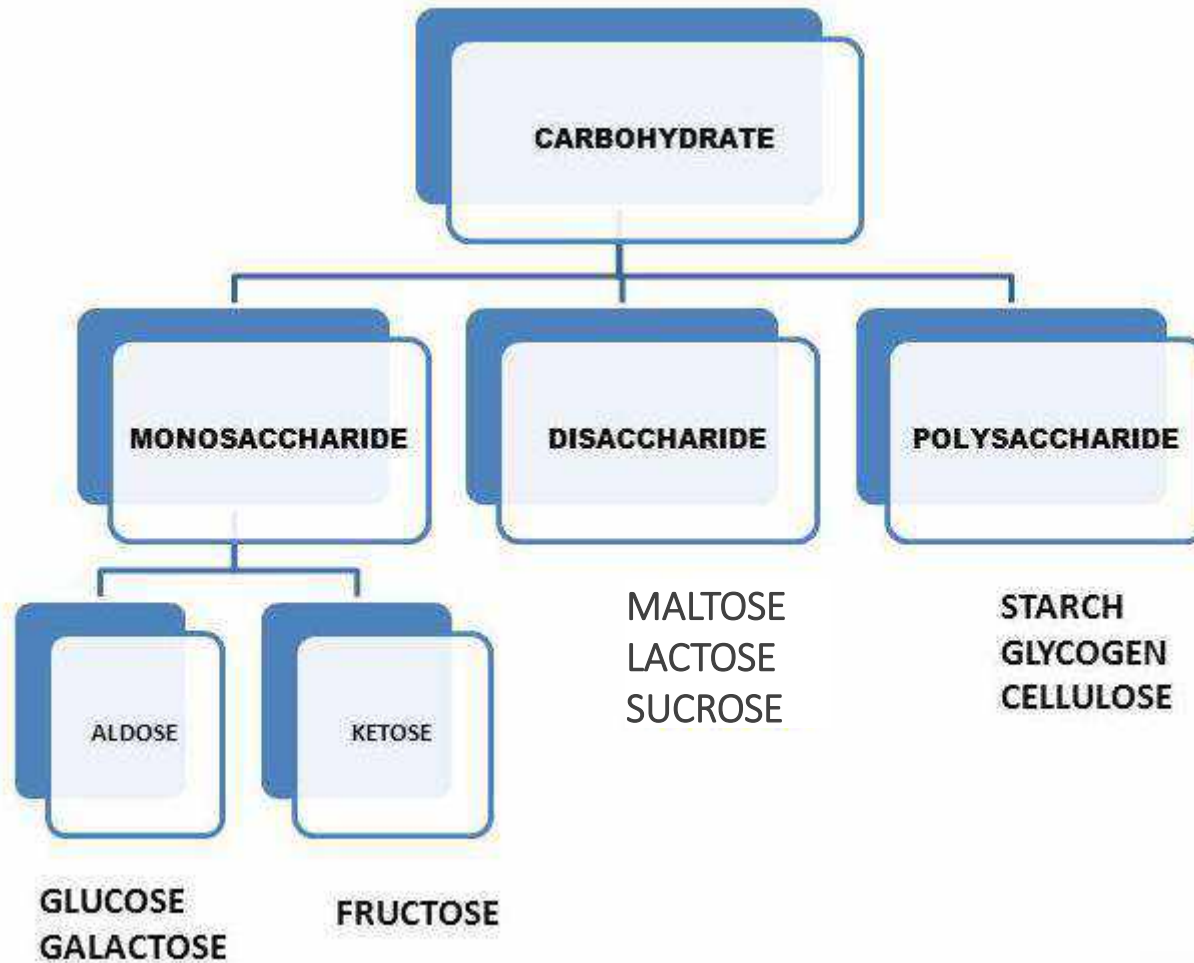
APA SAJA YANG TERMASUK KARBOHIDRAT??



Secara biokimiawi, karbohidrat adalah polihidroksil-aldehida atau polihidroksil-keton, dengan bentuk dasar/monomer berbentuk SAKARIDA/GULA

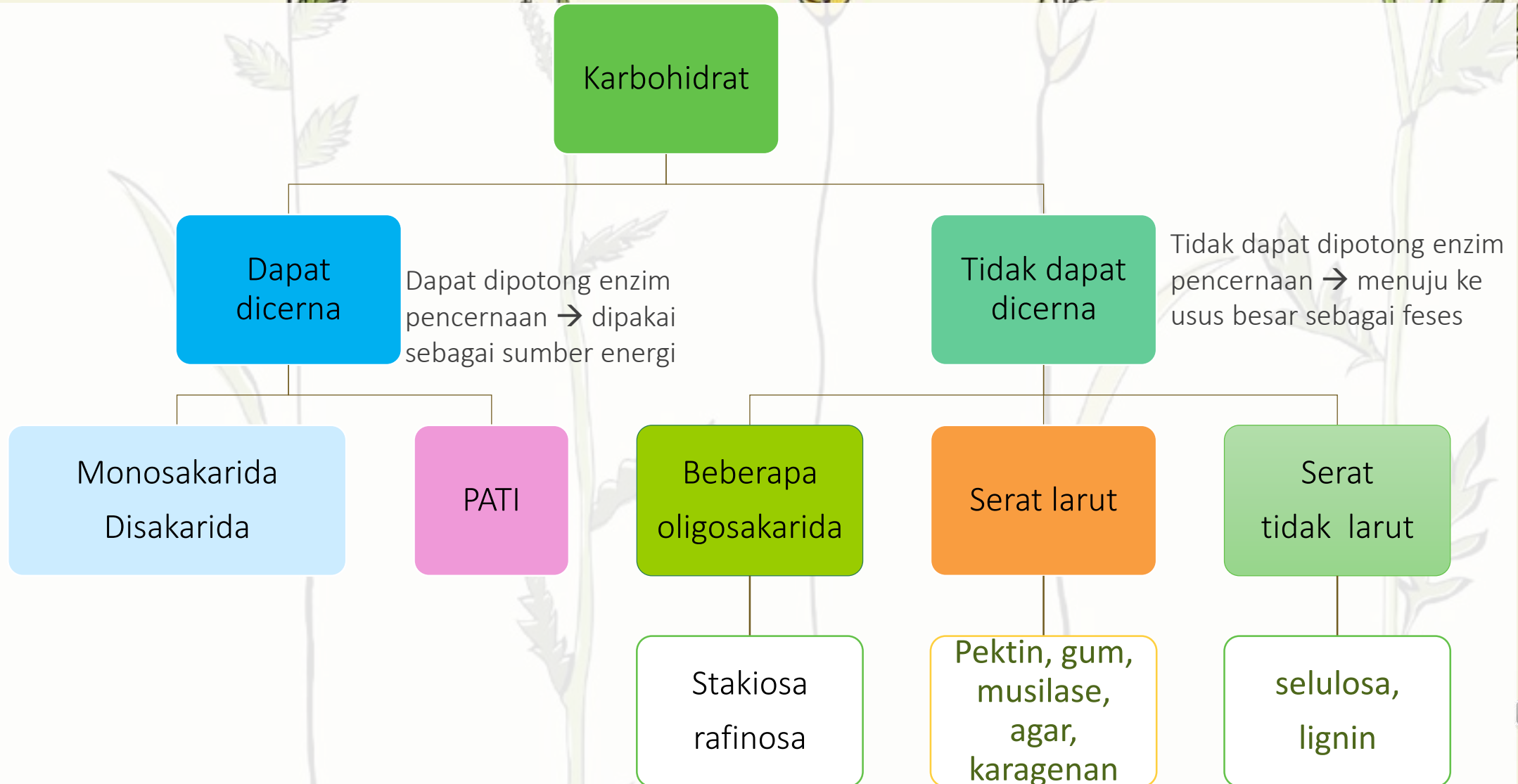


KLASIFIKASI KARBOHIDRAT berdasar struktur

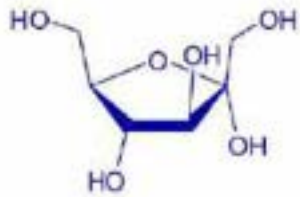


- ✓ Karbohidrat → polihidroksi aldehyd atau polihidroksi keton → rumus umum $(\text{CH}_2\text{O})_n$
- ✓ Monosakarida dan disakarida → rasa manis → gula
- ✓ Rasa manis disebabkan gugus hidroksil
- ✓ Polisakarida **tidak terasa manis** karena molekulnya sangat besar → tidak dapat dirasa oleh sel-sel kuncup rasa pada indera pengecap dalam lidah

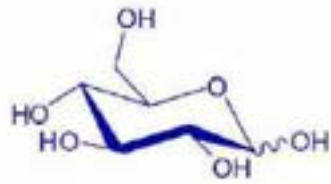
KLASIFIKASI KARBOHIDRAT berdasarkan kecernaan



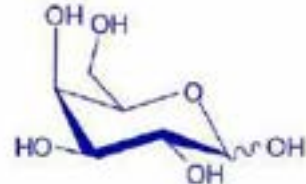
MONOSAKARIDA



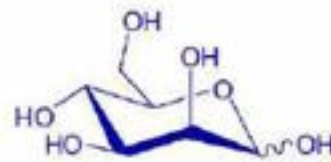
Fructose



Glucose

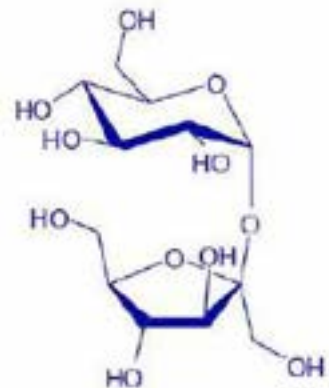


Galactose

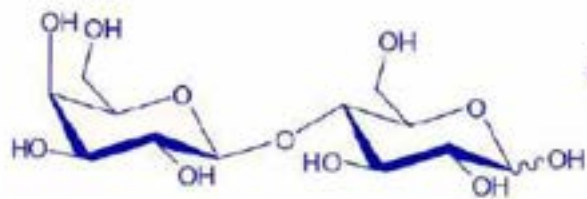


Mannose

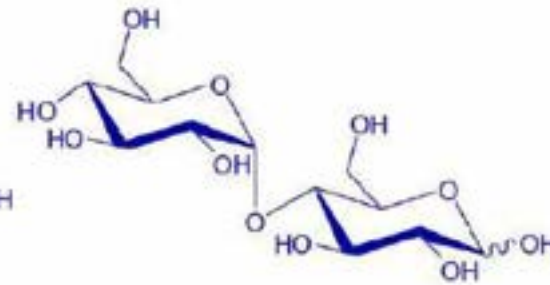
etc



Sucrose



Lactose

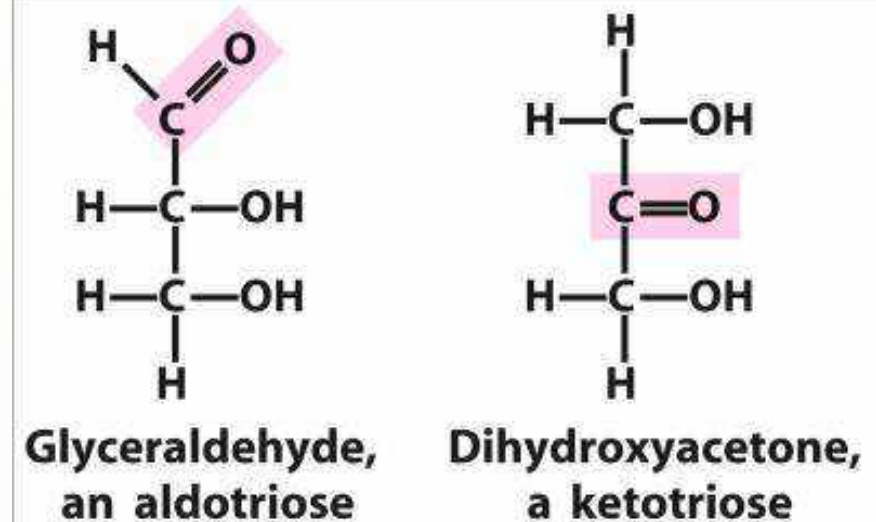
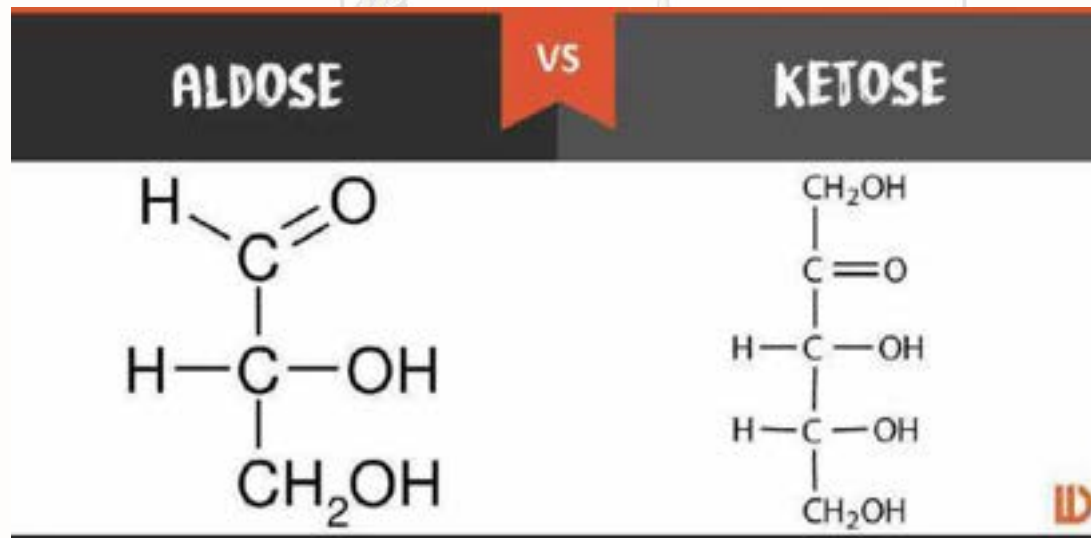


Maltose

- Monosakarida → monomer gula → tersusun dari **satu molekul gula/sakarida**
- Terdiri dari **satu unit polihidroksi aldehyd atau keton.**
- Tidak dapat dipecah menjadi molekul yang lebih sederhana.

MONOSAKARIDA

- Berdasarkan letak gugus karbonilnya monosakarida dibedakan menjadi aldosa dan ketosa.
- **Aldehid** → gugus karbonil berada pada **posisi ujung rantai karbon**.
- **Keton** → Gugus karbonil berada pada **posisi lain**
- Sedangkan menurut jumlah atomnya monosakarida dibedakan menjadi triosa, tetrosa (Winarno, 1992).



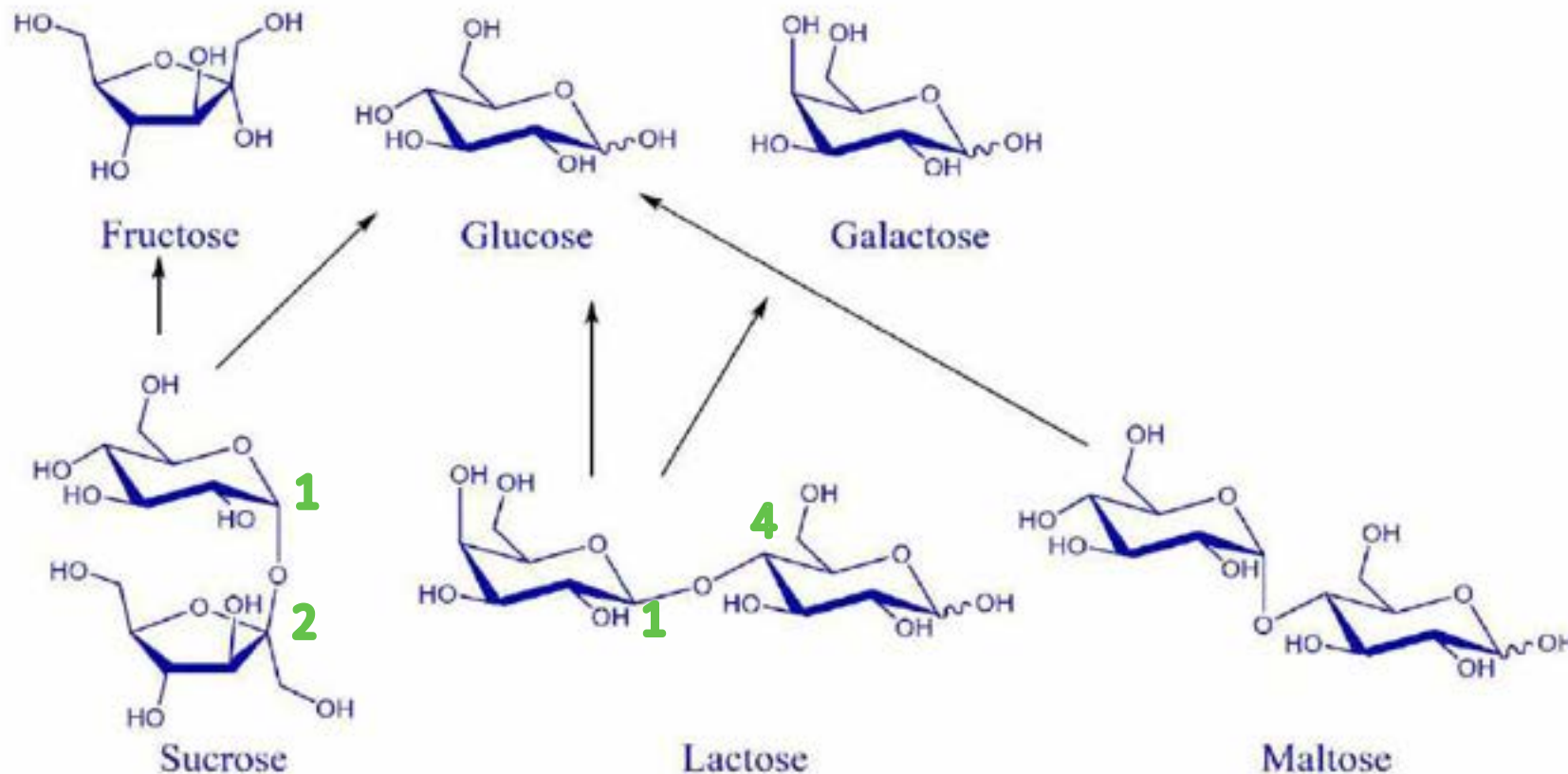
DISAKARIDA

- Disakarida → polimer yang tersusun oleh dua molekul monosakarida → berikatan kovalen sesamanya
- Jika jumlahnya lebih dari dua disebut oligosakarida (terdiri dari 2-10 monomer gula)
- Ikatan antara dua molekul monosakarida → ikatan glikosidik → terbentuk antara gugus hidroksil dari atom C nomor satu yang disebut C anomerik dengan gugus hidroksil dari atom C pada molekul gula yang lain
- Contoh oligosakarida adalah maltosa, laktosa dan sukrosa (sakarosa)

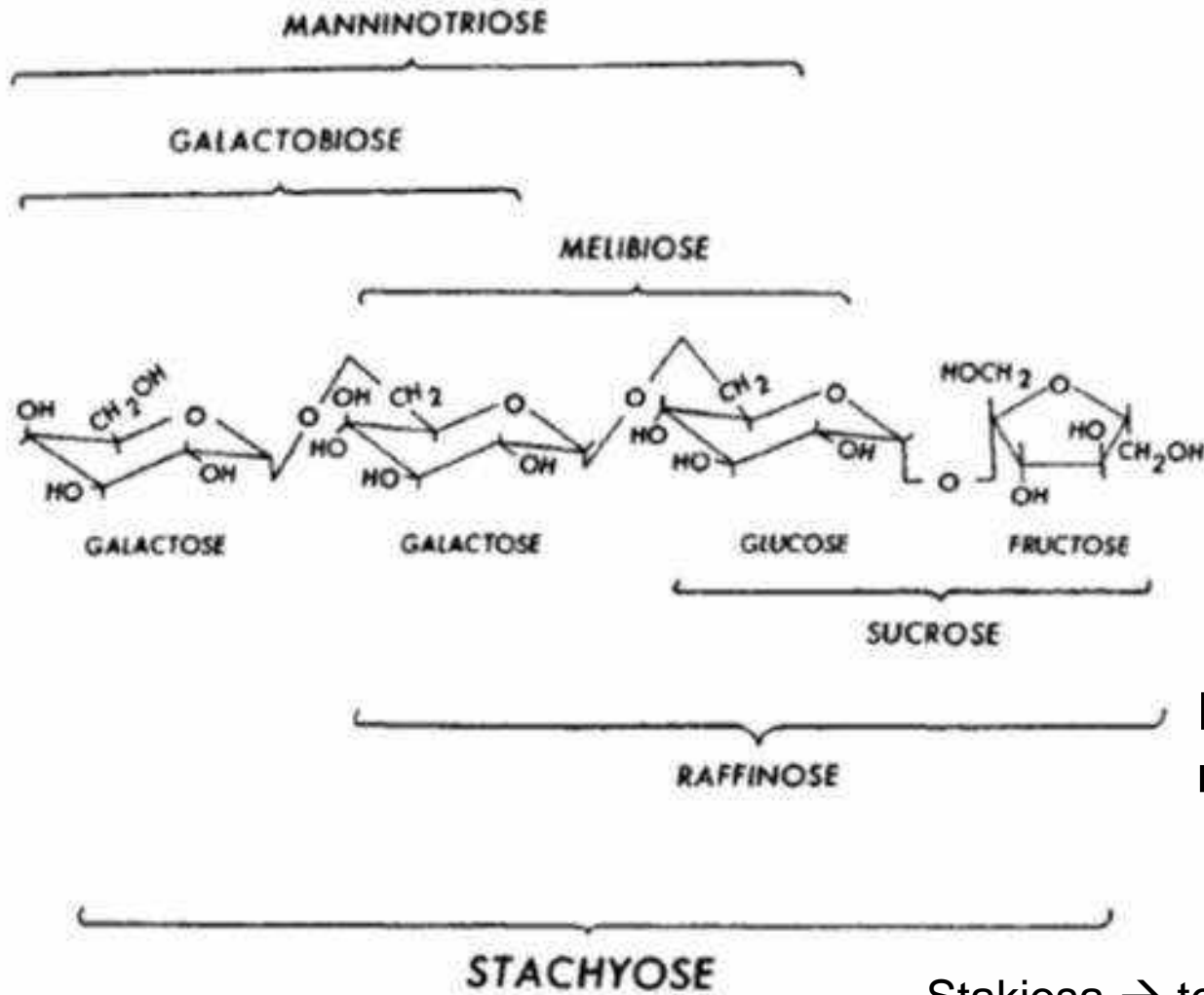


DISAKARIDA

- kebanyakan sakarida → ikatan glikosidik → segera terhidrolisis oleh asam, tetapi tahan terhadap basa → dapat dihidrolisis menghasilkan monosakarida bebas → **direbus dalam asam encer** (Lehninger, 1988)
- Contoh:
 - ❖ Sukrosa → glukosa + fruktosa → berikatan pada C₁ glukosa dan C₂ fruktosa → ikatan 1,2 glikosidik
 - ❖ Laktosa → galaktosa dan glukosa → berikatan pada C₁ galaktosa dan C₄ glukosa → ikatan 1 – 4 glikosidik

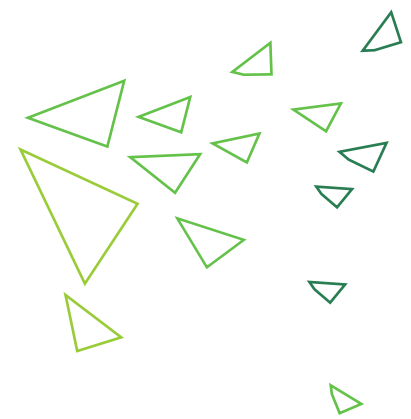


OLIGOSAKARIDA



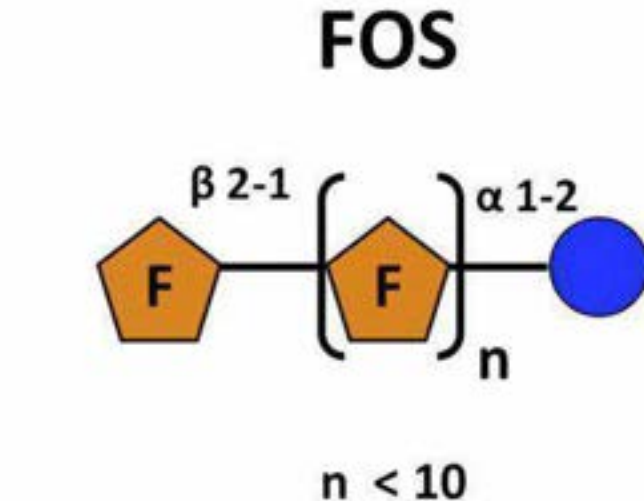
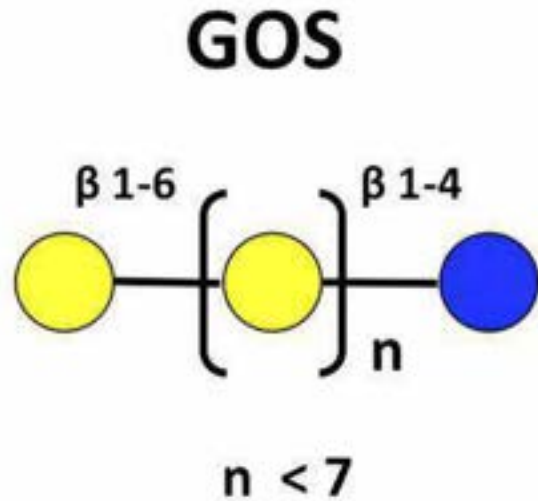
Rafinosa → trisakarida nonreduktif → 2 molekul galaktosa dan 1 molekul fruktosa.

Stakiosa → tetrasakarida nonreduktif ($C_{24}H_{42}O_{21}$) → 3 molekul galaktosa (α -1-6 galaktosa) dan 1 molekul fruktosa (α -1-2-fruktosa).

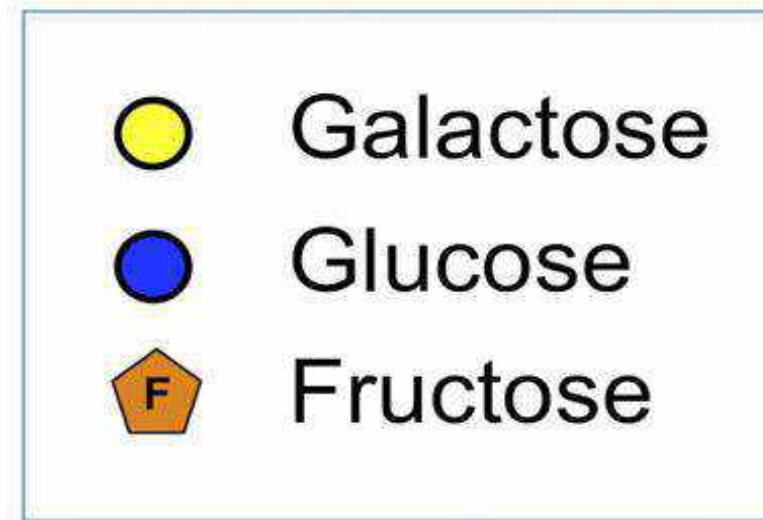


OLIGOSAKARIDA

galakto-oligosakarida (GOS)



frukto-oligosakarida (FOS)



prebiotik → menstimulasi pertumbuhan dan aktivitas bakteri komensal yang menguntungkan, yaitu *bifidobacteria* dan *lactobacilli*

GOS dan FOS → meningkatkan massa dan frekuensi buang air besar, menurunkan risiko susah buang air besar, kadar kolesterol yang tinggi, serta risiko infeksi dan kondisi alergi tertentu.

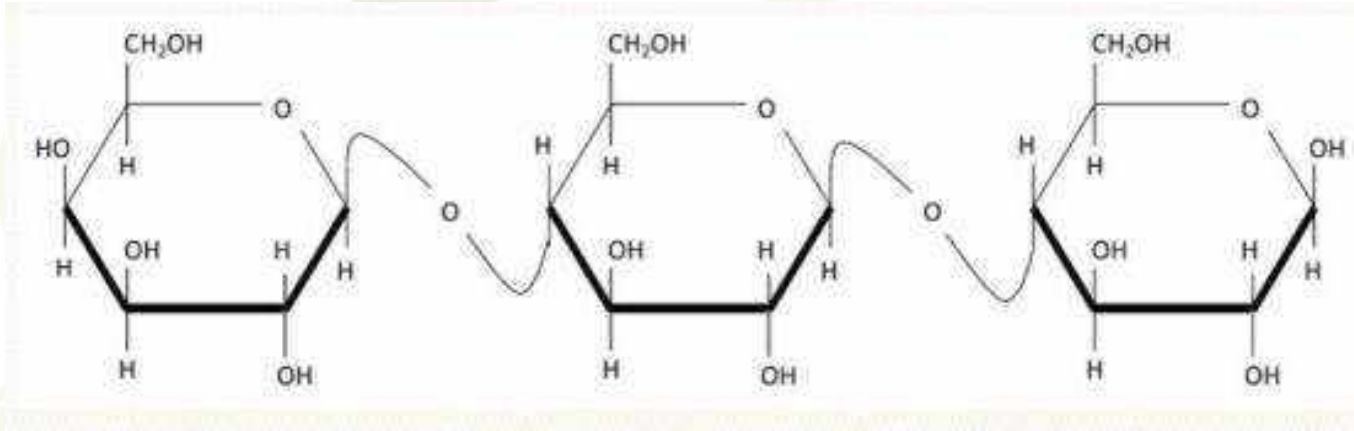
POLISAKARIDA

- Polisakarida → POLIMER
- Tersusun oleh minimal lima belas monomer gula
- Dapat **berantai lurus** atau **bercabang**
- Dapat dihidrolisis/**dipotong** oleh enzim.
- Hasil hidrolisis → sebagian akan menghasilkan oligosakarida
- Beberapa polisakarida yaitu amilum, glikogen, dekstrin dan selulosa

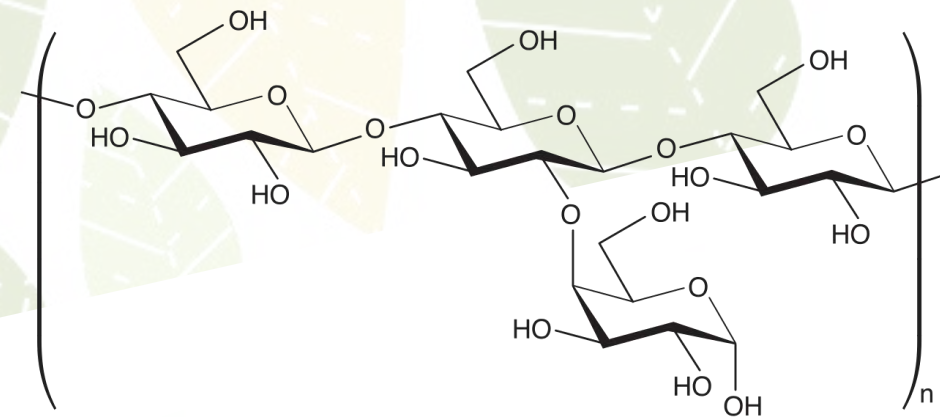


POLISAKARIDA

- Polisakarida dibedakan menjadi dua
 - ❑ homopolisakarida (karbohidrat yang mengandung satu jenis satuan dasar (monomer))



- ❑ heteropolisakarida (karbohidrat yang mengandung lebih dari satu jenis satuan dasar) → seringkali berikatan dengan lipid atau protein



((1→2)-α-D-galacto)-(1→4)-β-D-glucan



POLISAKARIDA

Polisakarida dalam bahan pangan

- 1) Pati (pati kasar, pregelatinisasi, pati termodifikasi)
- 2) Selulosa dan turunan selulosa
- 3) INULIN

HIDROKOLOID → komponen polimer yang berasal dari sayuran, hewan, atau mikroba yang umumnya memiliki **kemampuan menyerap dan mengikat air**.

- 4) Ekstrak rumput laut (alginat, karagenan, agar, furcellaran)
- 5) Gum* dan lendir dari tanaman (arabik, karaya, tragacanth)
- 6) Gum* biji-bijian (locust bean dan guar)
- 7) Ekstrak tanaman (pektin)
- 8) Mikrobial gum (xanthan)

*Gum → DIBACA GOM

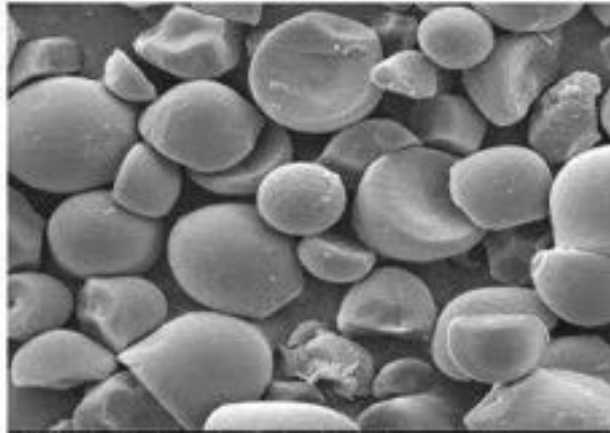
PATI

Pati → Homopolimer glukosa dengan ikatan glikosidik
(ikatan antara dua molekul monosakarida)

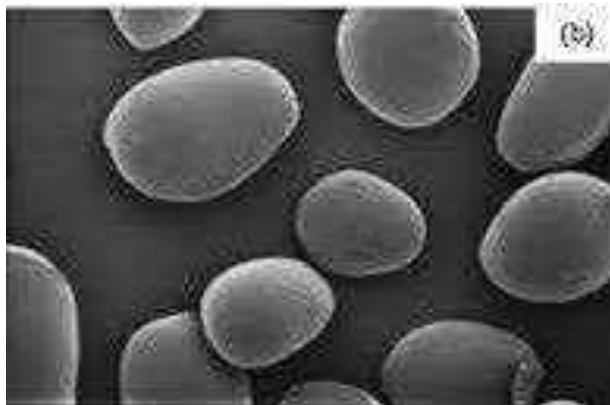
- terdiri dari 2 fraksi yang dapat dipisah dengan air panas; **amilosa** fraksi terlarut dan **amilopektin** fraksi tidak larut
- Amilosa → polimer LINIER/RANTAI LURUS dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa
- amilopektin → polimer BER CABANG yang mempunyai ikatan α -(1,4) pada rantai lurus nya, serta ikatan α -(1,6) di titik percabangannya (**lihat video 1**)



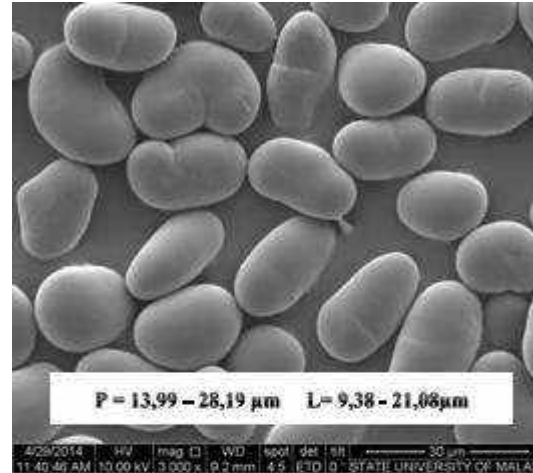
GRANULA PATI



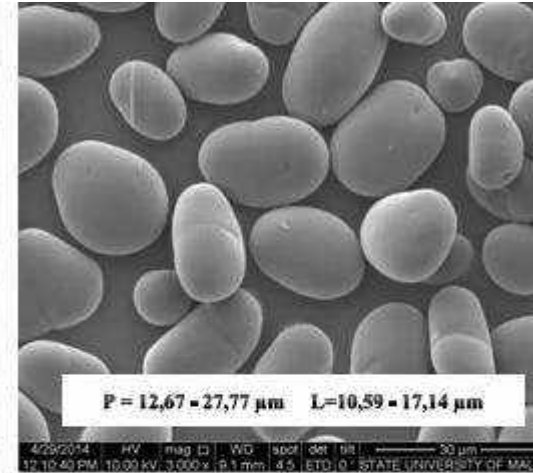
Granula pati singkong
(Suryani dan Nisa, 2015)



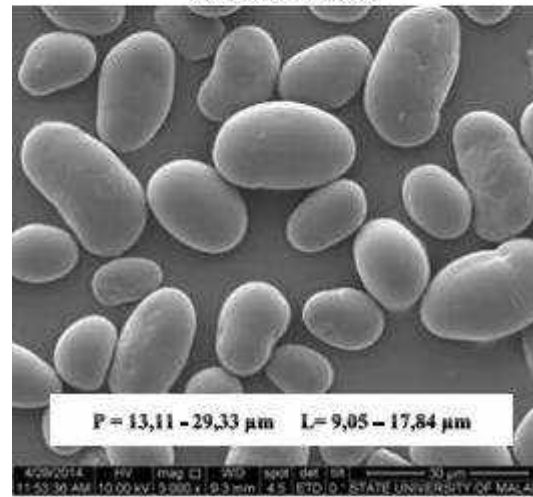
Granula pati garut
(Faridah dkk, 2014)



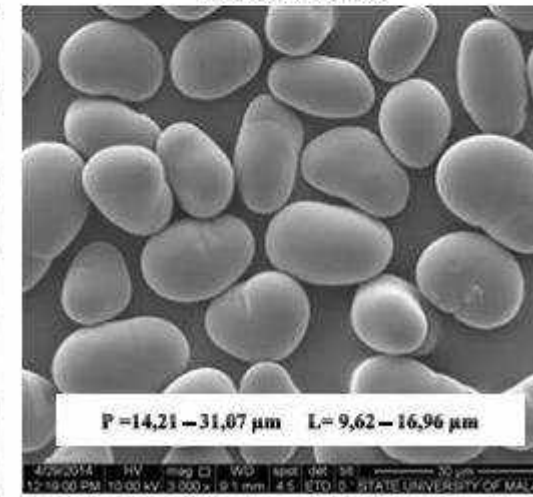
Varietas Walet



Varietas Murai

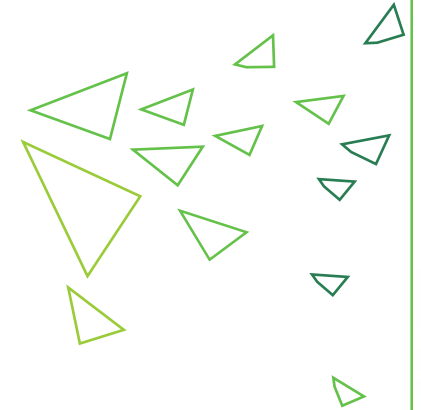


Varietas Sriti



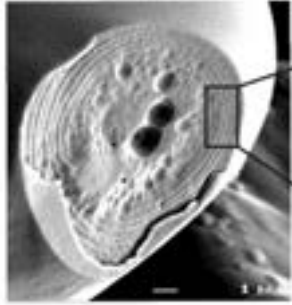
Varietas Vima-1

Granula pati kacang hijau
(Triwitono dkk, 2017)

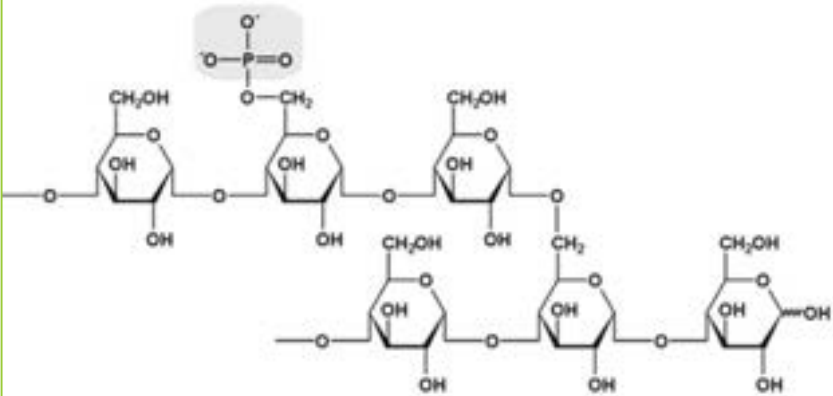
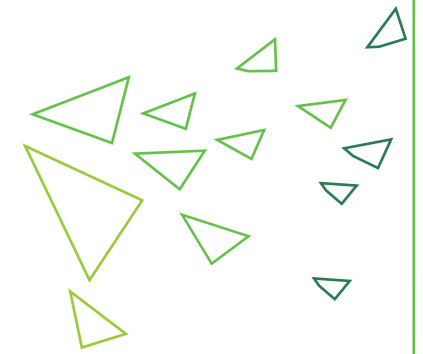
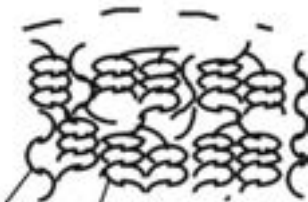
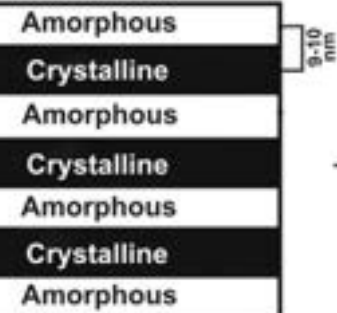


GRANULA PATI

A cross section of a starch granule



growth rings

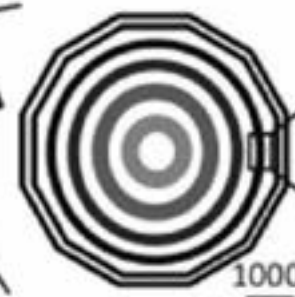


amylose

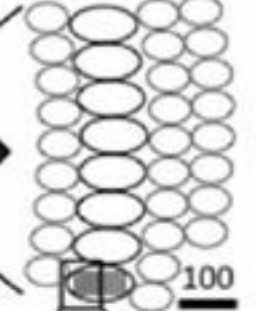


amylopectin

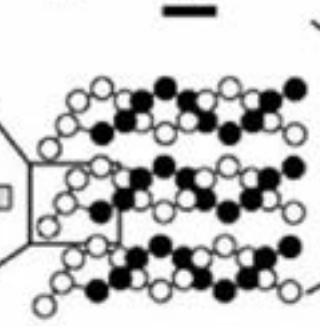
(b)



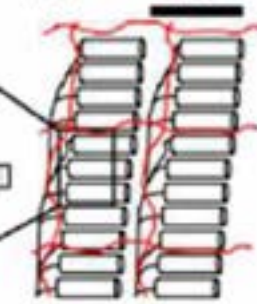
(c)



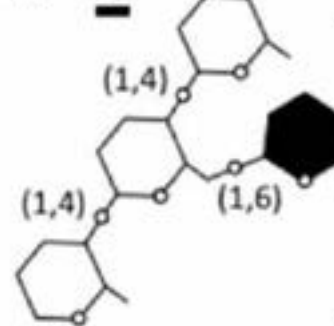
(e)



(d)



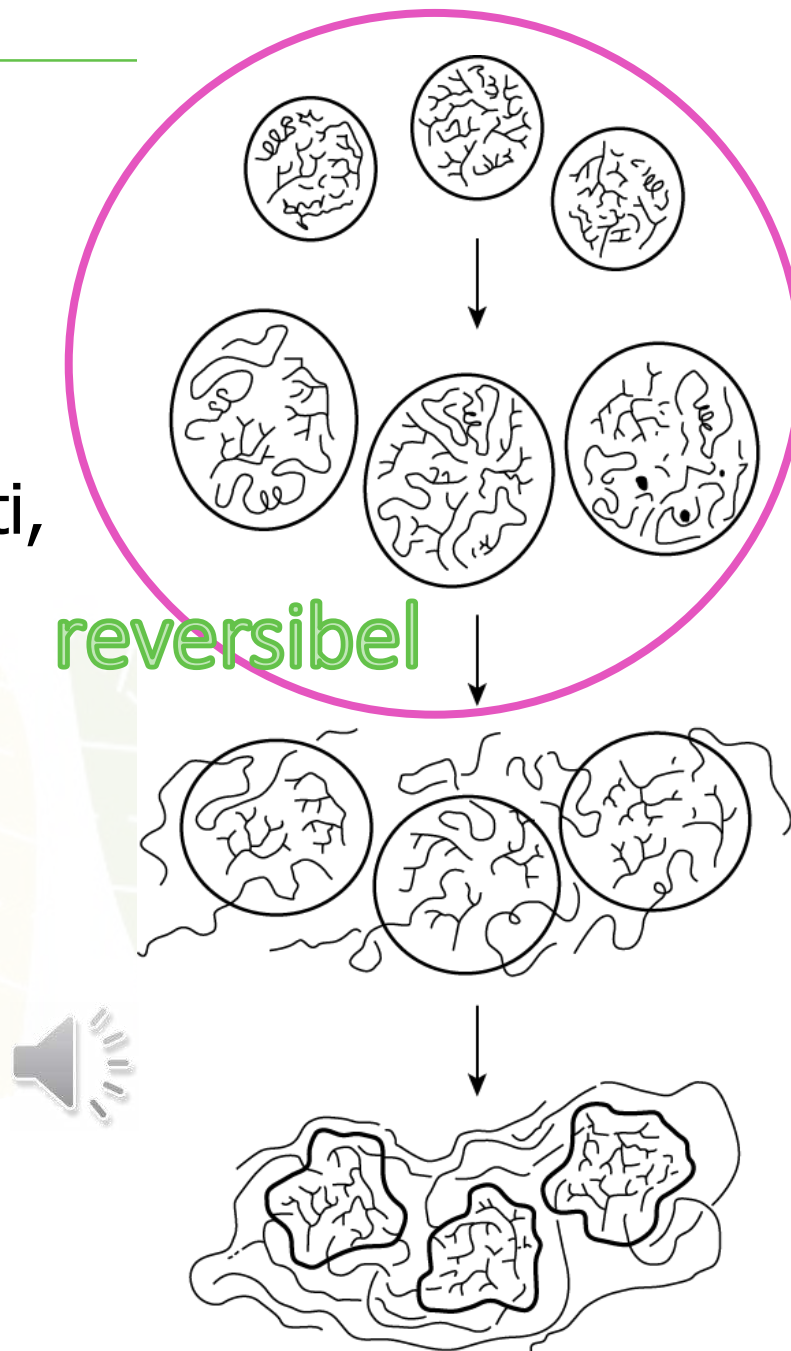
(f)



Kalau PATI dipanaskan?? (lihat video 2)

Jika ada air yang cukup banyak akan terjadi:

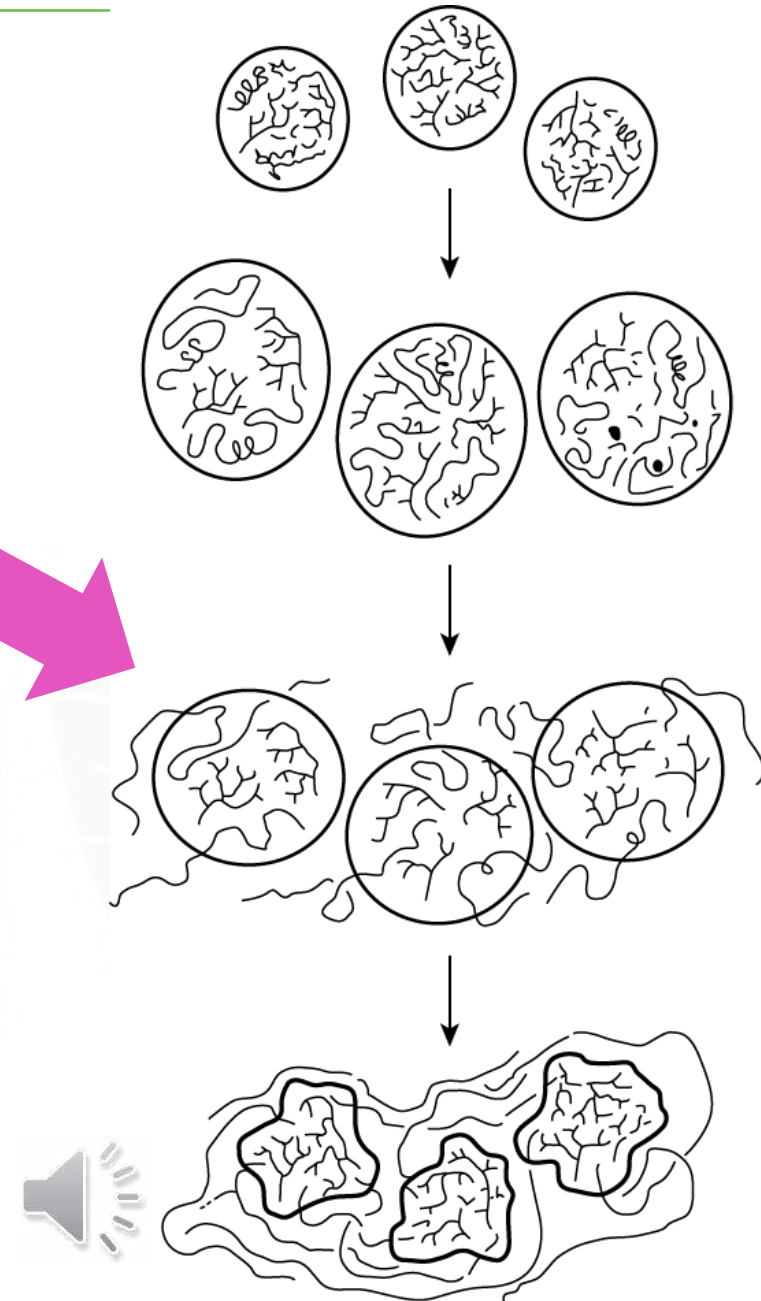
- Energi panas → melemahkan ikatan hidrogen
- Air akan menyusup di antara molekul struktur pati,
- Granula mengembang → granula akan semakin besar dengan bertambahnya waktu dan kenaikan suhu.
- Viskositas pati → naik → gaya gesek di antara granula pati semakin besar.
- Di tahap ini jika pati dipisahkan dari air dan dikeringkan, sifatnya akan sama dengan sebelum dipanaskan → reversibel



Kalau PATI dipanaskan??

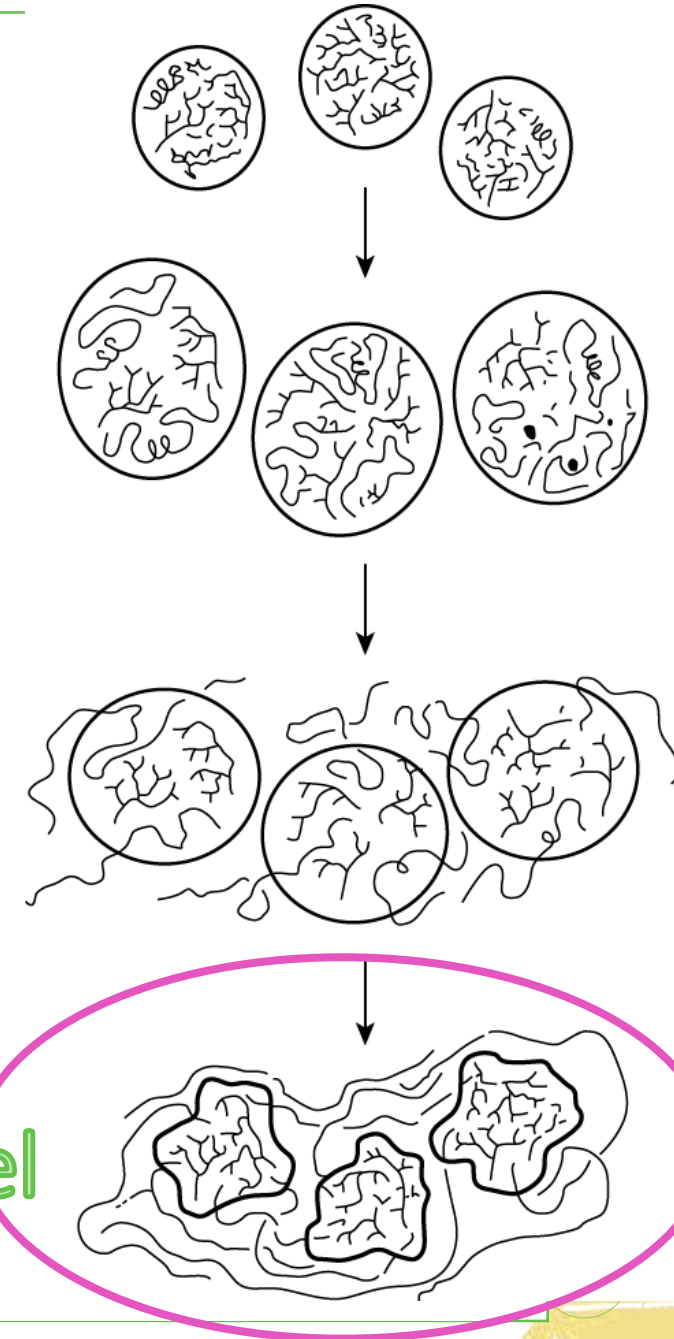
Jika penyerapan air oleh granula pati melebihi maksimalnya:

- Granula pati akan pecah, molekul-molekul pati terdispersi dalam air panas membentuk sistem koloid
- Jika konsentrasi suspensi pati cukup tinggi → terbentuk gel atau jendalan.
- Suspensi pati yang semula putih keruh seperti air susu akan menjadi agak jernih.
- titik/suhu gelatinisasi pati → Suhu ketika granula mulai pecah → berbeda-beda untuk jenis pati yang berbeda.



Kalau PATI dipanaskan??

- Pati tergelatinisasi tidak dapat kembali ke sifat awalnya (irreversible)
- Di titik gelatinisasi, viskositas suspensi pati akan sedikit turun → meningkat lagi ketika larutan menjadi dingin → air keluar → **sineresis**
- Molekul-molekul pati bergabung kembali membentuk massa seperti gel atau mengalami pengendapan (fenomena '**retrogradasi**')



irreversibel

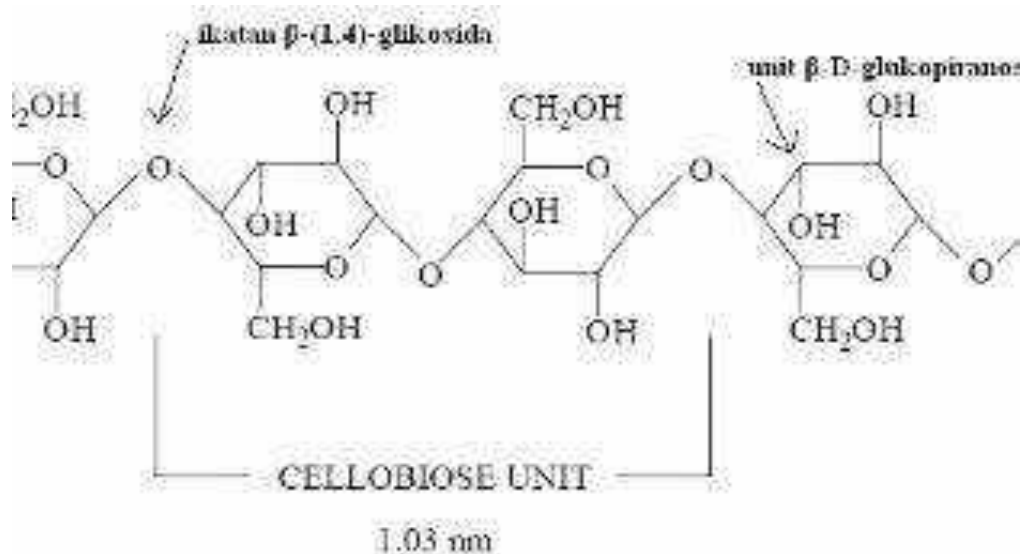
ISTILAH YANG HARUS DIPAHAMI

- **GELATINISASI PATI** → rusaknya struktur granula pati secara irreversible → penggelembungan granula, struktur kristalin luruh, pelarutan pati
- **Retrogradasi pati** → Proses ketika struktur pati terhubung kembali menjadi struktur kristalin ketika gelatinisasi masih di tahap reversibel
- **Syneresis** → keluar/merembesnya cairan keluar dari struktur gel pada saat gel mendingin



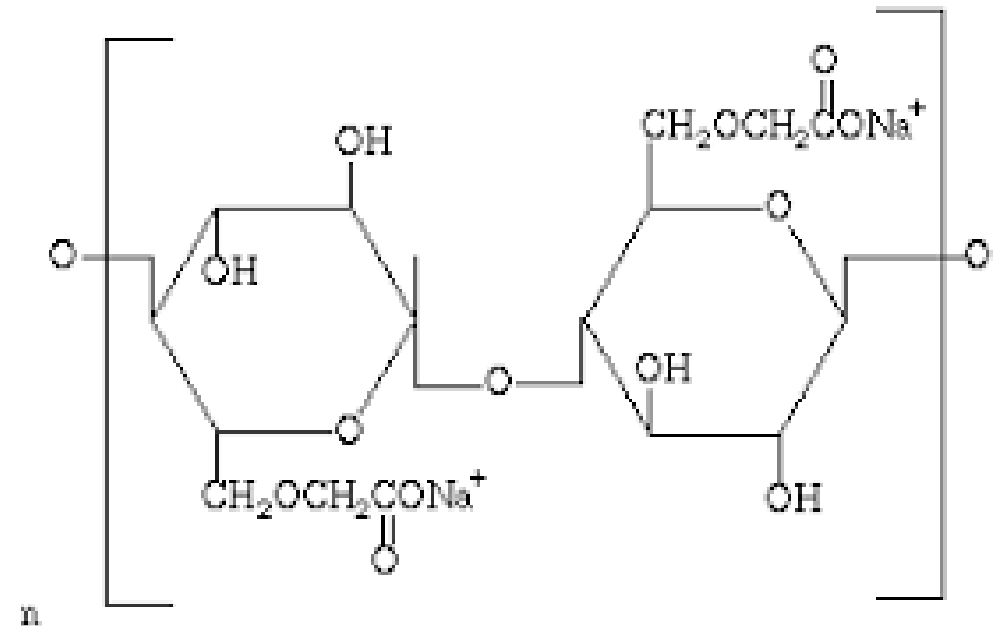
SELULOSA

- Polimer D-glukosa → terangkai pada ikatan β (1-4) glikosidik
- Komponen terbesar penyusun struktur jaringan tanaman darat,
- Pada dinding sel, berkombinasi dengan xilan, pektin, hemiselulosa, dan lignin
- Dapat dimodifikasi secara kimiawi → produk gum selulosa yang dapat larut air
- Selulosa termodifikasi → mampu membentuk koloid maupun gel/jendalan → dimanfaatkan dalam industri pengolahan makanan serta industri lainnya.



SELULOSA

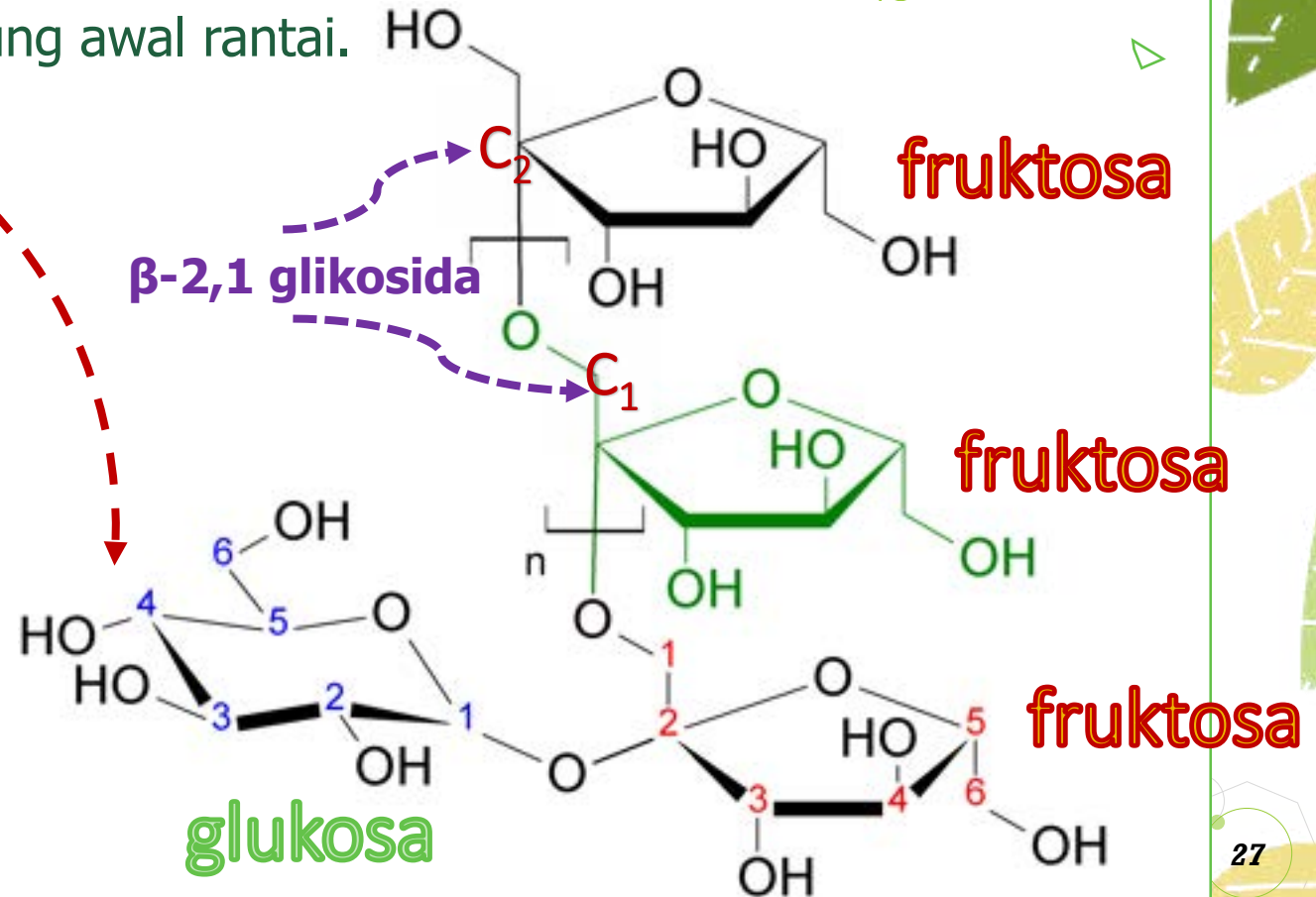
- Contoh produk: Na-carboxymethyl cellulose (Na-CMC) sering dipakai dalam industri makanan (ES KRIM) → pengental, stabilisator, pembentuk gel dan beberapa hal sebagai pengemulsi.



INULIN

- LINEAR POLIFRUKTAN → **polimer fruktosa rantai lurus** → sebagian besar mengandung ± 35 unit fruktosa → dihubungkan dalam rantai lurus oleh ikatan β -2,1 glikosida.
- Tiap inulin mempunyai **glukosa** pada ujung awal rantai.

- Sifat :
- sedikit larut dalam air panas
 - mudah dihidrolisis oleh asam
 - Tidak berfungsi sebagai sumber gizi



INULIN

5 Manfaat Inulin untuk Kesehatan

Inulin merupakan serat pangan yang tersusun dari unit-unit fruktosa. Zat ini termasuk serat pangan larut yang tidak bisa dicerna oleh pencernaan manusia. Saat mencapai usus, inulin juga dapat membantu kinerja usus sebagai prebiotik.



Tambah Bakteri Baik

Jumlah bakteri baik Bifidobacteria & Lactobacilli bertambah untuk mendukung pencernaan dan kesehatan.



Turunkan Berat Badan

Serat pangan larut Inulin yang berasal dari akar Chicory dapat membantu menurunkan berat badan.



Kontrol Gula Darah

Memperlambat pencernaan & proses pengosongan lambung, mengurangi kadar glukosa darah.



Turunkan Kolesterol

Inulin mampu menghalangi penyerapan kolesterol ke dalam tubuh dengan mengikat kolesterol dan membuangnya lewat feses.



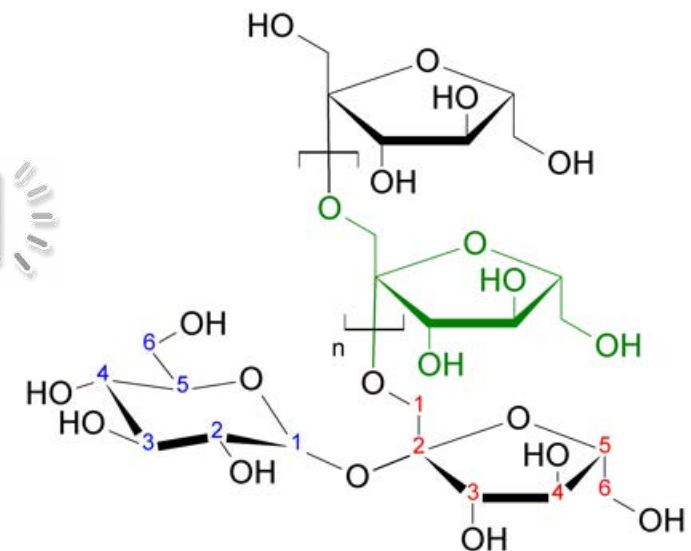
Jaga Kekebalan Tubuh

Inulin mendukung sistem kekebalan tubuh dalam melawan infeksi & bakteri jahat.



Inulin bersifat prebiotik
→ dapat dimakan bakteri baik di usus.

→ **Inulin** yang memiliki tekstur halus dan tidak terasa ketika dikonsumsi



HIDROKOLOID

Polimer larut air yang mampu membentuk koloid dan membentuk gel
Dan mampu mengentalkan larutan → pengental pada aneka produk pangan

Hidrokoloid Alami dari Tanaman

- (1) Polisakarida Anionik dari **Rumput Laut**
Contoh: Agar, alginat, karagenan
- (2) Polisakarida Anionik dari **Exudate/getah**
Contoh: Gom Arabic, gom karaya, gom tragakan
- (3) Polisakarida non-ionik dari **bijian**
Contoh: Guar gum, locust bean gum
- (4) Polisakarida anionik **hasil fermentasi**
Contoh: Xantan, dekstran, gellan gum
- (5) Polisakarida dari **umbi**
Contoh: **glukomanan** dari porang/iles-iles/konyaku/ashitaba

Hidrokoloid Alami dari Hewan

Dari kulit udang atau serangga → **Kitin dan kitosan**

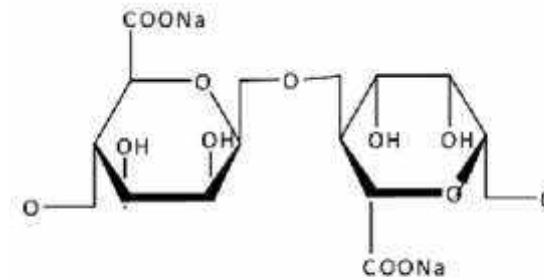


HIDROKOLOID

Polisakarida Anionik

- Memiliki gugus ionik (anion) logam/garam yang terikat pada gugus karboksil (COO^-) → mudah mengion → pembentukan gel dipengaruhi oleh adanya jembatan ikatan kimia antar-ion

Contoh: Struktur sodium alginat



Sodium Alginate

Polisakarida non-ionic

- Tidak memiliki gugus ionik
- Membutuhkan tambahan mineral untuk menjendal
- Contoh: gum guar, membutuhkan kalsium agar bisa menjendal
- Ditambahkan pada produk yang mengandung mineral
- Fungsi: pengental pada produk susu (yogurt, saus keju), ditambahkan di tepung agar hasil akhir roti lebih krispi, mayones, dsb



Klasifikasi Hidrokolloid Alami dari Tanaman

Polisakarida	Komponen Penyusun	Sumber
Agar	Poligalaktosa	Rumput laut alga merah <i>Gracalaria</i>
Alginat	Asam manuronat & guluronat	Alga coklat <i>Laminaria</i>
Karagenan	Poligalaktosa ester asam sulfat	Alga merah <i>Chondus crispus</i>
Gum arabic	L-arabinosa, L-rhamnosa, D-galaktosa, asam D-glucoronat	Exudate tanaman <i>Acacia Senegal</i>
Gum tragacanth	Campuran polisakarida asam, unit asam galakturonat, D-galaktosa, L-fucose, D-xylose, L-arabinosa	Exudate tanaman <i>Astragalus</i>
Locust bean gum	Rantai manosa, dan unit galaktosa	Locust bean (carob bean) dari <i>Ceratonia siliquia</i>
Xantan	Rantai utama selulosa, rantai cabang galaktosa	Mikroba <i>Xanthomonas campestris</i>

Tabel 1. Jenis hidrokoloid, sumber bahan baku, dan bagian yang dapat dimanfaatkan.

Jenis	Sumber bahan baku	Bagian yang dimanfaatkan	Manfaat	Sumber
<u>Pektin</u>	Tomat, jeruk, apel, kangkung, pisang, mangga, wortel, kol, genjer	Kulit buah, buah, daun sayuran	<i>Thickening agent</i> , penstabil	Ziari <i>et al.</i> (2010), Khule <i>et al.</i> (2012), Grassino <i>et al.</i> (2016), Herawati <i>et al.</i> (2013)
<i>Locus Bean Gum</i>	Pohon <i>Ceratonia siliqua</i>	Biji	<i>Thickening agent</i>	Farahnaky <i>et al.</i> (2013)
<i>Guar Gum</i>	Pohon <i>Cyamopsis tetragonolobus L.</i>	Biji	<i>Thickening agent</i> , pengisi, penstabil	Liyanage <i>et al.</i> (2015)
<u>Kitosan</u>	Udang, kerang, kepiting, lobster	Cangkang, kulit	Penstabil, pengisi	Hamed <i>et al.</i> (2016)
Gum Arab	Pohon <i>Acacia senegal</i> , <i>A. Seyal</i>	Ekstrudat	Penstabil	Ali <i>et al.</i> (2009)
Karagenan	Rumput laut	Daun	Pengisi, media	Tobacman (2001)
<i>Xanthan Gum</i>	Mikroorganisme <i>Xanthomonas campestris</i>	Metabolit	Penstabil, emulsifier, pengisi	Gomashe <i>et al.</i> (2013)
Gellan	Mikroorganisme <i>Sphingomonas paucimobilis</i>	Metabolit	Penstabil	Bejaj <i>et al.</i> (2007)
Glukomanan	Pohon <i>Amorphophallus spp</i>	Umbi akar	Pengisi, penstabil, emulsifier	Heyne (1987), Jansen <i>et al.</i> (1996), Sumarwoto (2005)

Pemanfaatan hidrokoloid (Heny Herawati, 2018)

Tabel 3. Pemanfaatan hidrokoloid untuk produk pangan.

Jenis hidrokoloid	Produk pangan	Sumber
Guar Gum, Natrium Alginat, Xanthan Gum	Mie	Jang <i>et al.</i> (2015)
Natrium Alginat, K-Karagenan	Susu	Yanes <i>et al.</i> (2002)
Gum Arab, Selulosa, Pektin, Pati termodifikasi, Galaktomanan	Emulsifier	Dickinson (2003), Garti dan Reichman (1993), Dickinson (2009)
Tragacant, Guar Gum, CMC, Xanthan Gum, Locus Bean Gum	Saos	Sahin dan Ozdemir (2004)
Pektin, Karagenan, Alginat	Selai, selai artifisial, Pengisi roti	Kang dan Veeder (1982)
Alginat, Glukomanan, Pektin	Produk ikan	Ramirez <i>et al.</i> (2011)
Pektin, Xanthan Gum, HPMC	Bread improver	Collar <i>et al.</i> (1999)
Alginat, HPMC, Selulosa, CMC, Tragacant, Guar Gum, Xanthan Gum, Pektin	Produk gorengan	Varela dan Vizsman (2011)
Alginat, Karagenan, Pati	Dessert, puding, Bahan pengisi	Kang dan Veeder (1982)
Natrium Alginat, Glukomanan, Guar Gum	Beras artifisial instan	Herawati <i>et al.</i> (2013), Herawati <i>et al.</i> (2014b)



Pemanfaatan hidrokoloid (Heny Herawati, 2018)

Tabel 4. Pemanfaatan hidrokoloid dalam menghasilkan produk nonpangan.

Jenis hidrokoloid	Produk	Sumber
Glukomanan, gum	Biomedis dan Farmasi	Alonso-Sande <i>et al.</i> (2009), Ahuja <i>et al.</i> (2013), Prajapati <i>et al.</i> (2013)
Glukomanan, CMC, kitosan, karagenan dan gum arab	Edible film	Nugroho (2000), Murni <i>et al.</i> (2013), Santoso <i>et al.</i> (2013)
Karagenan, glukomanan	Gel Matrik Parfum	Fitrah (2013)
Selulosa, pektin, alginat, glukomanan	Bioplastik	Farris <i>et al.</i> (2009)



PEKTIN – AGAR – ALGINAT – KARAGENAN

PEKTAT DAN PEKTIN

- polisakarida struktural → penyusun dinding sel sekunder “lamella tengah” tanaman darat, bersama dengan selulosa dan hemiselulosa → fungsi: perekat antardinding sel
- Sumber: kulit buah apel, kulit buah jeruk, kulit papaya mengkal
- Klasifikasi pektin berdasar derajat metoksilasi dan kekuatan gelnya:
 1. High Methoxy (HM) Pectin → produk permen dengan pH asam → membentuk gel saat total solid melebihi 55% dan pH kurang dari 4.
 2. Low Methoxy (LM) Pectin → permen yang tidak mengandung asam → permen rasa vanilla, karamel, atau peppermint.

Dosis penggunaan pektin untuk membentuk gel antara 0,5-4%.

PEKTIN – AGAR – ALGINAT – KARAGENAN

SENYAWAAN PEKTAT DAN PEKTIN

➤ Gel pektin olahan

1. **Jam** → dibuat dari **bubur buah**, kenampakan keruh
2. **Jelly** → dibuat dari **ekstrak pektin**, kenampakan relatif lebih jernih
3. **Marmalade** → jelly yang diisi irisan-irisan kecil buah, aromanya menarik dan kuat (manisan buah).



- Ketiga gel pektin ini harus mempunyai sifat kukuh (firm) namun halus, mudah dioleskan pada roti tanpa lengket pada alat pengolesnya
- Digunakan di industri sebagai pengental: yoghurt, selai, **jelly** buah, permen, dsb.

PEKTIN – AGAR – ALGINAT – KARAGENAN

AGAR

- Senyawa galaktan dari algae merah Gracilaria dan Gelidium
- Terdiri dari dua fraksi:
 1. agarosa (merupakan galaktan linear netral atau termetilasi sebagian)
 2. agaropektin (mengandung gugus sulfat)
- Bersifat tidak larut dalam air dingin, larut perlahan-lahan dalam air panas, larut dengan baik pada air mendidih
- Larutannya ($\pm 1\%$) menjendal pada suhu 30-40° C, tetapi bila dipanaskan lagi meleleh pada suhu 80-90° C → dikatakan gelnya bersifat “thermalreversible”

PEKTIN – AGAR – ALGINAT – KARAGENAN

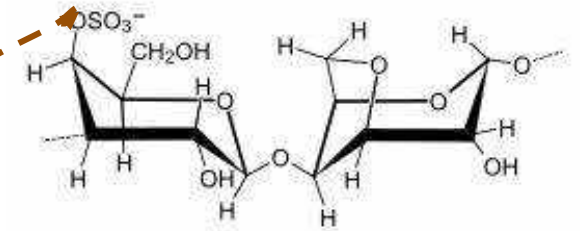
ALGINAT

- Karbohidrat koloidal hidrofilik yang diekstrak dengan basa encer dari beragam spesies alga/ganggang coklat (*Phaeophyceae*) dan *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria digitata*, *L.hyperborea*, *Ascophyllum nodosum*
- Terdapat sebagai campuran garam Ca, Na, K, dan Mg
- Alginat digunakan dalam industri makanan karena sifat-sifat koloidalnya yang unik → *thickening, stabilizing, suspending, film forming, gel producing, emulsion stabilizing*

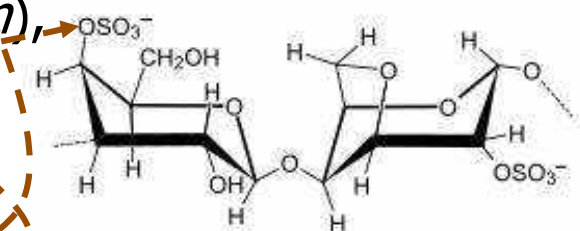
PEKTIN – AGAR – ALGINAT – KARAGENAN

KARAGINAN

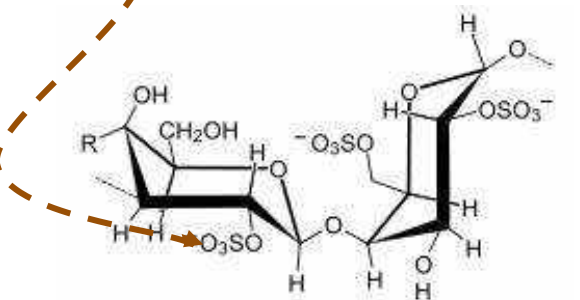
- Poligalaktan,
- sumber: ganggang (alga) merah (Rhodophyceae), terutama dari spesies *Chondrus crispus* dan *Gigartina stellate* (True Carrageenan atau Irish Moss), dan *Eucheuma* (*E.cottonii*, *E. edule*, *E.spinosum*), *Phyllophora*, *Iridophycus*, *Hypnea*, dan *Furcellaria*
- Jenis carrageenan telah diisolasi, bernama κ -, λ -, ι -carrageenan (kappa, lambda, iota)
- Mengandung ester sulfat 18% atau lebih
- Ikatan: α -1,3-glikosidik dan β -1,4-glikosidik secara berselang-seling
- Gel karaginan bersifat "thermal-reversible" seperti agar
- Versi nabati dari gelatin



κ -carrageenan



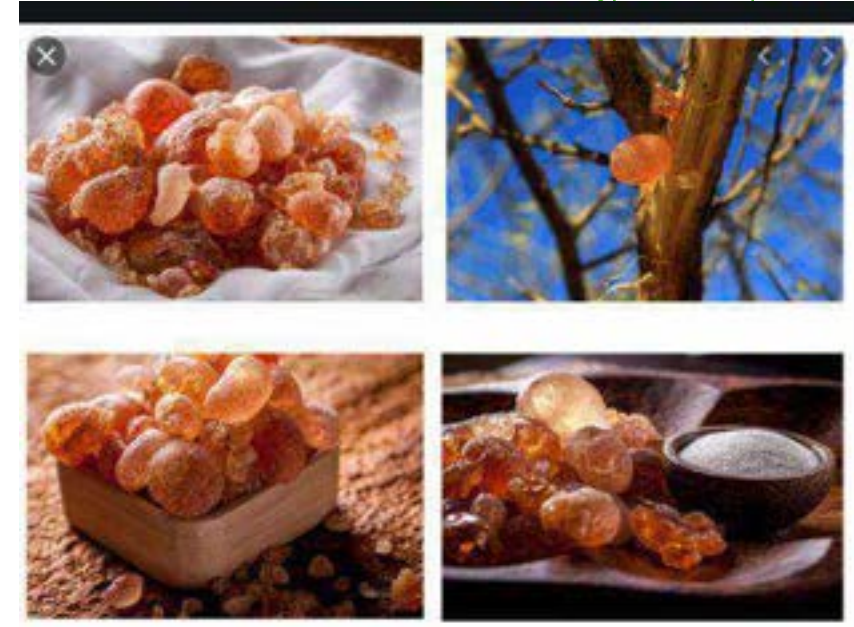
ι -carrageenan



λ -carrageenan

GUM ARAB

- Polisakarida dari getah pohon Acacia Senegal.
- digunakan pada permen untuk mencegah melting/meleleh khususnya pada permen gum dengan kadar padatan terlarut yang tinggi,
- Ditambahkan dalam sirup yang dipakai untuk mengcoating/melapisi permen → gum arab mencegah pengkristalan kembali gula dan sebagai perekat agar lapisan coating menempel pada produk.
- Konsentrasi yang dipergunakan sekitar 2-3% dari total sirup coating.
- sebagai perekat dan menjaga FLAVORANT/perisa dan aroma → rasa permen dapat dinikmati lebih lama
- Jenis gum arab untuk pembuatan permen → gum arab standar dan gum arab instan.
- Aplikasi → gum arab standar dilarutkan dalam air, rasio 50 : 50.



Eksudat gom arab dari pohon Akasia Senegal
(nama latin *Acacia Senegal*)

GuM XANTHAN

- Polisakarida dari hasil fermentasi aerob *Xanthomonas campestris*.

Sifat:

- dapat larut dalam air dingin
- Dapat menghasilkan gel yang bersifat kohesif → membantu mengurangi kemungkinan kebocoran sirup pada permen dengan sirup di bagian tengahnya.
- Xanthan gum **tidak cocok** digunakan bersamaan dengan gum arab pada permen dengan pH rendah.
- **Cocok** digunakan dengan pati dan pektin.

Fungsi: pengental pada pembuatan permen.



CONTOH PRODUK Hidrokoloid



selulosa

karageenan

agar

Serat larut air



Selamat
melanjutkan
belajar

wahidah.rahayu@tp.uad.ac.id





Kimia Pangan

Enzim

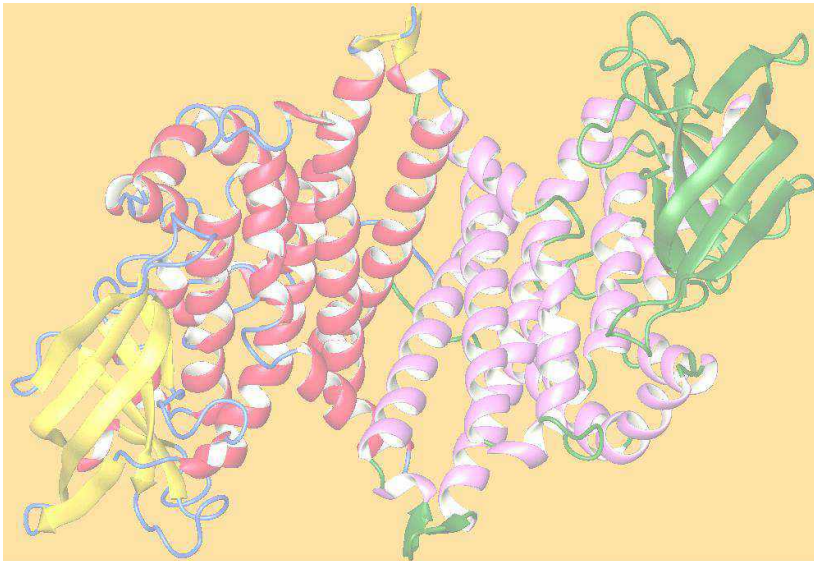
Wahidah Mahanani R. STP, M.Sc.
Teknologi Pangan UAD

Materi Kuliah

Pokok Bahasan	TIK	Sub Pokok bahasan
Protein	Mahasiswa mampu menjelaskan struktur serta fungsi asam amino dan protein, termasuk enzim	<ul style="list-style-type: none">• Struktur kimia asam amino dan protein• Sifat fisikokimia asam amino dan protein• Klasifikasi protein• Denaturasi protein• Sifat fungsional protein• Enzim (tatanama dan spesifisitas enzim)

ENZIM

- Molekul protein yang dihasilkan sel hidup
- Katalis reaksi biokimia \Rightarrow reaksi spesifik
- Secara molekuler:
 - \Rightarrow merupakan protein yang tersusun atas serangkaian asam amino dalam komposisi dan sekuens yang teratur dan tetap \rightarrow membentuk struktur 3 dimensi
 - \Rightarrow “**Sisi Aktif**” (bag permukaan enzim yang berinteraksi dengan substrat) \rightarrow terdiri dari beberapa asam amino



FUNGSI & CARA KERJA ENZIM

Fungsi utama enzim → katalisator proses biokimia yg terjadi didalam sel maupun di luar sel

Suatu enzim dapat **mempercepat reaksi 10^8 dan 10^{11} kali lebih cepat** daripada reaksi yang dilakukan tanpa katalisator.

Enzim bekerja dengan **menurunkan energi aktivasi suatu reaksi kimia** --- sehingga dengan diperkecilnya energi aktifasi oleh enzim maka reaksi berlangsung lebih mudah dan lebih cepat.

Tabel 5-8: Energi aktivasi beberapa reaksi

No.	Reaksi	Enzim	Energi aktivasi	
			Tanpa Enzim	Dengan Enzim
1.	Pemecahan H_2O_2	Katalase	18.000	5.000
2.	Hidrolisa sukrosa	Fruktosidase	26.000	11.000
3.	Hidrolisa koenzim	Tripsin	20.000	12.000
4.	Hidrolisa lipida	Lipase	13.200	4.200

Sumber: Z.Berk, 1976, *The Biochemistry of Foods*, hal.44.

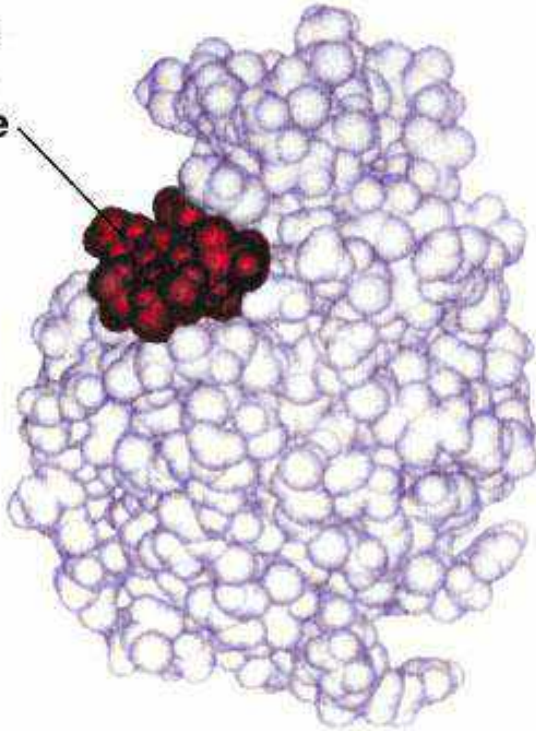
Komplek enzim substrat

- ❑ Agar reaksi enzimatik dapat berlangsung (reaksi yg berlangsung dgn bantuan enzim), maka harus terdapat hubungan atau kontak antara enzim dan substrat.
- ❑ Oleh karena ukuran enzim → substrat, maka tidak seluruh enzim yang bisa kontak dengan substrat. Kontak antara substrat dengan enzim terjadi pada bagian tertentu dari bagian aktif.

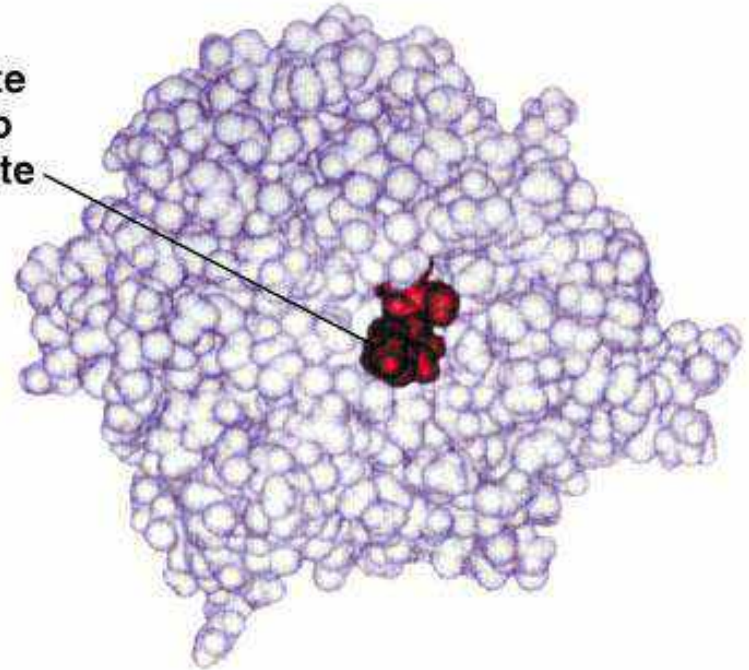
Kontak hanya mungkin terjadi apabila bagian aktif dari enzim mempunyai ruang yang tepat untuk menampung substrat yang sesuai.

- ▶ Enzim memiliki sisi aktif = bagian yang berikatan dengan substrat

Substrate bound to active site



Substrate bound to active site

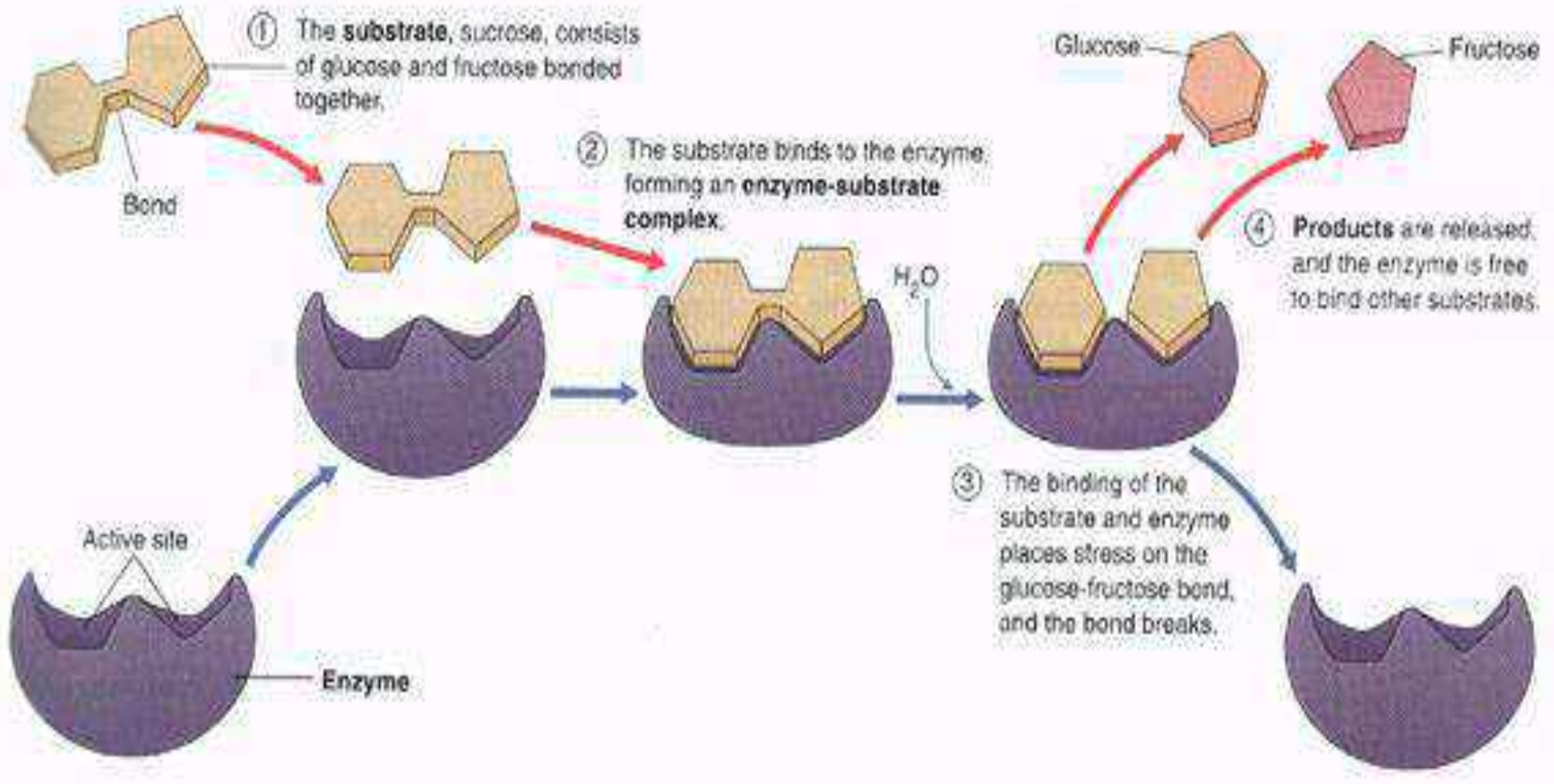


(a) Lysozyme

(b) Carboxypeptidase

Cara Kerja Enzim:

→ mempercepat, meningkatkan reaksi kimia



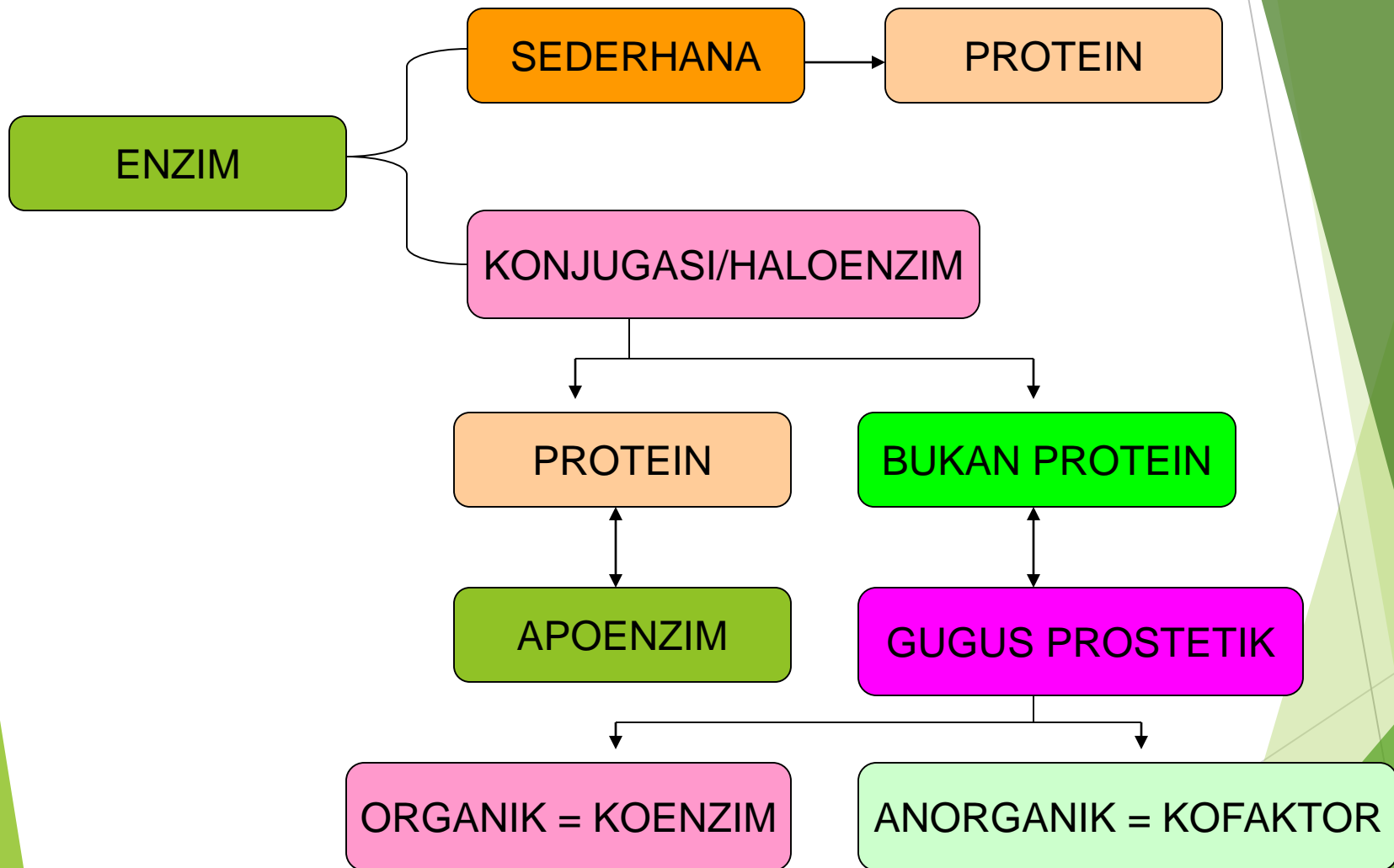
Sumber Enzim

- ▶ Plant
 - ▶ Kedelai: lipoksigenase
- ▶ Animal
 - ▶ Sapi: renin
- ▶ Microbial sources
 - ▶ Bakteri asam laktat: memproduksi enzim proteolitik → membantu degradasi protein keju

PROTEIN KATALITIK (ENZIM)

- Enzim → katalis biologis
- Enzim bersifat spesifik terhadap substratnya
- Enzim mempercepat reaksi pada kondisi physiologic (suhu 37°C dan pH netral)
- Enzim tidak mengubah kesetimbangan reaksi tetapi mempercepat reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi reaksi

KOMPONEN ENZIM



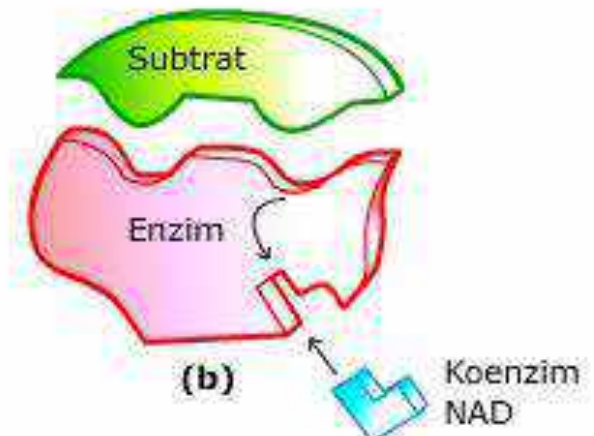
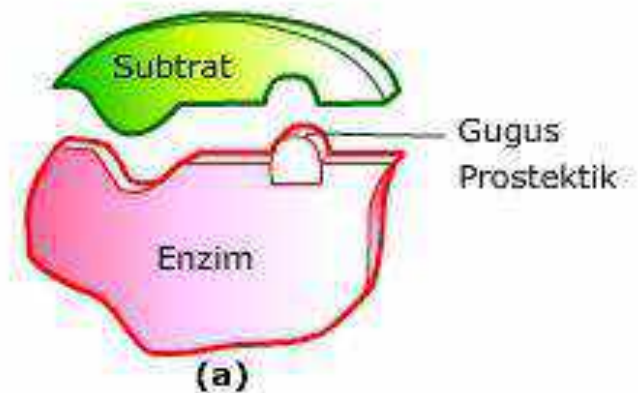
- Koenzim: komponen bukan protein yang membantu aktivitas enzim dalam bentuk senyawa organik

Tabel 5-1.: Beberapa koenzim logam dan senyawa organik

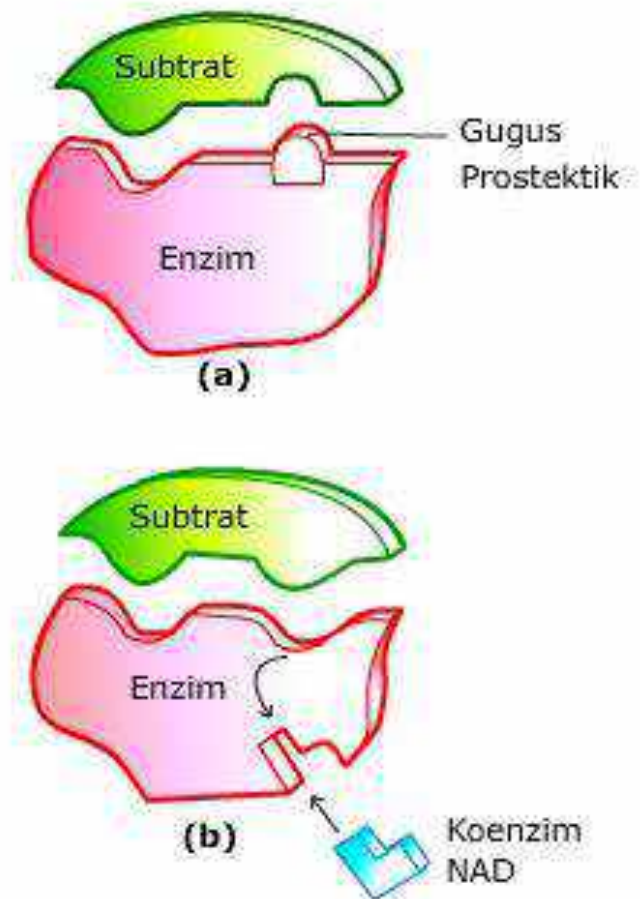
No.	Kode	Nama kepanjangan	Memindah
<i>Koenzim logam:</i>			
1.	Zn ⁺⁺	Ion Zink	
2.	Mg ⁺⁺	Ion Magnesium	
3.	Fe ⁺⁺	Ion Fero	
4.	Fe ⁺⁺⁺	Ion feri	
5.	Cu ⁺⁺	Ion Cupri	
6.	Cu ⁺	Ion Cupro	
7.	K ⁻	Ion Kalium	
8.	Na ⁺	Ion Natrium	

Tabel 5-1.: Beberapa koenzim logam dan senyawa organik (lanjutan)

No.	Kode	Nama kepanjangan	Memindah
<i>Koenzim senyawa organik :</i>			
1.	NAD ⁺	Nikotinamida Adenin Dinukleotida	hidrogen
2.	NADP	Nikotinamida Adenin Dinukleotida Phosphate	hidrogen
3.	FMN	Flavin Mono Nukleotida	hidrogen
4.	FAD	Flavin Adenin Dinukleotida	hidrogen
5.	KoQ	Koenzim-Q atau Quinon	hidrogen
6.	Sit	Sitokrom	elektron
7.	Fd	Ferrodoksin	elektron
8.	ATP	Adenosin Tri Phosphate	gugus fosfat
9.	PAPS	Phospho Adenil Sulfat	gugus sulfat
10.	UDP	Uridina Di Phosphate	gula
11.	Biotin	Biotin	karbonil
12.	KoA	Koenzim-A	asetil
13.	TPP	Tiamin Piro Phosphate	C ₂ -aldehida



- Kofaktor: komponen bukan protein yang membantu aktivitas enzim dalam bentuk senyawa anorganik
- Apoenzim: bagian dari enzim yang berupa protein
- Holoenzim: seluruh bagian enzim; enzim yang strukturnya sempurna dan aktif mengkatalisis bersama koenzim/kofaktor
- Gugus prostetik: kofaktor/koenzim yang terikat kuat pada enzim



How important in food processing?

Desirable:

- ▶ Used in food processing:
 - ▶ Papain tenderizes meat
 - ▶ Amylase/glucoamylase is used in the production of glucose
 - ▶ Proteases in the production of bread
- ▶ To measure adequacy of processing
 - ▶ Phosphatase in milk pasteurization and catalase and peroxidase in vegetable blanching.

Undesirable:

- ▶ Cause quality changes in food color, texture, flavor and odor during storage and use
 - ▶ Lipases produce rancidity
 - ▶ Polyphenol oxidase results in enzymatic browning
 - ▶ Lipoxigenase produces off-flavor in soymilk

Examples of Several Food Enzymes

Food Enzyme	Reaction
Amylase	Hydrolysis of starch
Chlorophyllase	Changes color of chlorophyll
Catalase	Decomposition of hydrogen peroxide (H ₂ O ₂)
Glucose oxidase	Oxidation of glucose
Lactase	Hydrolysis of lactose
Lipase	Hydrolysis of triglycerides
Lipoxygenase	Oxidation of unsaturated lipid
Pectinase	Clarification of wines; modification of jam jelly texture
Peptidase	Hydrolysis of proteins
Polyphenol oxidase (PPO)	Browning of fruits and vegetables
Proteases	Elimination of chill haze on cold meat packaging; meat tenderizers
Rennet	Coagulation of milk protein
Sucrase	Hydrolysis of sucrose

Bau Langu (*Beany Flavor*)

- ▶ Disebabkan enzim lipoksigenase yang aktif dengan penghancuran jaringan
- ▶ Enzim lipoksigenase menghidrolisa asam lemak tidak jenuh menghasilkan senyawa volatil.
 - ▶ Pencegahan: pemanasan untuk inaktivasi lipoksigenase, pH rendah untuk penghambatan aktivitas enzim, ekstraksi lemak

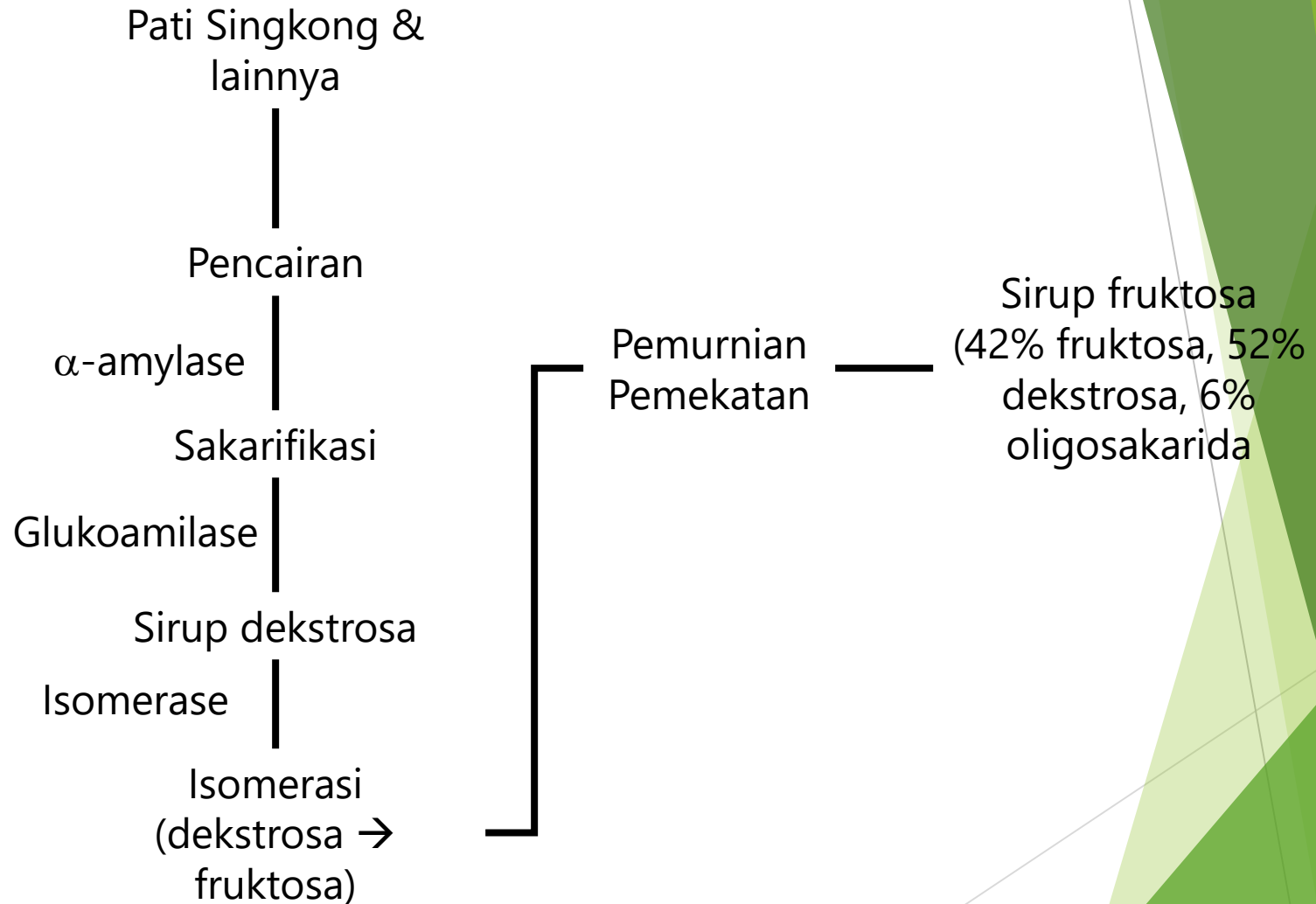
Characteristics of starch degrading enzyme

Enzymes	Sources	Hydrolytic activity	Products
α -amylase	Humans, animals, plants, m.o.	Random from non-reducing end at α -1,4 glycosidic linkage	Mixture of glucose, maltose, oligosaccharides, and limit dextrans
β -amylase	Humans, some plants, m.o.	Stepwise from non-reducing end at alternate α -1,4 glycosidic linkage	Maltose and limit dextrans
Glucoamylase	Humans, animals, m.o.	α -1,4 and α -1,6 glycosidic linkages	Glucose
Debranching			
Limit dextrinase	Plants	α -1,6 glycosidic linkages	Mixture of oligosaccharides
Isoamylase	Microorganisms	α -1,6 glycosidic linkages	Mixture of oligosaccharides
Pullunase	Microorganisms	α -1,6 glycosidic linkages	Mixture of oligosaccharides

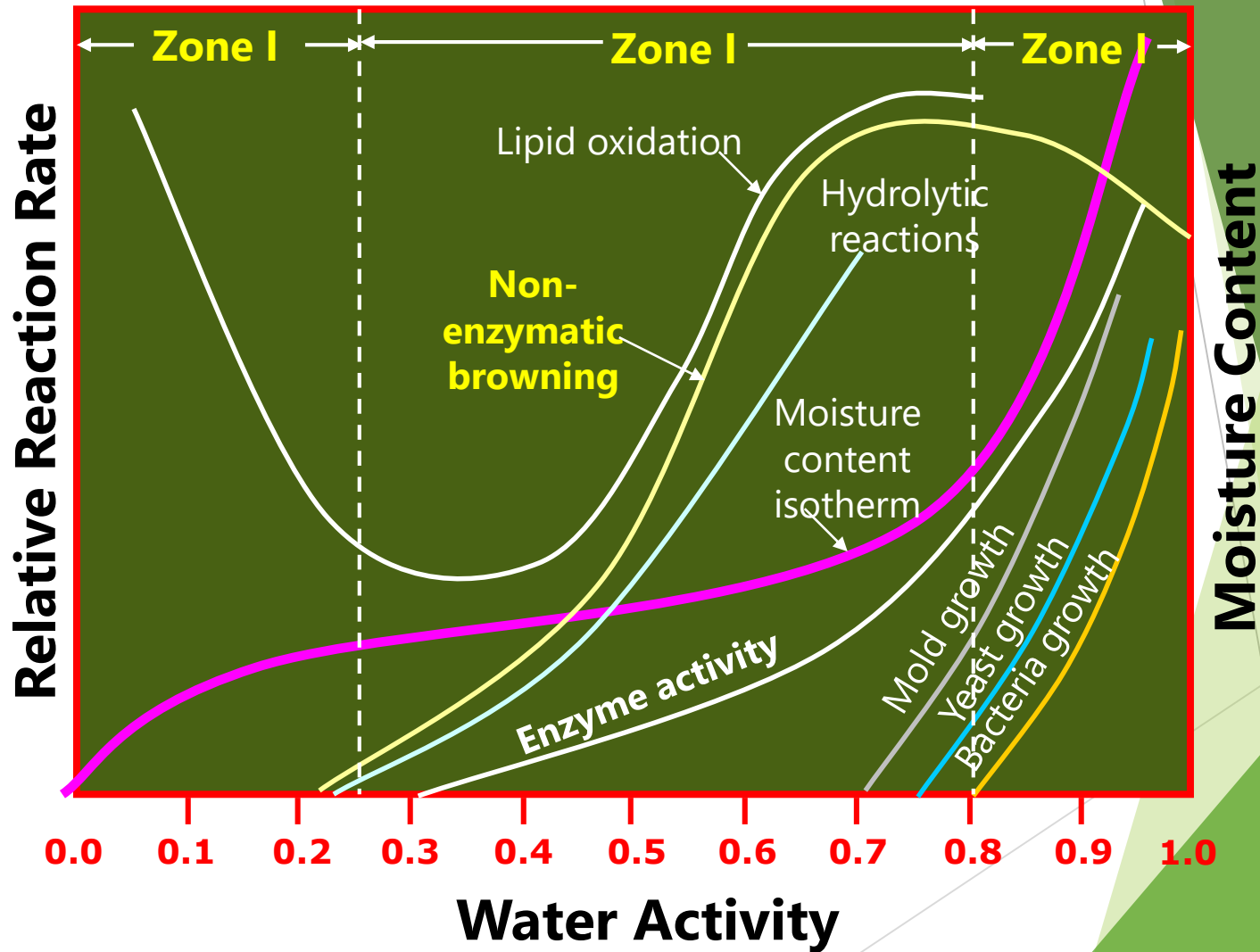
Pemanfaatan Enzim di industri roti

- ▶ Adonan roti: kuat dan elastis yang dapat menahan gelembung gas → membentuk volume roti yang besar.
- ▶ Tepung terigu mengandung sedikit gula yang dapat difermentasi (0.5% mono dan disakarida) → tidak cukup untuk proses fermentasi untuk menghasilkan adonan yang baik dan volume roti yang besar.
- ▶ Ditambahkan α -amylase untuk menghasilkan maltosa dari pati terigu → digunakan oleh *Sacharomyces cereviceae* untuk membentuk gas CO₂ dan etanol.

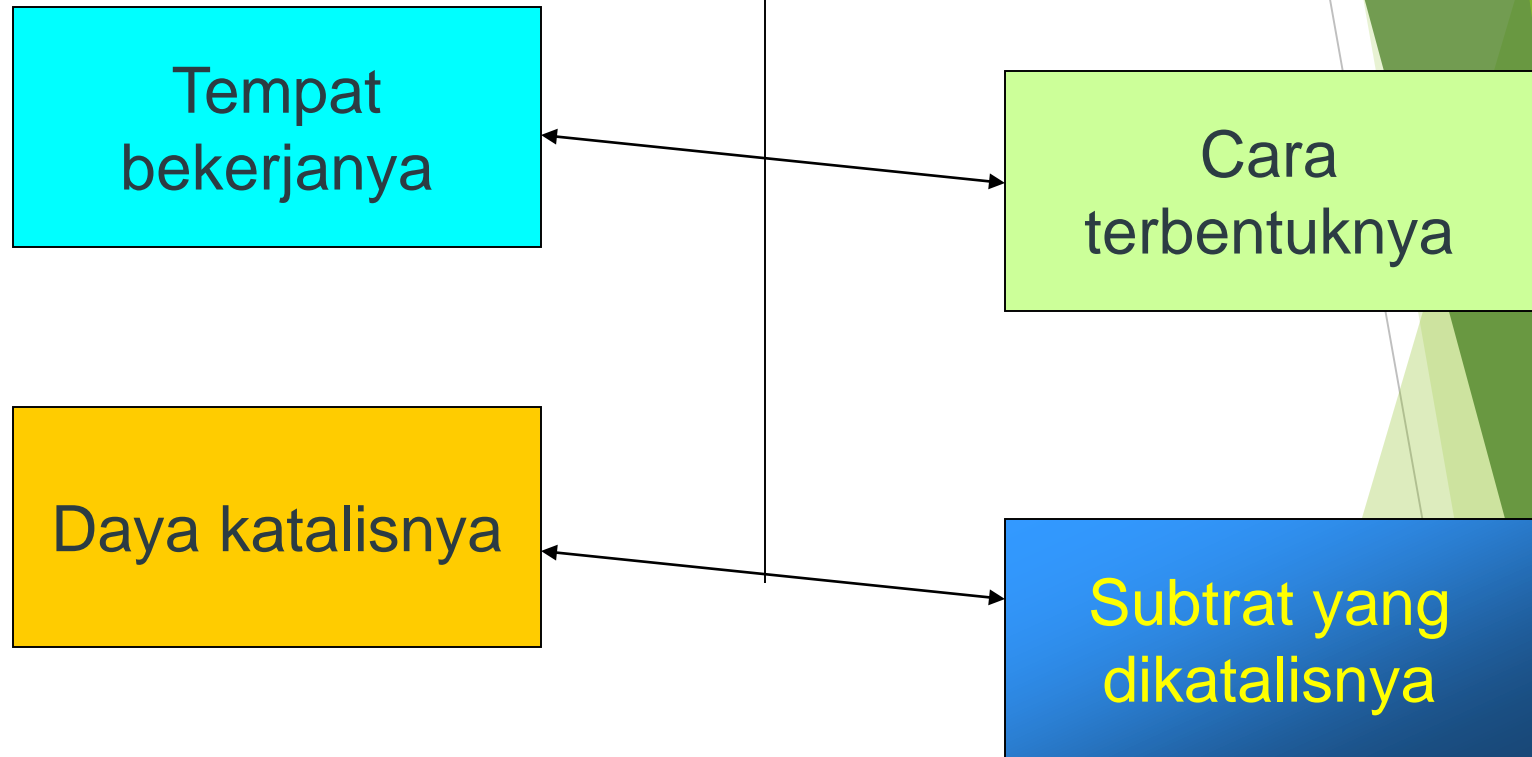
Skema pembuatan sirup fuktosa



Reaction Rates in Food as a Function of Water Activity



Penggolongan enzim



Tempat bekerjanya

- ▶ Endo enzim = intraseluler
berkerja di dalam sel
- ▶ Eksoenzim = ekstraseluler
berkerja di luar sel

Cara terbentuknya

- ▶ Enzim konstitutif

Enzim yang jumlahnya tetap dalam sel, tidak dipengaruhi substrat

- ▶ Enzim adaptif

Enzim yang pembentukannya dirangsang oleh adanya substrat

Subtrat yang dikatalisnya

- ▶ Protease
- ▶ Amilase
- ▶ Lipase
- ▶ Laktase
- ▶ Seloluse

• Tata Nama Enzim dan Klasifikasi

- Berdasarkan sumber enzim \Rightarrow (+) in, nama dagang (papain, bromelin, fisin, pankreatin)
- Berdasarkan jenis reaksi, jenis substrat atau bentuk yang dihasilkan \Rightarrow (+)-ase (lipase, protease)
- “International Union of Biochemistry”
 \Rightarrow **E.C. (Enzyme Commission) + 4 bilangan**
(alkohol dehidrogenase \Rightarrow E.C.1.1.1.1)

Digit 1: kelas enzim (6): oksidoreduktase, transferase, hidrolase, liase, isomerase, dan ligase \rightarrow

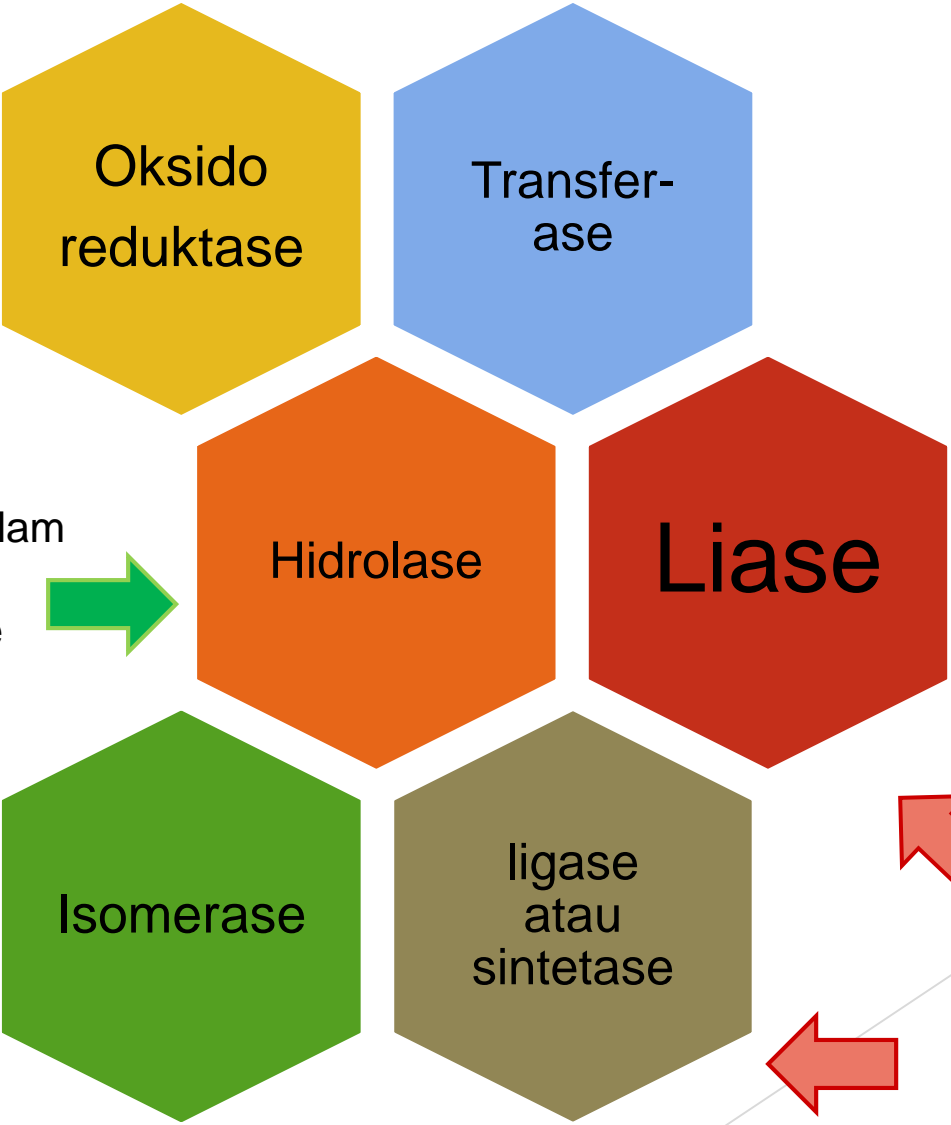
Digit 2: subklas enzim

Digit 3: sub-subklas enzim

Digit 4: Nomor seri enzim pada sub-subklas

Klasifikasi enzim berdasarkan daya katalis,

menurut *Commission of Enzymes of the International Union of Biochemistry*



Banyak digunakan dalam pengolahan pangan:
Oksidoreduktase
Hidrolase

jarang digunakan dalam pengolahan pangan:
Liase
Ligase

Oxidoreduktase (1)

- ▶ Enzim yang mengkatalisis reaksi oksidasi-reduksi, yang merupakan pemindahan elektron, hidrogen atau oksigen.
contoh, oksigenase, dehidrogenase
- ▶ Yang utama:
 - ▶ **Oksidase:** mengkatalisis reaksi antara substrat dengan molekul oksigen.
 - ▶ Katalase, peroksidase, tirosinase, asam askorbat oksidase, lipoxidase (lipoxygenase)
 - ▶ **Dehidrogenase:** enzim yang aktif dalam pengambilan atom hidrogen dari substrat.
 - ▶ Suksinat dehidrogenase: memecah asam glutamat menjadi asam ketoglutarat dan NH_3
 - ▶ Laktat dehidrogenase: memecah asam laktat menjadi asam piruvat.

Transferase (2)

- ▶ Enzim yang mengkatalisis pemindahan gugusan molekul (transfer) suatu radikal atau gugus dari suatu molekul ke molekul yang lain ($AB + C \rightarrow A + CB$)
contoh: Transaminase, Transfosforilase, dan Transasilase.
- ▶ Yang utama:
 - ▶ **Fosforilase:** memecah ikatan glikosida α -1,4 pati dengan pertolongan ion fosfat membentuk α -D-glukosa-1-fosfat.
 - ▶ **Transfosforilase:** memindahkan gugus fosfat dari suatu molekul ke molekul lainnya, misal memindahkan gugus fosfat dari ATP kepada heksosa menghasilkan heksosa-monofosfat dan ADP.

Transferase (2)

- ▶ **Transaminase:** mengkatalisis reaksi antara asam amino α dan asam α -keto menghasilkan asam amino baru dan asam keto baru. Misal reaksi antara asam glutamat dan asam oksaloasetat menghasilkan asam α -ketoglutarat dan asam aspartat.
- ▶ **Transmetilase:** mengkatalisis pemindahan gugus metil dari suatu molekul ke molekul lainnya. Contoh: memindahkan gugus metil dari metionin kepada asam guanidoasetat membentuk homosistein dan kreatin.
- ▶ **Transasetilase:** membentuk molekul bergugus asetil.

Hidrolase (3)

- ▶ Mengkatalisis reaksi hidrolisis suatu substrat atau pemecahan substrat dengan pertolongan molekul air.
- ▶ Yang utama:
 - ▶ **Lipase:** menghidrolisis ikatan ester pada lemak alami menjadi gliserol dan asam lemak.
 - ▶ **Glikosidase:** menghidrolisis ikatan glikosida
 - ▶ **Aminopeptidase (tripsin):** menghidrolisis ikatan peptida.
 - ▶ **Urease:** menghidrolisis urea menjadi amonia dan CO_2 .

Liase (4)

- ▶ Enzim yang aktif dalam pemecahan ikatan C-C dan ikatan C-O dengan tidak menggunakan molekul air.
- ▶ mengkatalisis pengambilan atau penambahan gugusan dari suatu molekul tanpa melalui proses hidrolisis
- ▶ Yang utama:
 - ▶ **Dekarboksilase:** memecah ikatan C-C
 - ▶ **Karbonat anhidrase:** memecah ikatan C-O

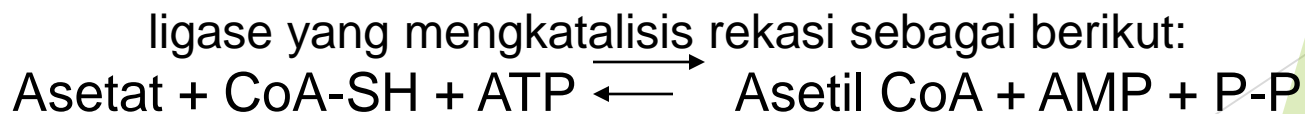
Isomerase (5)

- ▶ Enzim yang mengkatalisis reaksi perubahan konfigurasi molekul dengan cara pengaturan kembali atom-atom dalam molekul substrat, sehingga dihasilkan molekul baru yang merupakan isomer dari substrat, misal merubah aldosa menjadi ketosa.
- ▶ Yang utama:
 - ▶ **Fosfoheksosa isomerase:** mengubah glukosa 6-P (glukosa 6-fosfat) menjadi fruktosa 6-P
 - ▶ **Fosfomanosa isomerase:** merubah glukosa 6-P menjadi manosa 6-P

Ligase (6)

- ▶ Enzim yang mengkatalisis reaksi penggabungan dan mengkatalisis pembentukan ikatan-ikatan tertentu, misalnya pembentukan ikatan C-O, C-C dan C-S dalam biosintesis ko-enzim A serta pembentukan ikatan C-N dalam sintesis glutamin.

contoh adalah enzim asetat=CoASH



Nomor Kode Enzim (EC)

- ▶ Terdiri dari 4 digit:
 - ▶ Digit 1: Nomor urut dari salah satu 6 pembagian umum.
 - ▶ Digit 2: Subklas, substrat, atau jenis reaksi
 - ▶ Digit 3: Subklas, jenis reaksi yang lebih detail lagi, biasanya memerlukan NAD dan ko-enzim
 - ▶ Digit 4: nomor seri dalam subklas tersebut.

Pedoman Klasifikasi Enzim

▶ Oksidoreduktase

- ▶ 1.1. Bekerja pada gugus -CHOH
- ▶ 1.2. Bekerja pada gugus keton atau aldehida
- ▶ 1.3. Bekerja pada gugus -CH-CH-
- ▶ 1.4. Bekerja pada gugus -CH-NH₂
- ▶ 1.5. Bekerja pada gugus -C-NH-
- ▶ 1.11. Bekerja pada gugus H₂O₂

Pedoman Klasifikasi Enzim

▶ Tranferase

- ▶ 2.1. Pemindahan (transfer) gugus satu carbon seperti metil atau karboksil
- ▶ 2.2. Pemindahan gugus aldehida dan keton
- ▶ 2.3. Pemindahan gugus asil
- ▶ 2.4. Pemindahan gugus glikosil
- ▶ 2.5. Pemindahan gugus alkil
- ▶ 2.6. Pemindahan gugus nitrogen
- ▶ 2.7. Pemindahan gugus yang mengandung fosfor
- ▶ 2.8. Pemindahan gugus yang mengandung sulfur

Pedoman Klasifikasi Enzim

▶ Hidrolase

- ▶ 3.1. Bekerja pada ikatan ester
- ▶ 3.2. Bekerja pada senyawa glikosil
- ▶ 3.3. Bekerja pada ikatan ester-tio
- ▶ 3.4. Bekerja pada ikatan peptida
- ▶ 3.5. Bekerja pada ikatan C-N yang bukan peptida
- ▶ 3.6. Bekerja pada ikatan asam anhidrida
- ▶ 3.7. Bekerja pada ikatan C-C
- ▶ 3.8. Bekerja pada ikatan halida

Pedoman Klasifikasi Enzim

▶ Liase

- ▶ 4.1. Bekerja pada $-C=C-$
- ▶ 4.2. Bekerja pada $-C=O$
- ▶ 4.3. Bekerja pada $C=N-$
- ▶ 4.4. Bekerja pada $-C=S$
- ▶ 4.5. Bekerja pada C-halida

Pedoman Klasifikasi Enzim

▶ Isomerase

- ▶ 5.1. Rasemase dan epimerase
- ▶ 5.2. Cis-trans isomerase
- ▶ 5.3. Oksidoreduktase intramolekul
- ▶ 5.4. Transferase intramolekul
- ▶ 5.5. Liase intramolekul

Pedoman Klasifikasi Enzim

▶ Ligase

- ▶ 6.1. Pembentukan ikatan C-O
- ▶ 6.2. Pembentukan ikatan C-S
- ▶ 6.3. Pembentukan ikatan C-N
- ▶ 6.4. Pembentukan ikatan C-C

Nomenklatur enzim yang penting dalam pengolahan pangan

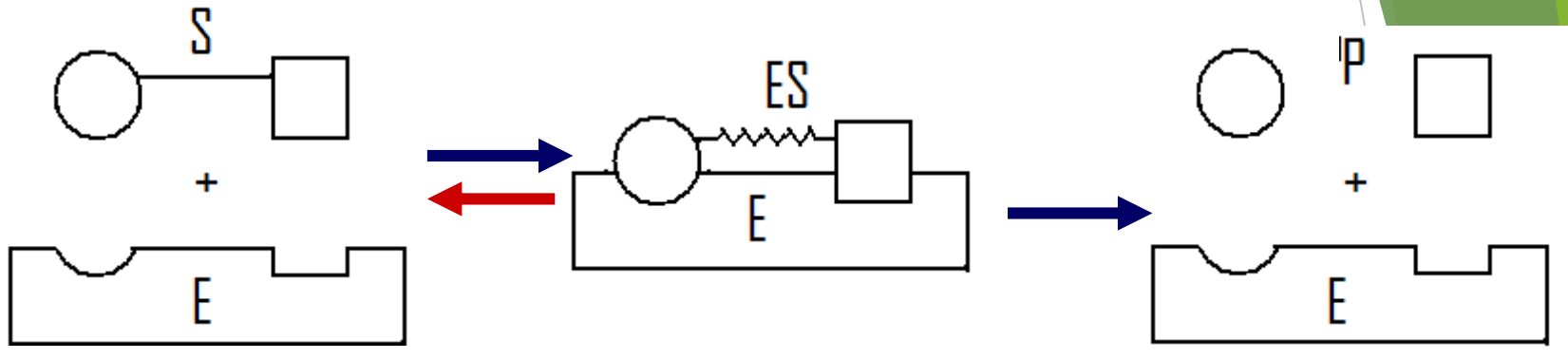
No. EC	Nama sistematisnya	Nama trivial
1. Oksido-reduktase		
1.1.3.4.	β -D-glukosa: O ₂ oksidoreduktase	Glukosa oksidase
1.10.3.1	o-difenol: O ₂ oksidoreduktase	Katekol oksidase
1.11.1.6	H ₂ O ₂ : H ₂ O ₂ oksidoreduktase	Katalase
1.11.1.7	Donor: H ₂ O ₂ oksidoreduktase	Lipoksigenase/lipoksidase

No. EC	Nama sistematisnya	Nama trivial
2. Transferase		
2.1.1.5.	α -1,6-glucan; D-fruktosa 2 glukosil transferase	Dekstran sukrase
2.4.1.19	α -1,4-glukan-4glisil transferase	Enzim B. macerans
3. Hidrolase		
3.1.1.1.	Karbolik ester hidrolase	Karboksil esterase
3.1.1.3.	Gliserol ester hidrolase	Lipase
3.1.1.11	Pektin pektil hidrolase	Pektin esterase
3.2.1.1.	α -1,4-glukan glukanohidrolase	α -amilase
3.2.1.2.	α -1,4-glukan maltohidrolase	β -amilase
4. Isomerase		
5.3.1.9.	D-glukosa-6-fosfat ketol isomerase	Glukosa isomerase

Kinetika enzim

- ▶ Aktivitas enzim = kecepatan enzim untuk melakukan katalis pada substrat, satuannya Unit (U)
- ▶ 1 U = Jumlah enzim yang bekerja sehingga terjadi perubahan 1 mikromol substrat per menit pada suhu 25°C
- ▶ Atau: μmol konversi substrat menjadi produk per menit
- ▶ Makin tinggi nilai unit \rightarrow nilai aktivitas makin tinggi

Kinetika enzim



E = enzim

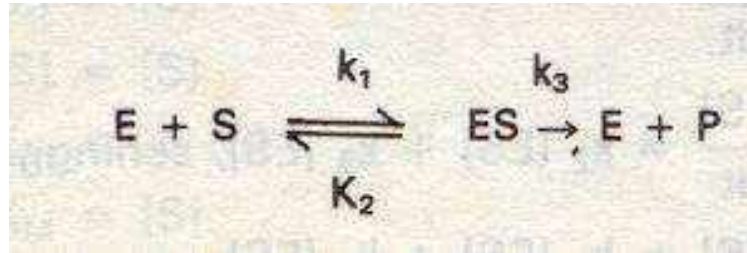
S = substrat

ES = kompleks enzim substrat

P = hasil reaksi

$$K_m = \frac{k_2 + k_3}{k_1}$$

◇ Leoner Michaelis dan Maud Menten mengajukan suatu model, bahwa dalam suatu reaksi enzim selalu terbentuk senyawa peralihan ES.



◇ E dan S membentuk kompleks ES → konstanta kecepatan k_1 .

◇ Kompleks ES kemudian mengalami 2 kemungkinan penguraian:

1. kembali terurai menjadi E dan S → konstanta kecepatan k_2 ,

atau

2. melanjutkan reaksi dengan menghasilkan produk (P) dan enzim terlepas (E) → konstanta k_3 ,

◇ dengan asumsi tidak ada P yang dapat diubah lagi menjadi S



$$K_m = \frac{k_2 + k_3}{k_1}$$

- ▶ Km (Konstanta Michaelis) → kesetimbangan disosiasi/pemisahan kompleks ES menjadi **enzim dan substrat** (reaksi ES balik ke kiri)
- ▶ Nilai Km kecil berarti **enzim mempunyai afinitas tinggi terhadap substrat** maka kompleks ES sangat mantap, sehingga kesetimbangan reaksi kearah kompleks ES.
- ▶ Apabila nilai Km besar berarti enzim mempunyai afinitas rendah terhadap substrat, sehingga kesetimbangan reaksi ke arah E + S.

Model Michaelis-Menten

. Persamaan Michaelis-Menten

$$V_{\text{init}} = \frac{V_{\text{max}} [S]}{K_M + [S]}$$

$$V_{\text{max}} = \frac{V_{\text{initial}} (K_M + [S])}{[S]}$$

Menyatakan bahwa kecepatan reaksi mula-mula suatu enzim dengan afinitas/kecocokan E dan S tertentu (K_m) akan meningkat seiring dengan naiknya jumlah/konsentrasi substrat hingga kadar tertentu.

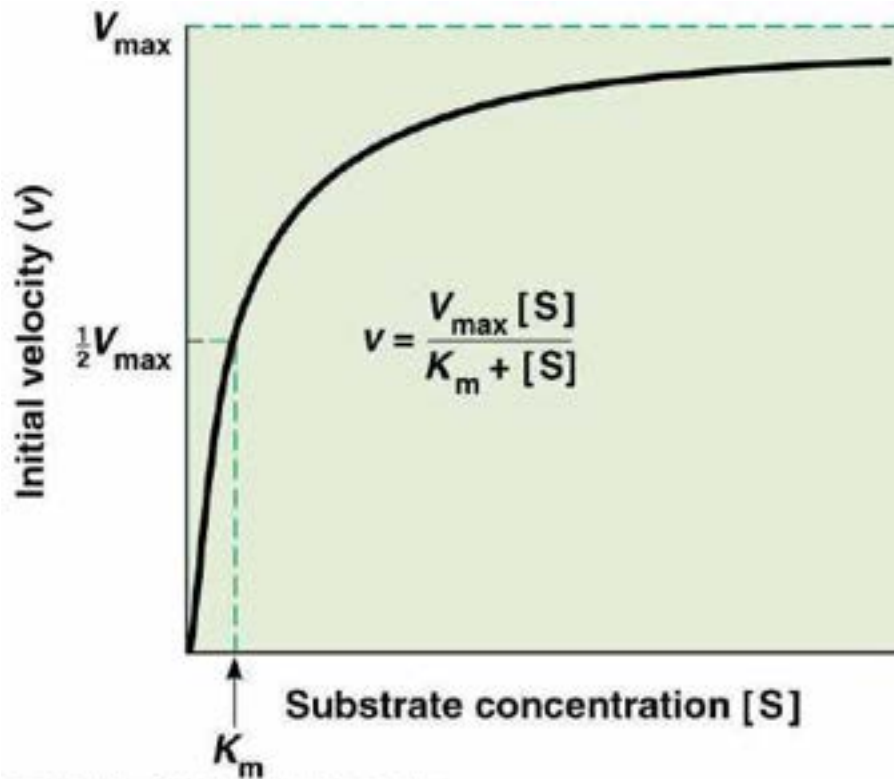
Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap kecepatan reaksi enzimatik

- Pada konsentrasi substrat yang amat rendah, kecepatan reaksi pun amat rendah.
- Kecepatan reaksi akan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi substrat.

Pengaruh Konsentrasi Substrat terhadap kecepatan reaksi enzimatik

- Pada titik tertentu, peningkatan konsentrasi substrat tidak dapat meningkatkan kecepatan reaksi (enzim menjadi jenuh oleh substratnya dan tidak dapat berfungsi lebih cepat).
- Pada saat kecepatan reaksi tidak berubah lagi disebut mencapai kecepatan Maksimum (V_{\max})

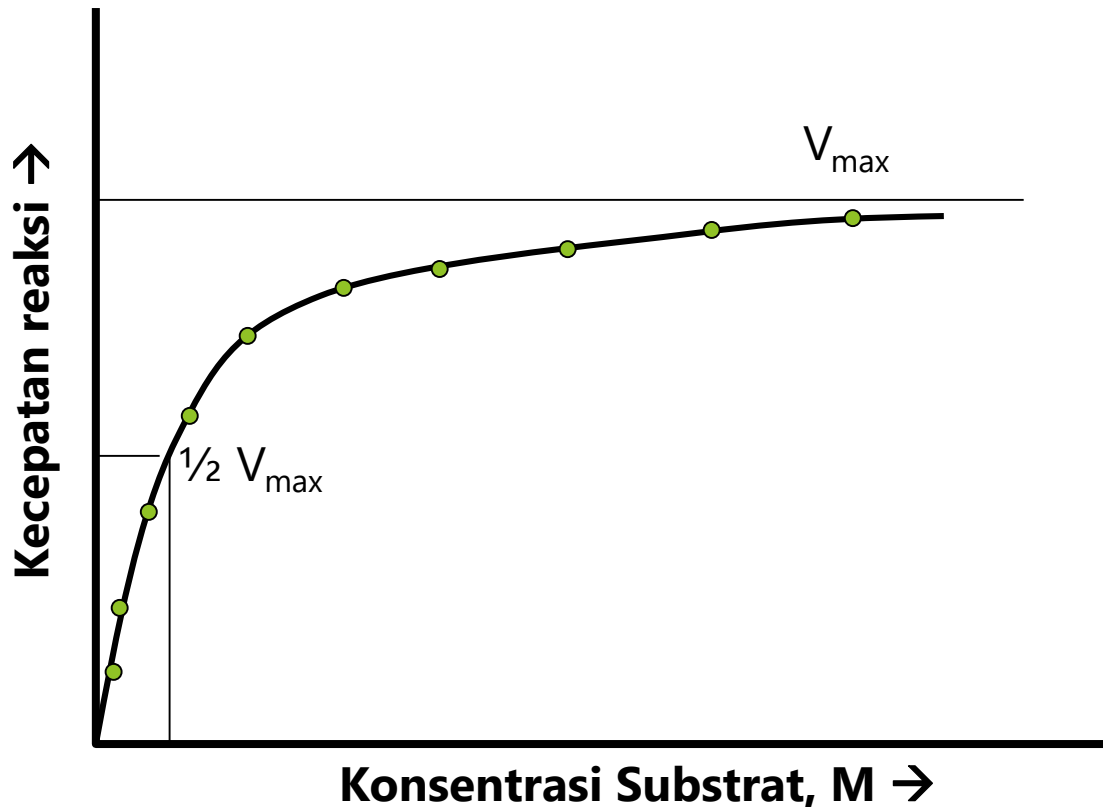
- ▶ Aktivitas enzim tergantung kepada
 - Konsentrasi substrat



- Konsentrasi enzim

Pada situasi dimana konsentrasi subtrat jenuh, peningkatan konsentrasi enzim tidak akan menyebabkan kecepatan enzim juga meningkat

Pengaruh Konsentrasi Substrat Terhadap Kecepatan Reaksi Enzimatik



Persamaan Michaelis-Menten

$$V = \frac{V_{\max} [S]}{K_M + [S]}$$

Dimana:

V = kecepatan reaksi pada konsentrasi substrat $[S]$

V_{\max} = kecepatan maksimum

K_M = tetapan Michaelis-Menten enzim bagi substrat tertentu

Soal: Hitunglah **perubahan konsentrasi substrat** yang diperlukan untuk **meningkatkan laju reaksi** dari 15 % menjadi 75% dari laju reaksi maksimum (15% V_{max} \rightarrow 75% V_{max}), bila laju reaksi mengikuti Hukum Michaelis-Menten

$$V_{init} = \frac{V_{maks} \cdot [S]}{K_m + [S]}$$

$$V_1 = 15\% V_{maks}$$

$$V_2 = 75\% V_{maks}$$

$$0.15 = \frac{[S]_1}{K_m + [S]_1}$$

$$0.75 = \frac{[S]_2}{K_m + [S]_2}$$

$$[S]_1 = \frac{0.15K_m}{0.85}$$

$$[S]_2 = \frac{0.75K_m}{0.25}$$

$$[S]_1 = 0.1765K_m$$

$$[S]_2 = 3K_m$$

\therefore Perubahan konsentrasi S yang dibutuhkan untuk meningkatkan laju reaksi dari $V_1 \rightarrow V_2 = 3 K_m / 0.1765 K_m$
= 16.9972 kali
 \approx 17 kali

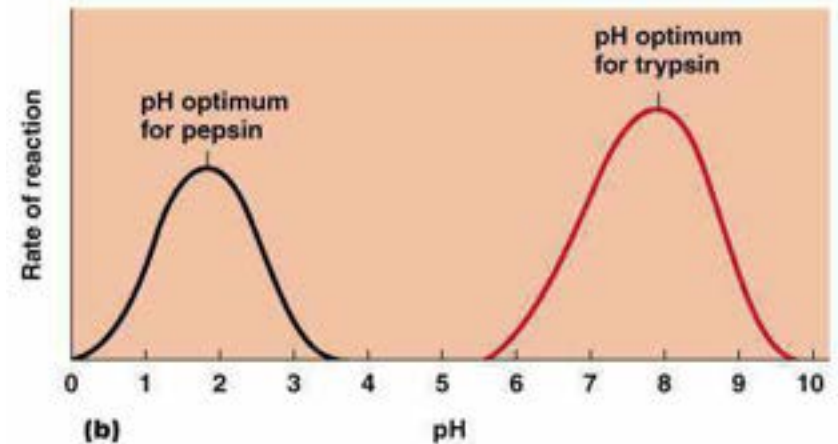
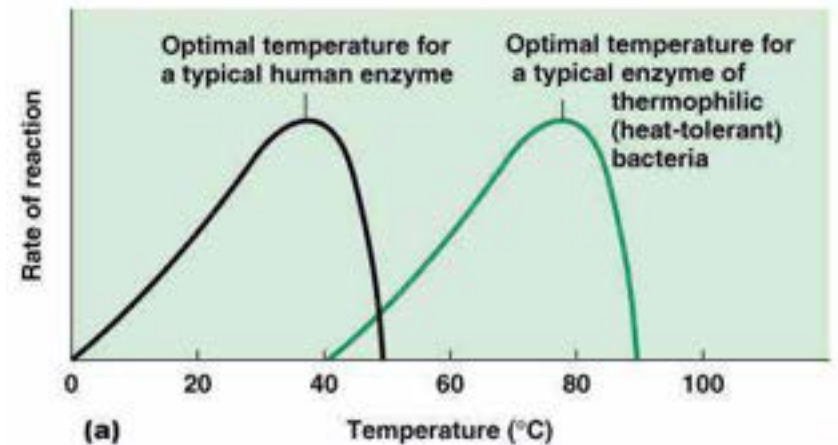
Faktor yang mempengaruhi aktivitas enzim

○ Suhu

- Mula-mula dengan meningkat suhu, aktifitas enzim meningkat. Tetapi, pada suhu tertentu, enzim mengalami inaktivasi.
- Pada suhu rendah, laju inaktivasi enzim sangat lambat

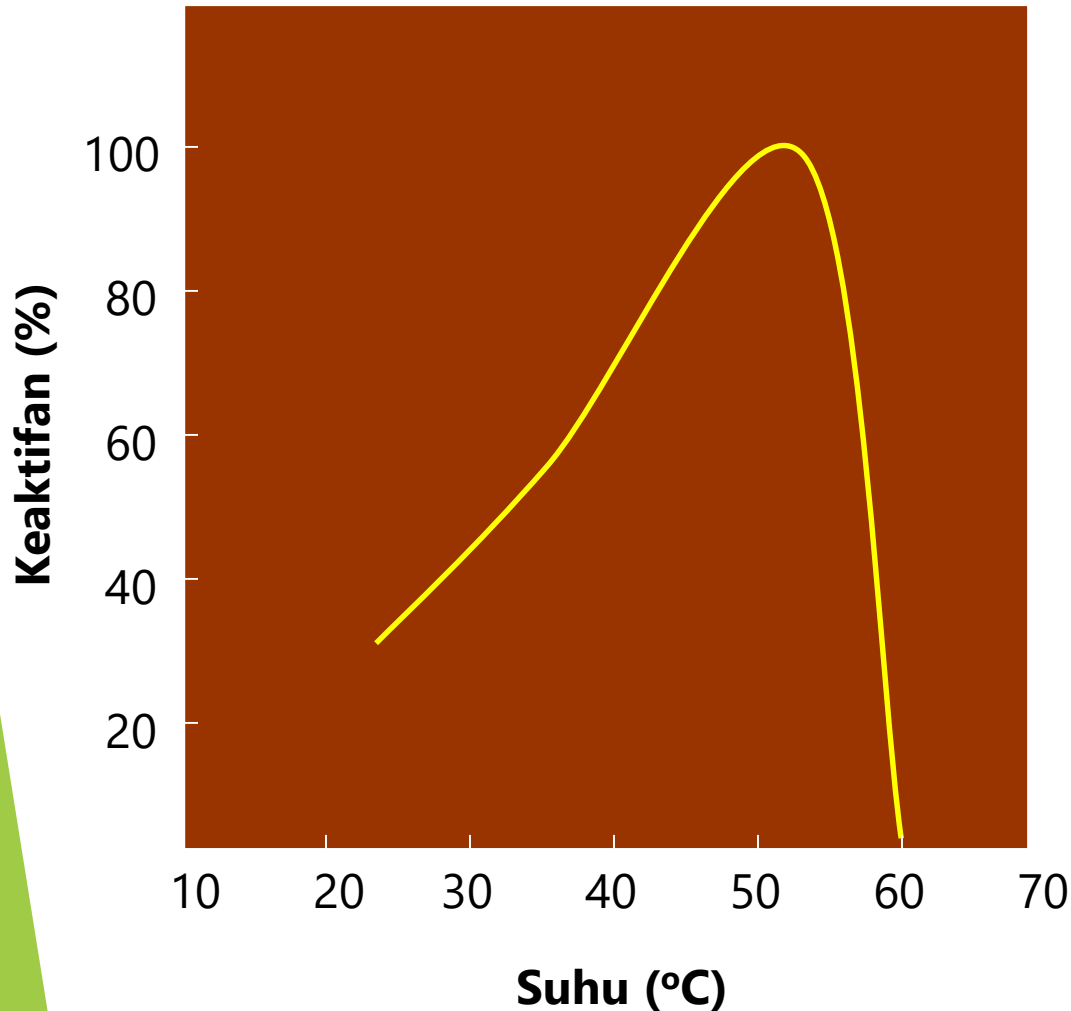
○ pH

- Aktivitas maksimum: 4.5-8.0 (tergantung jenis enzim)
- Pada kisaran pH di luar kisaran tersebut, umumnya enzim mengalami inaktivasi.



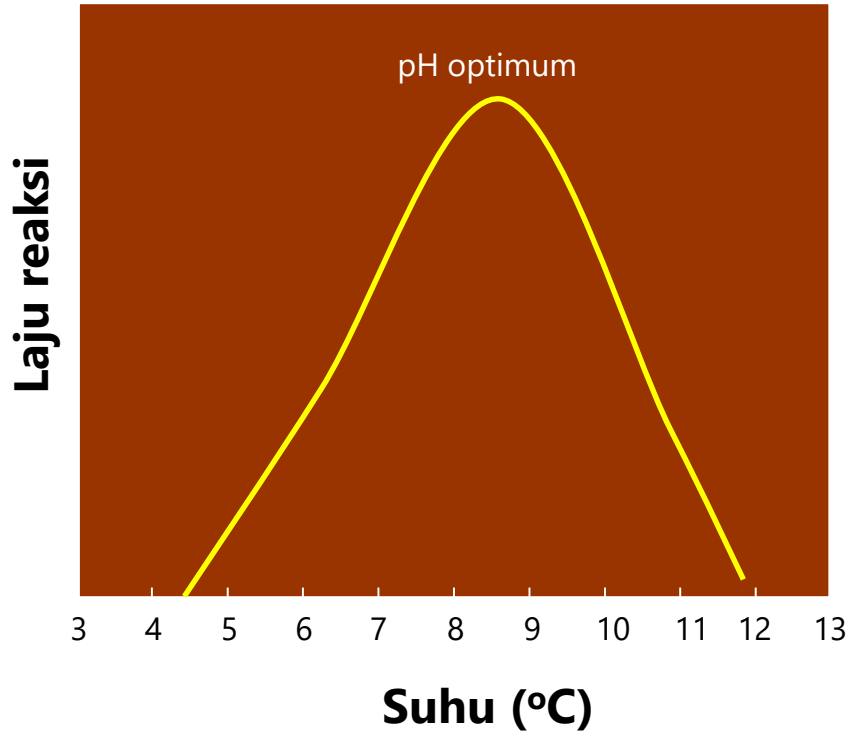
Copyright © 2008 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Pengaruh Suhu



- Pada suhu rendah, aktivitas enzim lambat.
- Aktivitas enzim optimum: 45-55°C
- Pada suhu tinggi, laju inaktivasi enzim cepat sekali, sehingga reaksi enzimatik praktis berhenti sama sekali

Pengaruh pH



- Enzim memiliki pH optimum yang khas, yaitu pH yang menyebabkan aktivitasnya maksimal. pH optimum: 4.5-8.0.
- Pada pH rendah aktivitas enzim rendah. Pada pH yang lebih tinggi aktivitas enzim menurun.

Contoh:

Terjadinya browning oleh enzim fenolase dapat dihambat dengan menurunkan pH larutan sampai pH 3.0, sebab pH optimal fenolase 6.5

pH optimum beberapa enzim

- ▶ Pepsin : 1.5
- ▶ Tripsin : 7,7
- ▶ Katalase : 7.6
- ▶ Arginase : 9,7
- ▶ Fumarase : 7,8
- ▶ Ribonuklease : 7,8

Faktor yang mempengaruhi aktivitas enzim

○ Aktivitas air

- Pada a_w yang rendah, enzim tidak aktif.
- Pada a_w tinggi, enzim aktif

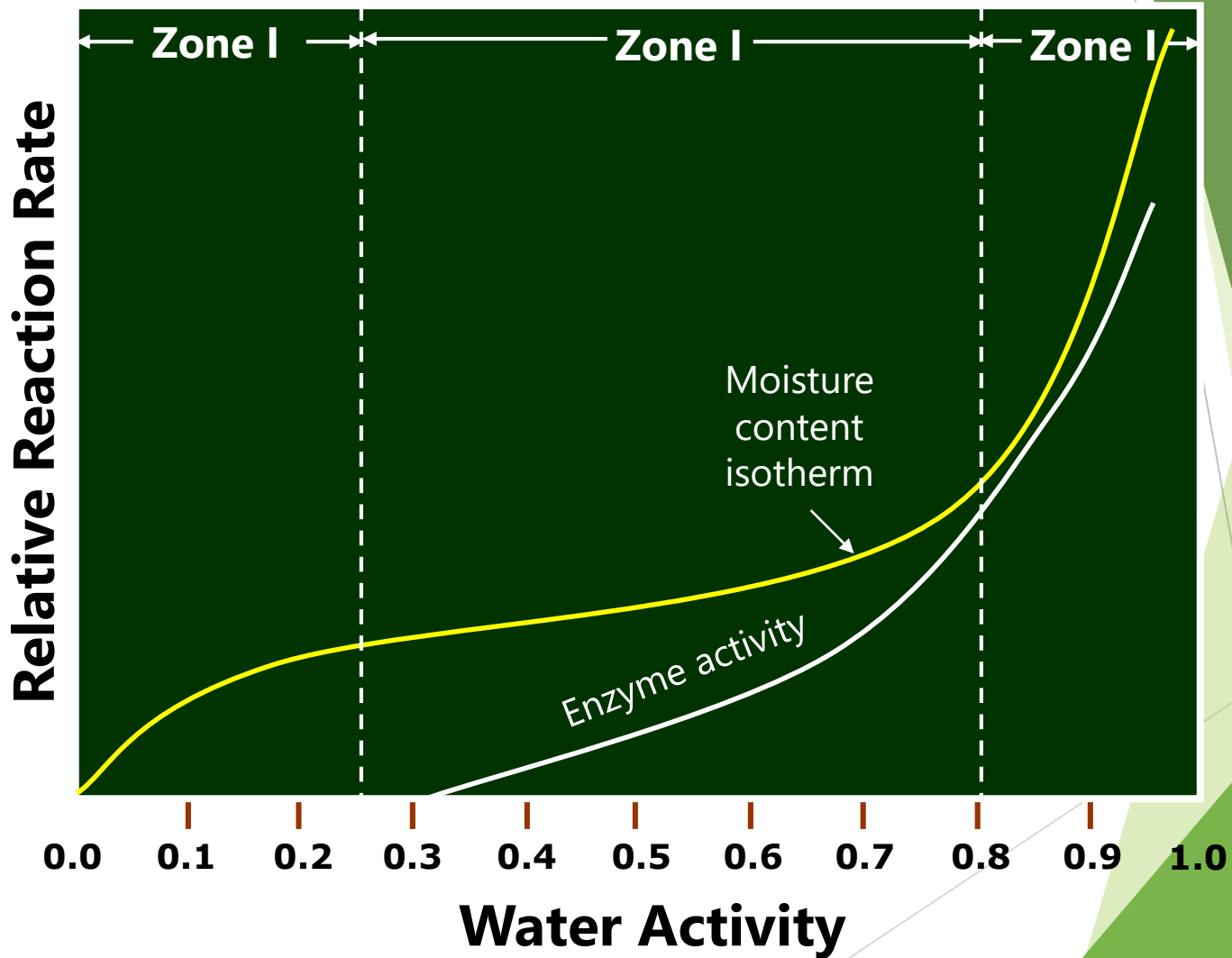
○ Garam

- Kadar elektrolit yang tinggi umumnya mempengaruhi kelarutan protein → mempengaruhi aktifitas enzim.

Enzymatic reaction vs a_w

- ▶ At low A_w (<0.2), freely mobile water is not available to carry out the reaction, and so enzymatic reactions tend to be suppressed in the lower regions of the sorption isotherm.
- ▶ At high A_w , free water is available for the enzymatic reaction.
- ▶ For example: lipoxygenase starts to be active after dry soybean (MC=14%) is soaked in water → off-flavor

Rate of Enzymatic Reaction in Food as a Function of Water Activity



Faktor yang mempengaruhi aktivitas enzim

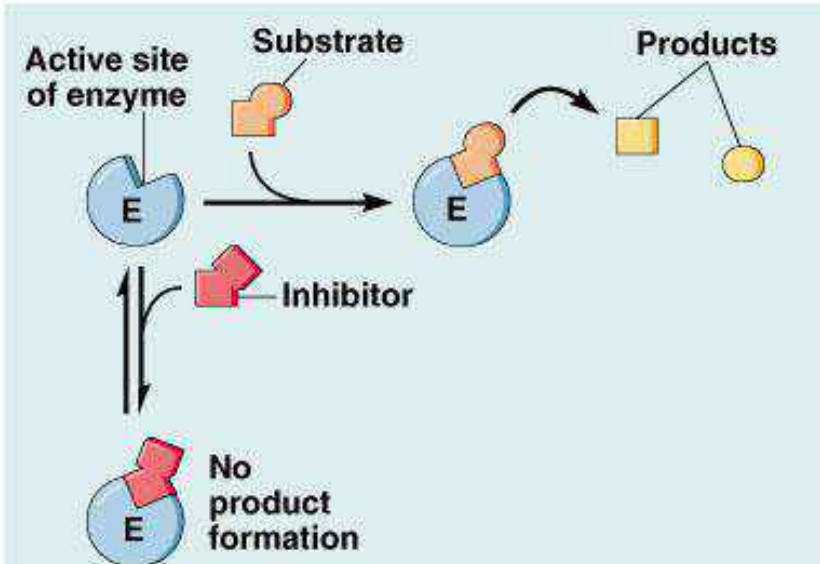
- Garam

Kadar elektrolit yang tinggi umumnya mempengaruhi kelarutan protein → mempengaruhi aktivitas enzim.

- Inhibitor → penghambat kerja enzim

Inhibitor enzim = zat atau senyawa yang dapat menghambat enzim

INHIBITOR KOMPETITIF



(a) Competitive inhibition. Inhibitor and substrate both bind to the active site of the enzyme. Binding of an inhibitor prevents substrate binding, thereby inhibiting enzyme activity.

Copyright © 2003 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

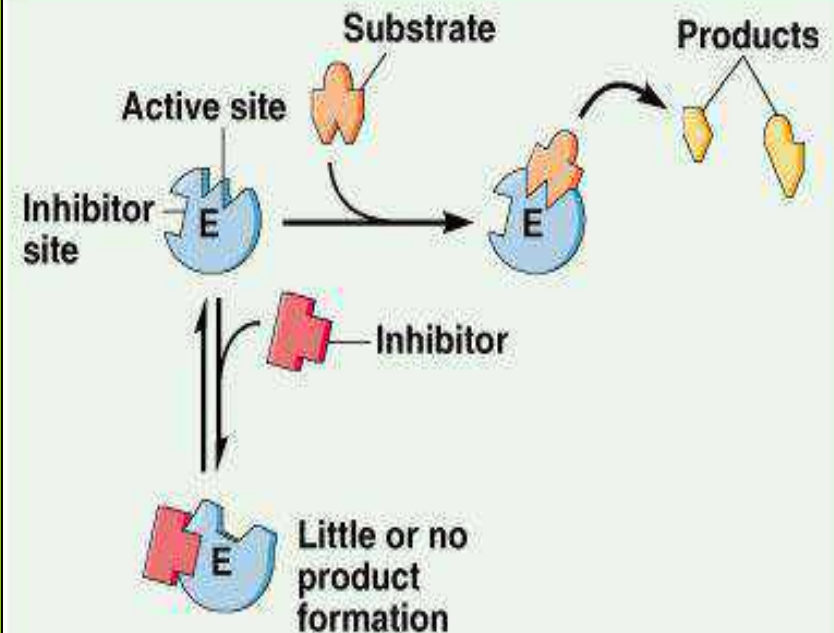
. Inhibitor kompetitif
Senyawa tertentu yang mempunyai struktur mirip dengan substrat saat reaksi enzimatik akan terjadi.
Contoh: asam malonat
Inhibitor ini dapat diatasi dengan menambah jumlah substrat sampai berlebihan.

INHIBITOR NON-KOMPETITIF

. Inhibitor non kompetitif

Zat-zat kimia tertentu mempunyai afinitas yang tinggi terhadap ion logam penyusun enzim.

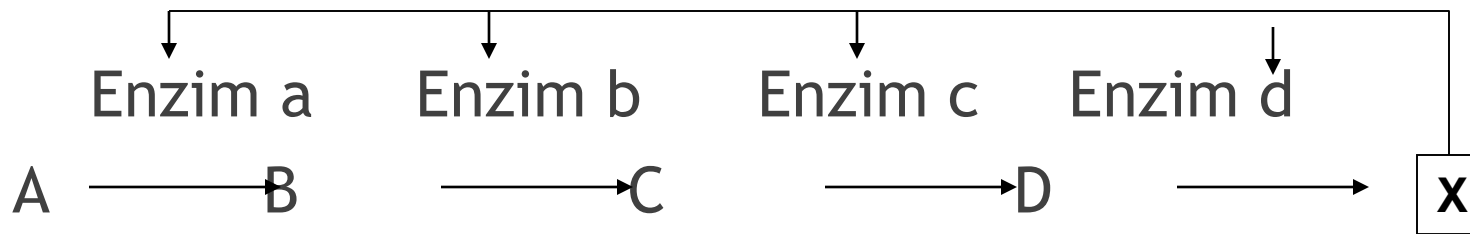
Senyawa penghambat untuk enzim yang mengandung Fe, yaitu dengan terjadinya reaksi antara senyawa-senyawa tersebut dengan ion Fe yang menyebabkan enzim menjadi tidak aktif. Merkuri (Hg) dan perak (Ag) merupakan penghambat enzim yang mengandung gugusan sulfhidril (-SH).



(b) Noncompetitive inhibition. Inhibitor and substrate bind to different sites. Binding of an inhibitor distorts the enzyme, thereby decreasing the likelihood of substrate binding.

► Inhibitor Represor

- Represor adalah hasil akhir suatu rangkaian reaksi enzimatik yang dapat mempengaruhi atau mengatur pembentukan enzim-enzim pada reaksi sebelumnya.
- Gambaran skematik reaksinya adalah sebagai berikut:



Keterangan: A,B,C,D: substrat enzim a,b,c,d.

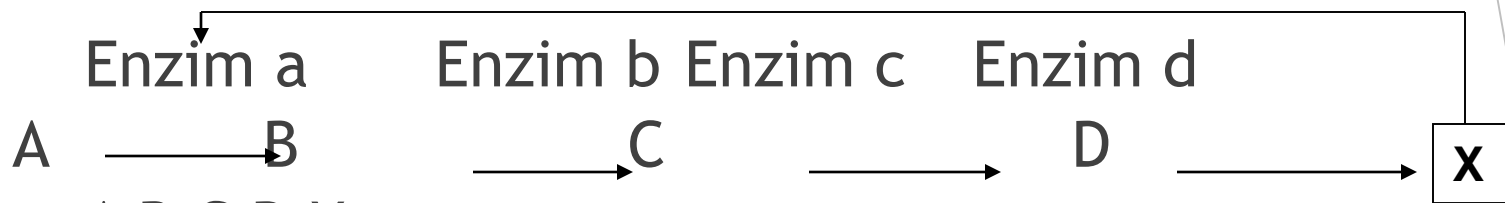
X: hasil akhir reaksi enzimatik yang menghambat sintesis enzim a,b,c,d.

► Inhibitor irreversible

- Senyawa penghambat yang terikat kuat pada sisi aktif enzim
- Ikatan tersebut adalah ikatan kovalen
- Enzim menjadi inaktif secara permanen
- Contoh: penicillin

► Feed Back Inhibitor

Penghambatan yang disebabkan oleh hasil akhir suatu rangkaian reaksi enzimatik yang menghambat aktifitas enzim pada reaksi pertama. Hasil akhir reaksi juga mempengaruhi pembentukan enzim, yang dapat digambarkan sebagai berikut:



► A B C D X

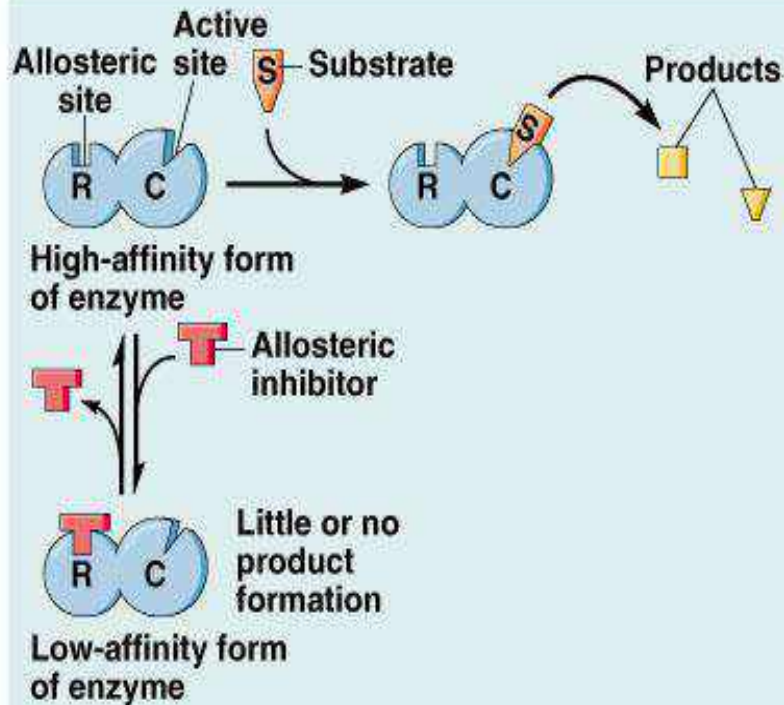
► Keterangan: A,B,C,D: substrat enzim a,b,c,d.

► X: hasil akhir reaksi enzimatik yang menghambat sintesis enzim a.

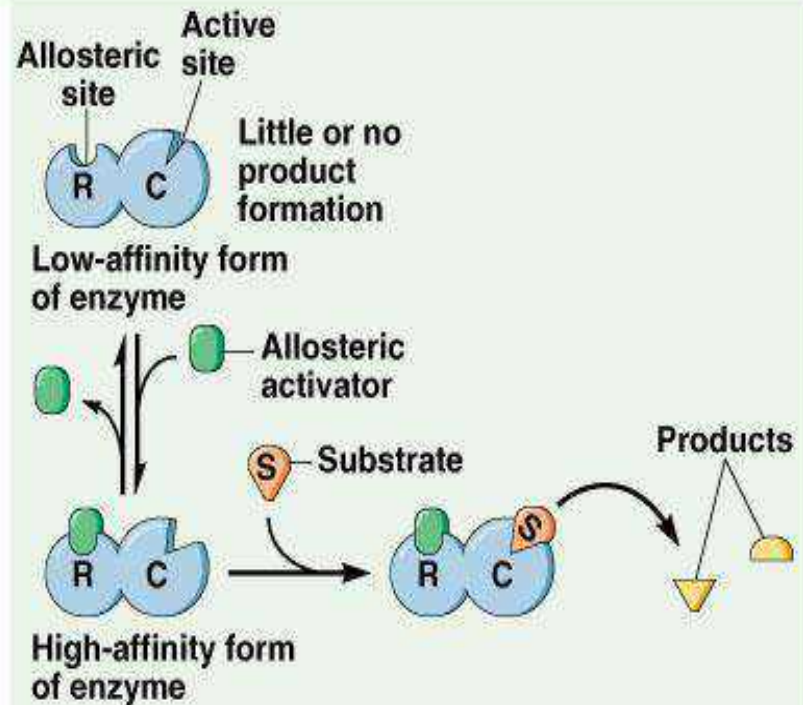
► Alosterik inhibitor

Penghambat yang dapat mempengaruhi enzim alosterik.

- Enzim alosterik adalah enzim yang mempunyai dua bagian aktif, yaitu bagian aktif yang menangkap substrat dan bagian yang menangkap penghambat.
- Apabila ada senyawa yang dapat memasuki bagian yang menangkap penghambat maka enzim menjadi tidak aktif, senyawa penghambat tersebut merupakan penghambat alosterik.
- Struktur senyawa penghambat alosterik tidak mirip dengan struktur substrat.
- Apabila enzim menangkap substrat maka penghambat tidak dapat terikat pada enzim, sehingga enzim dapat aktif mereaksikan substrat menjadi produk.



(a) Allosteric inhibition. An enzyme subject to allosteric inhibition is active in the uncomplexed form, which has a high affinity for its substrate (S). Binding of an allosteric inhibitor (red) stabilizes the enzyme in its low-affinity form, resulting in little or no activity.



(b) Allosteric activation. An enzyme subject to allosteric activation is inactive in its uncomplexed form, which has a low affinity for its substrate. Binding of an allosteric activator (green) stabilizes the enzyme in its high-affinity form, resulting in enzyme activity.

Tugas Mandiri

- ▶ Buat artikel
 - ▶ Aplikasi enzim dalam industri pengolahan pangan yang lain (cara penggunaan, tujuan penggunaan, mutu akhir produk yang diinginkan): **yang diinginkan**
 - ▶ Menghilangkan enzim dalam proses pengolahan pangan (mengapa, caranya, mutu akhir produk yang diinginkan): **yang tidak diinginkan**