

# BIOKIMIA

*The chemistry of living thing*

ILMU PENGETAHUAN YANG BERKENAAN DENGAN DASAR  
KIMIAWI KEHIDUPAN  
(Yun Bios = kehidupan)

MENGURAIKAN DAN MENJELASKAN SEMUA PROSES KIMIAWI  
PADA SEL HIDUP DALAM PENGERTIAN MOLEKULER

Dasar pengembangan :  
kedokteran, pertanian, biologi,  
mikrobiologi, nutrisi, fisiologi,  
farmakologi, patologi, semua  
ilmu tentang kehidupan/hayat

Berkembang sangat pesat >  
bioteknologi (mensintesis,  
mengisolasi, memurnikan) zat-zat  
untuk obat, mencegah penyakit  
tertentu, senyawa-senyawa  
diagnostik.

- PROSES BIODIAGNOSTIK MERUPAKAN DASAR KESEHATAN

# SEMUA PENYAKIT MEMPUNYAI DASAR BIOKIMIA

AKTIVITAS, PERTUMBUHAN FISIK  
KARENA KEGIATAN OLAHRAGA  
MEMPUNYAI DASAR BIOKIMIA

*Biokimia merupakan ilmu pengetahuan  
eksperimental perlu dipelajari dengan  
berfikir tidak hanya hafalan*

# SEMUA PENYAKIT MEMPUNYAI DASAR BIOKIMIA

AKTIVITAS, PERTUMBUHAN FISIK  
KARENA KEGIATAN OLAHRAGA  
MEMPUNYAI DASAR BIOKIMIA

*Biokimia merupakan ilmu pengetahuan  
eksperimental perlu dipelajari dengan  
berfikir tidak hanya hafalan*

Simbol	Nama	Valensi
Fe		
P		
H		
I		
Ca		
C		
Mg		
N		
O		
K		
Na		
Cl		

Simbol	Nama	Valensi
Fe	Ferum/besi	2,3
P	fosfor	3,5
H	Hidrogen	1
I	Iodium	1,3,5,7
Ca	Kalsium	2
C	Karbon	2,4
Mg	Magnesium	2
N	Nitrogen	3,5
O	Oksigen	2
K	Kalium	1
Na	Natrium	1
Cl	Klorin	1,3,5,7

# Materi Perkuliahan

1. Pengantar
2. Biomolekul
3. Enzim
4. Glikolisis aerobik
5. Glikolisis Anaerobik
6. Siklus Krebs
7. Sistem transport elektron
8. Metabolisme lemak
9. Metabolisme protein
10. Vitamin
11. Mineral



# BIOMOLEKUL

*Sel merupakan satuan structural dan fungsional yang utama pada biologi termasuk manusia. Reaksi kimia banyak terjadi di dalam sel.*

*manusia tersusun dari beberapa unsur yang bergabung membentuk Tubuh sejumlah besar sel.*

*Sebagian besar badan manusia berupa air, selebihnya berupa senyawa-senyawa organik dan nonorganik*

# Komposisi Tubuh Manusia

- AIR : 55 % berat badan
- Senyawa Organik: a. Protein 15 % BB, b. Lipid 15 % BB, Karbohidrat 5 BB %.

Secara umum dibedakan : Senyawa organik structural (protein, fosfolipid, glikoprotein, glikolipid, kolesterol dll)

Senyawa organik nonstruktural (senyawa cadangan dalam tubuh: glikogen, triasilgliserol, senyawa intermediate di jalur metabolisme, dan metabolit yang akan diekskresi melalui ginjal, paru, pencernaan)

- Senyawa anorganik berupa mineral 5 % dari BB, dalam bentuk :
  - a. Kation utama (natrium, kalium, magnesium, ferum/ferro/ferri), lainnya sedikit.
  - b. Anion (klor, bikarbonat, bishidrofosfat, asam fosfat, sulfat)

**SEL ITU HIDUP/TUMBUH JIKA CUKUP :**  
oksigen, glukosa, asam amino, lemak,  
perbedaan ion sesuai

**DALAM SEL SELALU ADA KEGIATAN:**  
transport membran, reaksi kimia

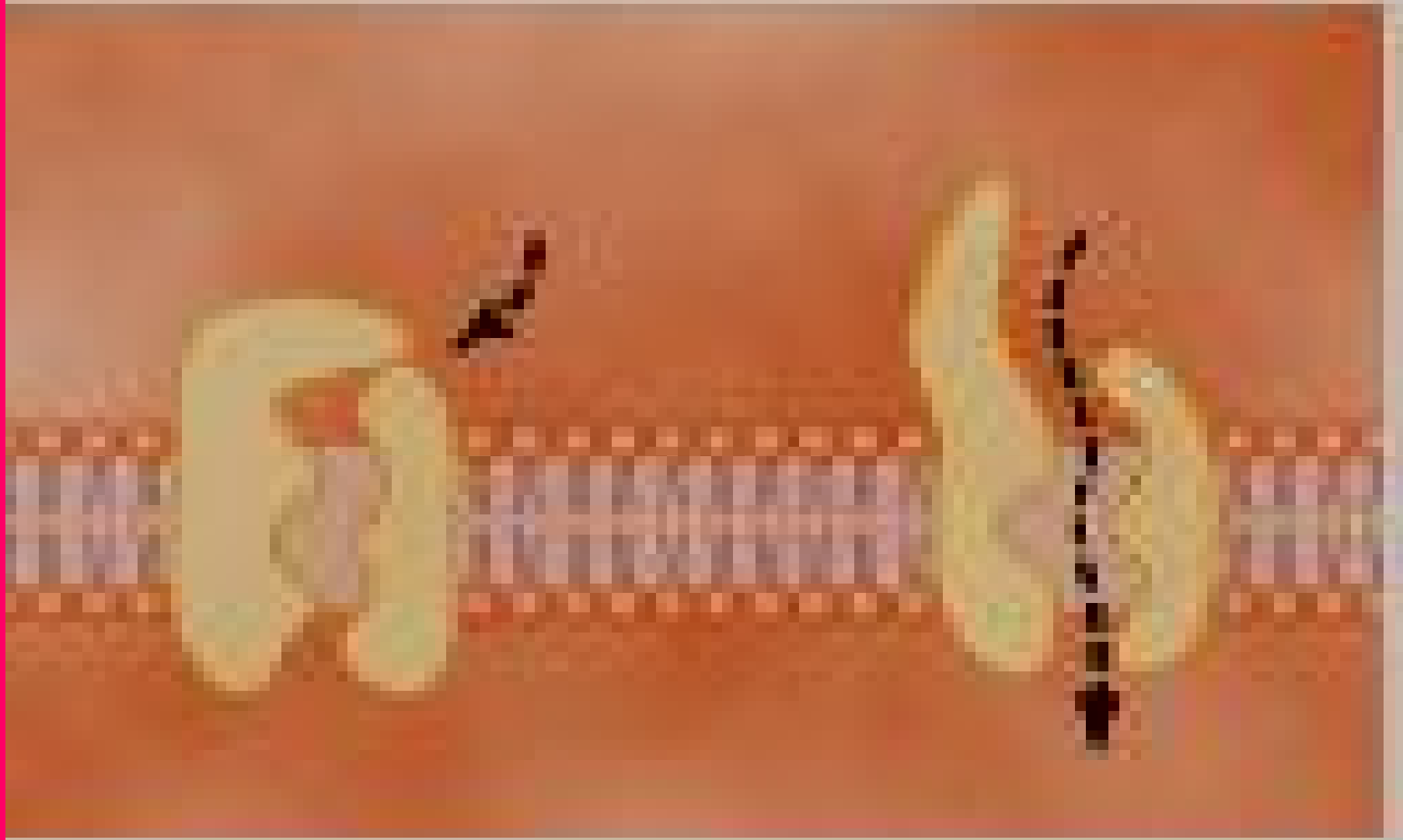
**Cairan ekstra selular :** ion natrium, klorida,  
bikarbonat, bahan makan.

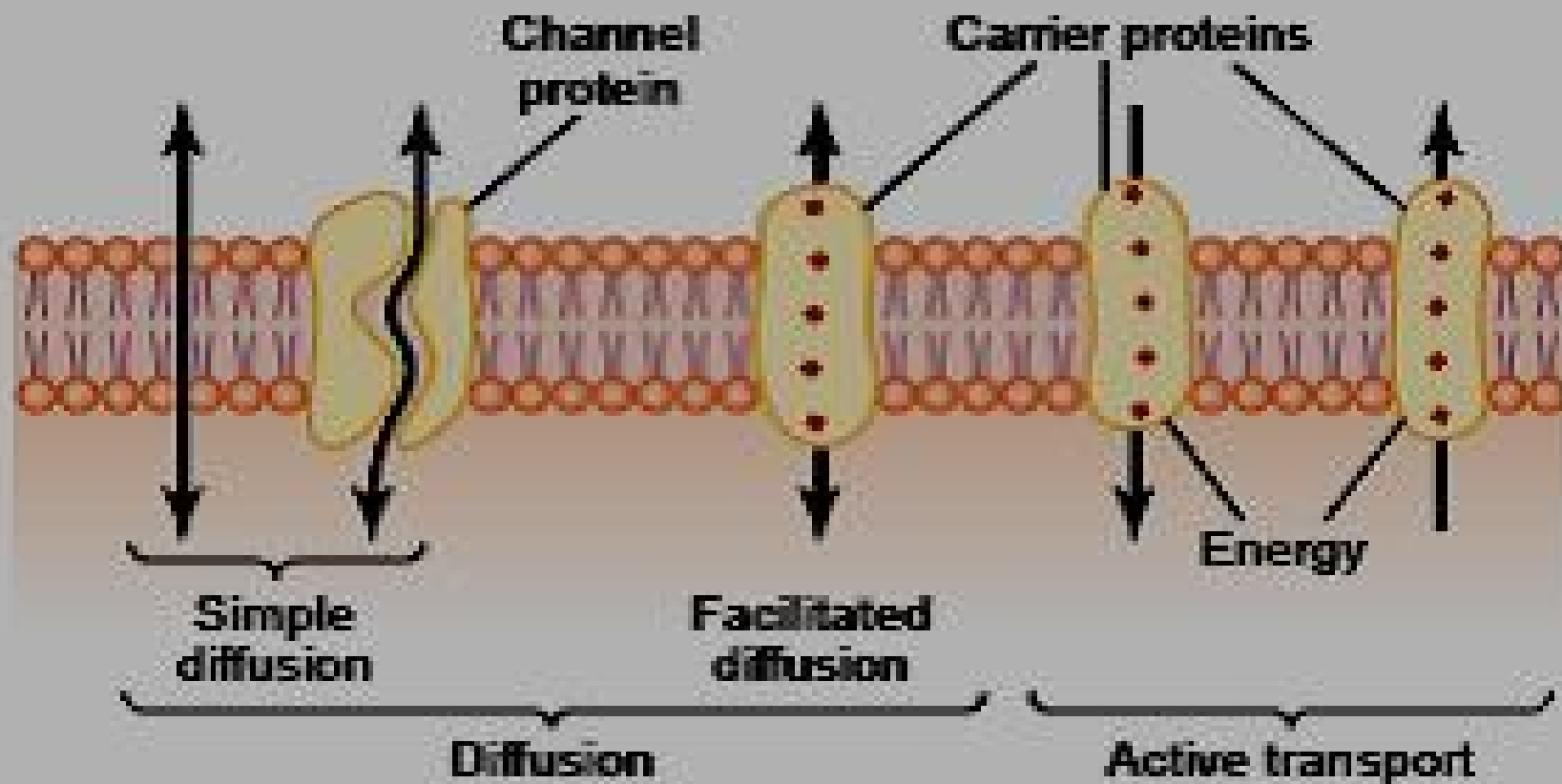
**Cairan intraselular:** Kalium, fosfat,  
magnesium

**Pompa natrium/sodium, pompa kalium/  
potasium**

# MORFOLOGI SEL

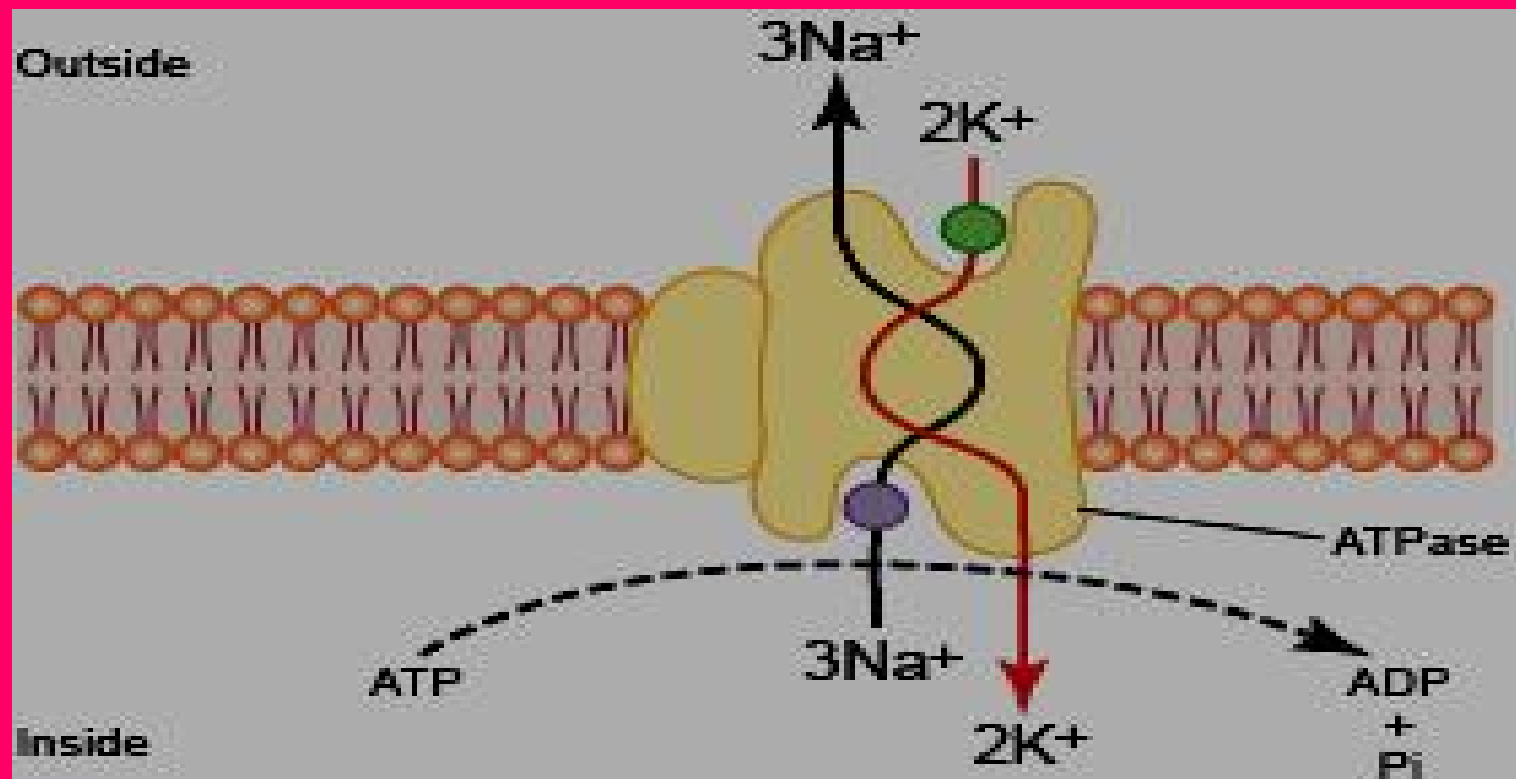
1. Membran (sifat semipermeabel, struktur: , protein, lemak), Fungsi memberi bentuk/batas, penyeleksi zat masuk keluar, reseptor, antibodi thdp benda asing.
2. Retikulum endoplasmik : sintesis protein
3. Golgi apparatus : membentuk lisosom
4. Lisosom : pencernaan sel
5. Mitokondria : dapur sel
6. Nukleus/inti : pusat pengatur
7. Sitoskeleton/filament/serat : kerangka sel





**Figure 4-2**

Transport pathways through the cell membrane, and the basic mechanisms of transport.



**Figure 4-11**

Postulated mechanism of the sodium-potassium pump. ADP, adenosine diphosphate; ATP, adenosine triphosphate; Pi, phosphate ion.



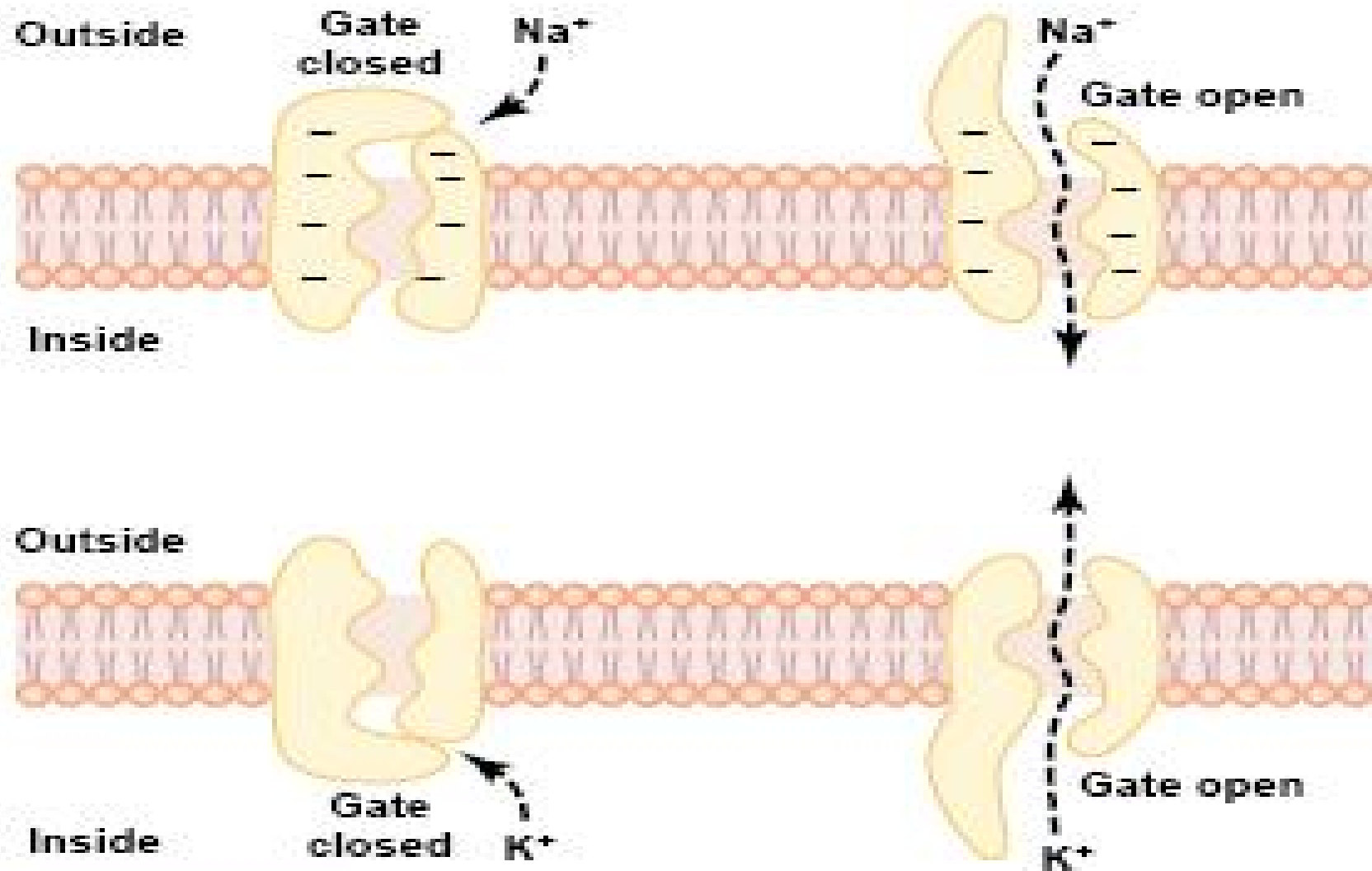


Figure 4-4

Transport of sodium and potassium ions through protein channels. Also shown are conformational changes in the protein molecules to open or close "gates" guarding the channels.

- Membran sel:
- Lemak : fosfolipid, kolesterol, sfingolipid,, dan glikolipid.
- Protein : integral, transmembran.

## TRANSPORT MEMBRAN

Transport aktif : perlu energi untuk memompa melawan gradien elektrokimia/konsentrasi (natrium/sodium, kalium/potasium), memerlukan pengemban/ karier.

- Transport pasif: dari konsentrasi tinggi ke rendah, difusi ke konsentrasi tinggi.
- Fagositosis-pinositosis :
  - Fagositosis (memakan)
  - pinositosis (meminum)

	EXTRACELLULAR FLUID	INTRACELLULAR FLUID
Na <sup>+</sup>	142 mEq/L	10 mEq/L
K <sup>+</sup>	4 mEq/L	140 mEq/L
Ca <sup>++</sup>	2.4 mEq/L	0.0001 mEq/L
Mg <sup>++</sup>	1.2 mEq/L	58 mEq/L
Cl <sup>-</sup>	103 mEq/L	4 mEq/L
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	28 mEq/L	10 mEq/L
Phosphates	4 mEq/L	75 mEq/L
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1 mEq/L	2 mEq/L
Glucose	90 mg/dl	0 to 20 mg/dl
Amino acids	30 mg/dl	200 mg/dl ?
Cholesterol	0.5 g/dl	2 to 95 g/dl
Phospholipids		
Neutral fat		
P O <sub>2</sub>	35 mm Hg	20 mm Hg ?
P CO <sub>2</sub>	40 mm Hg	50 mm Hg ?
pH	7.4	7.0

# JARINGAN TUBUH

- **EPITEL (LUNAK/KULIT,KERAS/ KUKU RAMBUT)**
- **JARINGAN IKAT/PENYOKONG (GIGI,TULANG, TULANG RAWAN)**
- **ADIPOSA/LEMAK (PROTOPLASMA, CADANGAN)**
- **OTOT(LURIK, JANTUNG, POLOS). OTOT LURIK PUTIH (CEPAT, MUDAH LELAH KRN ANAEROBIK). MERAH (LAMBAT, TAHAN KRN AEROBIK, MIOGLOBIN, MITOKONDRIA, ENZIM OKSIDATIF)**
- **SARAF (PUSAT,PERIFIR)**
- **VASKULER**

Jawablah Pertanyaan ini !

1. Ilmu apa saja yang mempunyai dasar biokimia ?
2. Bagian terbesar tubuh manusia apa ?
3. Protein, lemak, karbohidrat mana yang paling banyak /sedikit ?
3. Apa yang banyak terdapat di cairan luar sel dan yang di dalam sel ?

# ENZIM-KOENZIM

EN-ZYME = RAGI

## BIOKATALIS:

KATALISATOR yang disintesis oleh organisme hidup

Katalisator: senyawa yang membantu/mempercepat reaksi tetapi tidak ikut bereaksi.

DAPAT AKTIF DLM TABUNG REAKSI

Jika kondisi sama

STRUKTURAL, SEMUA PROTEIN

## STRUKTURAL SEMUA PROTEIN

Sifat protein dipunyai: termolabil, dirusak oleh logam berat .

## AKTIVITAS ENZIM SPESIFIK

NOMENKLATUR/PENAMAAN: akhiran ase pd nama substrat enzim bekerja:

Proteinase kerja pd protein

Karbohidrase kerja pd KH

Lipase kerja pd lipit/lemak



# *ENZIM*

- EN-ZIME > ragi
- Biokatalisis [katalisator yang disintesis organisme hidup]
- Dapat aktif di tabung asal lingkungan sesuai.
- Struktur yang telah diketahui adl protein [sifat protein termolabil, dirusak logam berat dipunyai]
- Aktivitas bersifat spesifik

# AKHIRAN ASE PADA JENIS REAKSINYA

Oksidase > Oksidasi

Reduktase > reduksi

MESKI SPT DI ATAS MASIH ADA SIMPANG SIUR

IUB(international union of biochemistry)

Digit: 1 = kode kelas enzim

2 = kode sub kelas enzim

3 = kode sub sub kelas enzim

4 = nama enzim tertentu

## ADA 6 KELAS ENZIM:

1. Oksidoreduktasi: oksidasi-reduksi antara dua substrat (enzim-enzim dehidrogenase=oksidase) Oksidasi-reduksi CH-OH, CH-CH, CH-NH<sub>2</sub>

2. Tranferase

Pemindahan gugus : satu karbon, residu aldehida, residu keton, asil, alkil, glikosil, fosfor, sulfur.

3. Hidrolase

Hidrolisis ikatan; ester, eter, peptida, glikosil, anhidrida asam, C-C, C-helida, P-N.

## 4. Liase

Pembuangan gugus dari substrat  
Mekanisme lain dari hidrolisis  
dan Meninggalkan ikatan rangkap  
ikatan C-C, C-O, C-N C-S, C-helida

## 5. Isomerase

Interkonversi isomer-isomer optik,  
gemetrik, atau posisi

## 6.Ligase

Penggabungan dua senyawa diikuti pemecahan ikatan pirofosfat dari ATP atau senyawa sejenisnya, misal:mengkatalisis reaksi pembentukan C-O, C-N, C-C

KOENZIM: Senyawa organik yg diperlukan untuk aktivitas suatu enzim tertentu.

KOENZIM : Bersifat termostabil

Gabungan enzim (protein) dg koenzim (nonprotein) = holoenzim

(NAD<sup>+</sup> > LDH; KoASH > Tiokinase; Piridoksal fosfat > transaminase )

Dua kelas koenzim :

1. Turut dalam pemindahan satu gugus bukan hydrogen (koenzim A-SH; Tiamin Piro Fosfat/ TPP; Peredoksal fosfat; Tetra hidro folat; Biotin, Kobamida; Lipoat)
2. Koenzim turut dlm pemindahan hydrogen (NAD; NADP; FMN; FAD; L(SH)<sub>2</sub>; Koenzim Q)

- Oksidoreduktase pd sistem biosintesis menggunakan ko-dehidrogenase NADPH pd sintesis lemak & sterol
- Degradasi menggunakan Ko-dehidrogenase NADH seperti pada glikolisis dan oksidasi asam lemak.

- Pengukuran Aktivitas enzim : mengukur kecepatan reaksi enzimatik dari substrat yg bereaksi atau produk yang dihasilkan/ menit/jam pengukuran khusus.

Isolasi enzim :

Klasik : larutan garam berbagai kadar (salting out)/aseton, etanol.

Dikembangkan dg kromatografi missal ion exchanger, saringan molekul(sefadeks), sampai kromatografi afinitas (pengikat)



- Keberadaan enzim punya tempat sendiri.

Enzim glikolisis anaerobik (EM) di sitoplasma, enzim siklus Krebs di Mitokondria, Rantai pernafasan/ETS/ Fosforilasi oksidatif di mitokondria.

- Isozim : Katalisisnya serupa tetapi sifat-sifat fisiknya berbeda (laktat dehidrogenase timbal balik laktat piruvat pakai Ko-Dehidrogenase  $NAD^+/NAD^+H^+$  punya 4 protomer dari dua H dan dua M ( I1 = HHHH; I2 = HHHM; I3 = HHMM; I4 = HMMM; I5 = MMMM
- Enzim eksokrin : pasif masuk sirkulasi darah (enzim intrasel) biasanya karena sel rusak, jika kadar tinggi karena ada kerusakan jaringan/nikrosis disebut enzim non-fungsional. (SGPT, SGOT/Serum Glutamat-oksaloasetat transaminase)

- Reaksi enzimatik :
- $E + S = ES \rightarrow E + P$  ( E=enzim; S=substrat; Es=komplek enzim substrat; P=produk hasil akhir)
- KECEPATAN REAKSI Dipengaruhi:
  - 1. Suhu
  - 2. Keasaman/PH
  - 3. Ada tidaknya senyawa inhibitor
  - 4. Ada tidaknya senyawa merusak enzim
  - 5. Kadar enzim
  - 6. Kadar substrat

- *Induksi : sintesis spesifik dapat oleh sel dg rangsang suatu senyawa BM kecil (inducer), jika disintesis tidak tergantung inducer dinamakan enzim konstitutif*
- **PROENZIM** : Pepsinogen (zimogen pepsin) diaktifkan jadi pepsin oleh HCl. Zimogen lain tripsinogen, protrombin, prokarboksipeptidase.
- **METALOENZIM** : mengikat unsur mineral (bentuk ion disebut activator) Fe > sitokrom, katalase, peroksidase. lainnya Mo, Cu, Zn, Mg, Mn, Co,.

# KARBOHIDRAT

$C_n(H_2O)_n$

## KARBOHIDRAT

Poli hidroksi

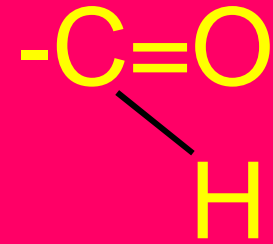
Aldehida

Polihidroksi

Keton

(Poli=banyak, Hidroksi=OH)

Aldehida: -CHO



Keton:  $\begin{array}{c} \text{-C=O} \\ | \end{array}$

Nama: akhiran osa

Aldehida > Aldosa

Keton > Ketosa

Jumlah atom karbon :

C=4 > tetrosa (aldotetrosa/ketotetrosa)

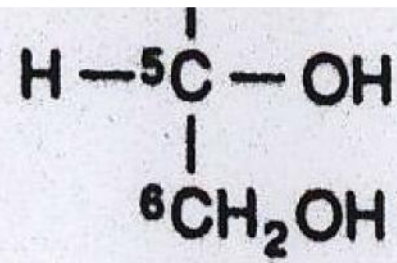
C=5 > pentosa (aldopentosa/ketopentosa)

C=6 > heksosa (aldoheksosa/ketoheksosa)

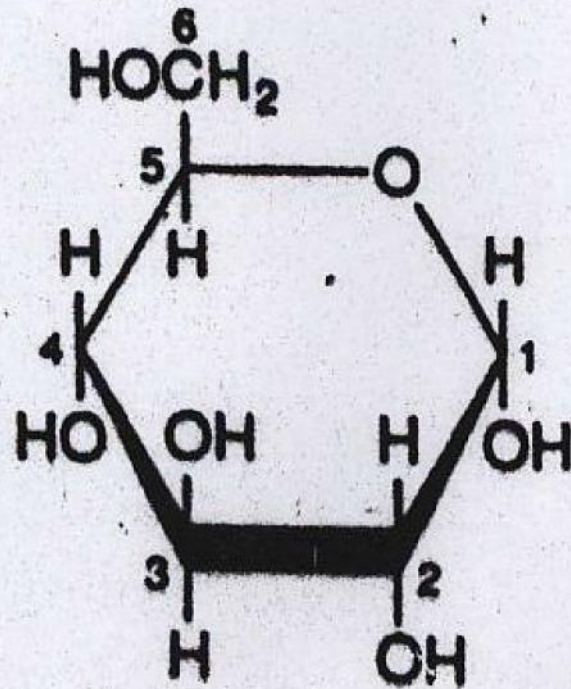
Monosakarida:

Triosa, tetrosa, pentosa, heksosa, serta  
7C(sedoheptulosa) dibentuk dr  
pemecahan glukosa lewat pentosa fosfat.

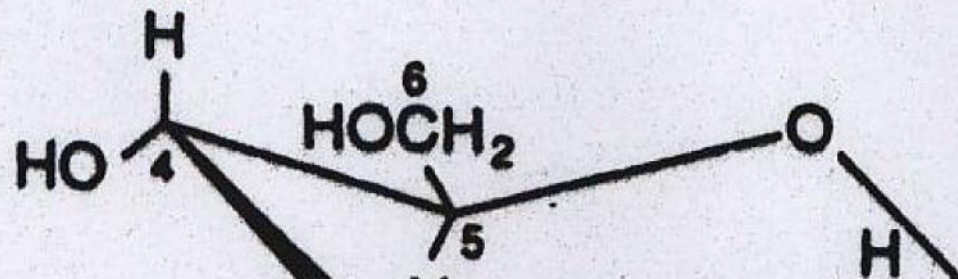
Heksosa (glukosa, fruktosa, galaktosa, dan  
manosa)



**B**



**C**



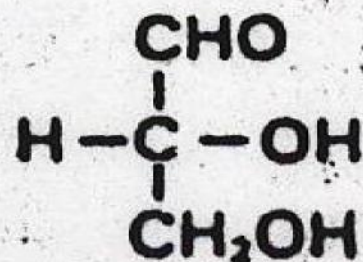
n

D-Xilosa

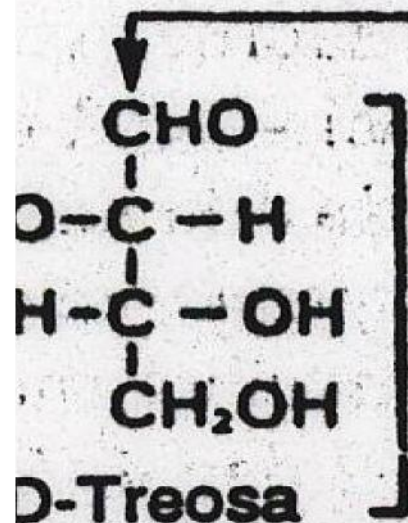
D-Ribulosa

D-Fruktosa

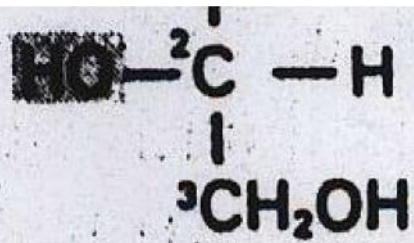
mbar. 15-7. Contoh-contoh ketosa dengan makna fisiologis y



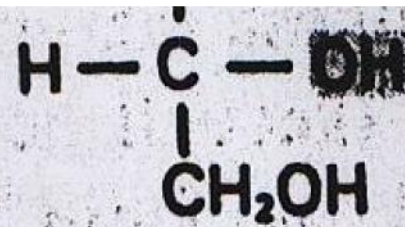
D-Gliserosa (D-gliseraldehid)



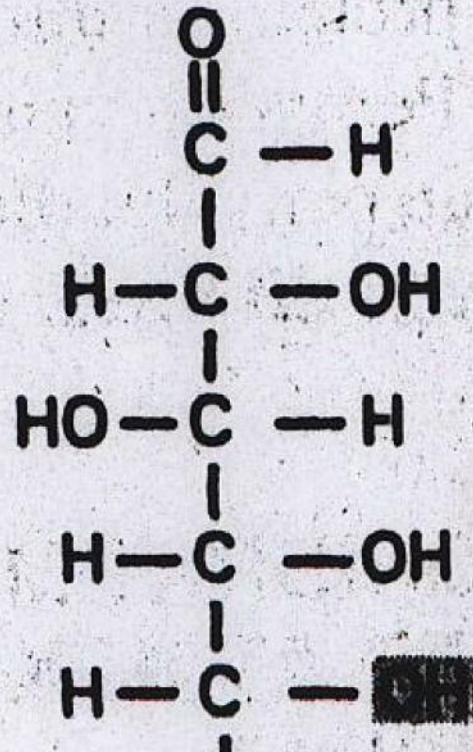
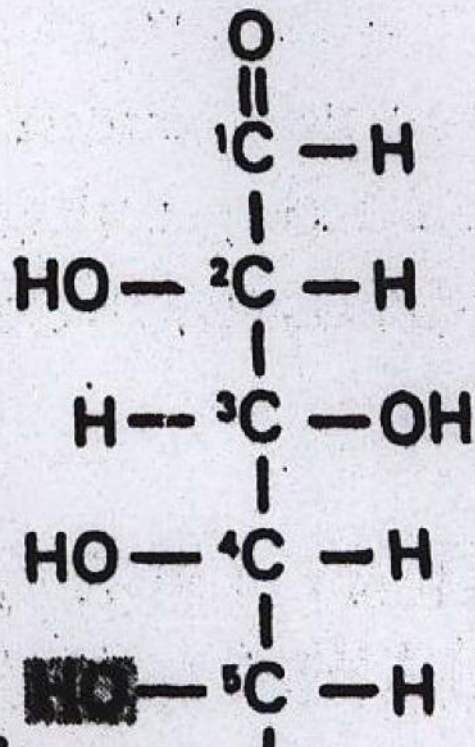


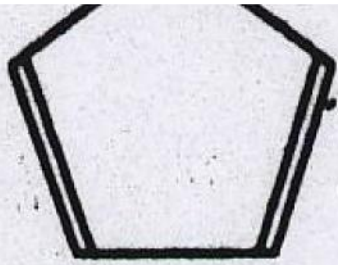


L-Gliserosa  
(L-gliseraldehid)

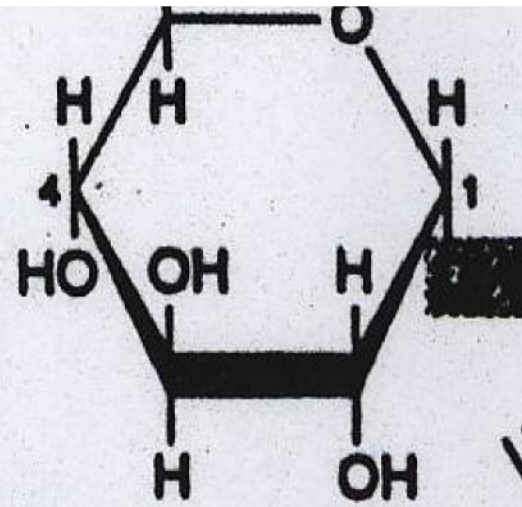


D-Gliserosa  
(D-gliseraldehid)

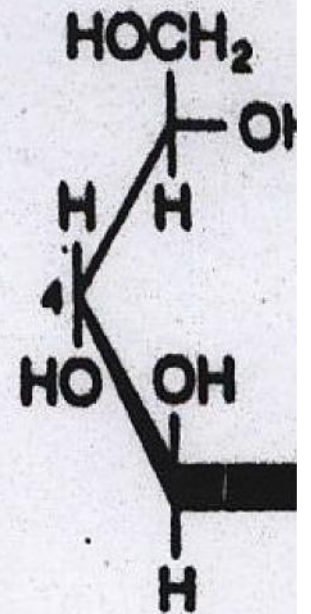
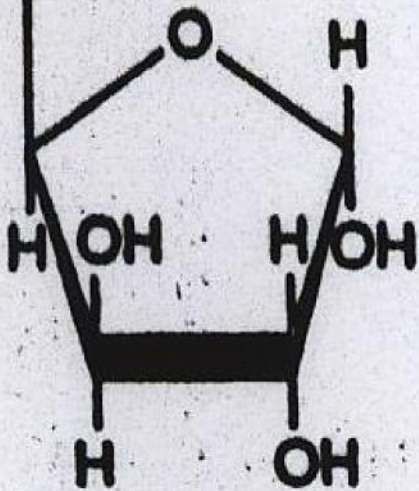
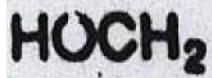
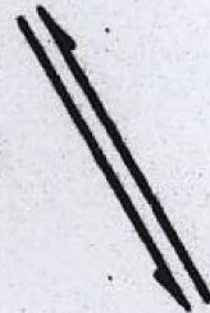


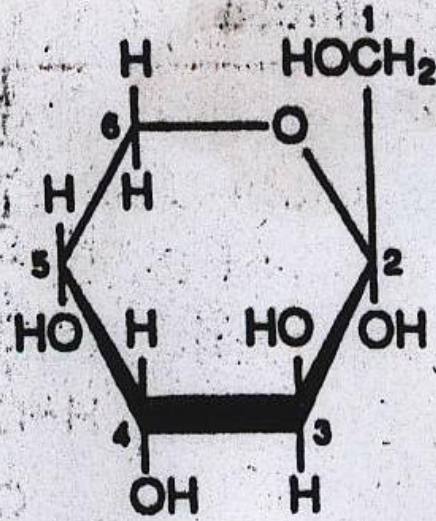


Furan

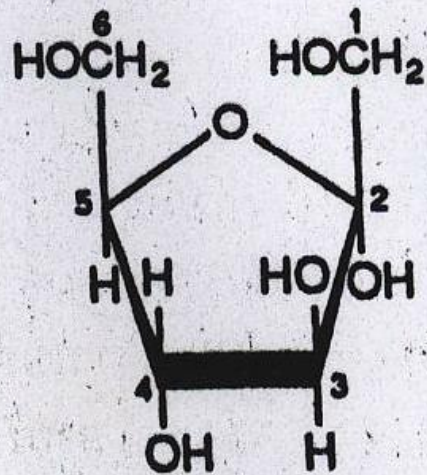


$\alpha$ -D-glukopiranososa  
(anomer- $\alpha$ )





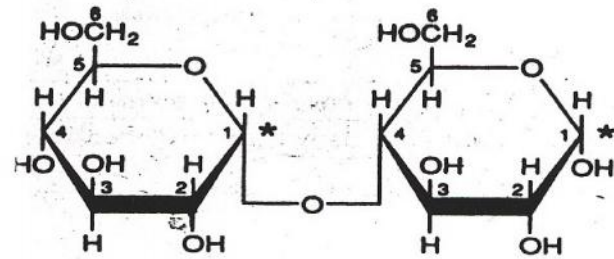
$\alpha$ -D-Fruktopiranososa



# DISAKARIDA

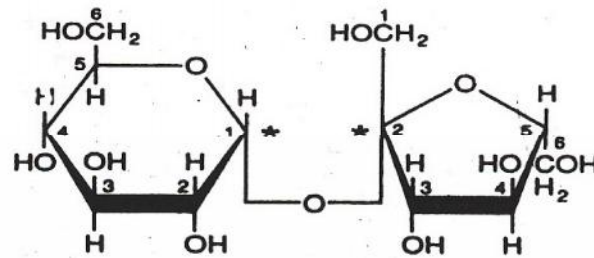
- .Maltosa : 2 molekul D-Glukosa,  $\alpha$  (1 >4 )  
Mereduksi: Benedict biru tua > merah bata  
Tollens endapan cermin perak
- .Selobiosa: 2 molekul glukosa,  $\beta$  (1>4)  
Mereduksi
- . Sukrosa: D-glukosa dan fruktosa OH-OH  
glikosidik  
Tidak mereduksi

### Maltosa



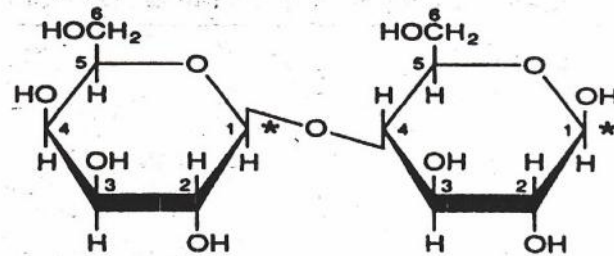
D-Glukopiranosil-(1→4)- $\alpha$ -D-glukopiranososa

### Sukrosa



$\beta$ -D-Galaktopiranosil-(1→4)- $\beta$ -D-glukopiranososa

### Laktosa



O- $\alpha$ -D-Glukopiranosil-(1→2)- $\beta$ -D-fruktofuranosida

# POLISAKARIDA

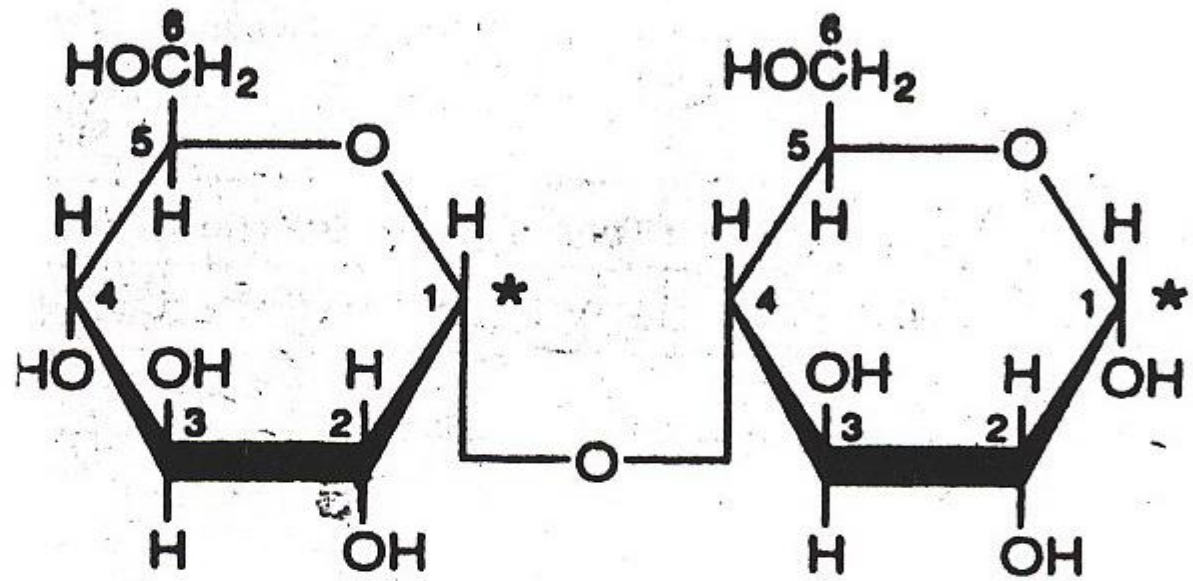
- Zat pati : Banyak molekul glukosa  $\alpha$  (1>4)
- Amilosa : Banyak glukosa  $\alpha$  (1>4)
- Amilopektin: Banyak glukosa  $\alpha$  (1>4), cabang  $\alpha$  (1>6)
- Glikogen: Seperti Amilopektin rantai dan cabang lebih banyak.

Banyak glukosa  $\alpha$  (1>4), cabang  $\alpha$  (1>6)

. Selulosa: Banyak molekul glukosa  $\beta$  (1>4)

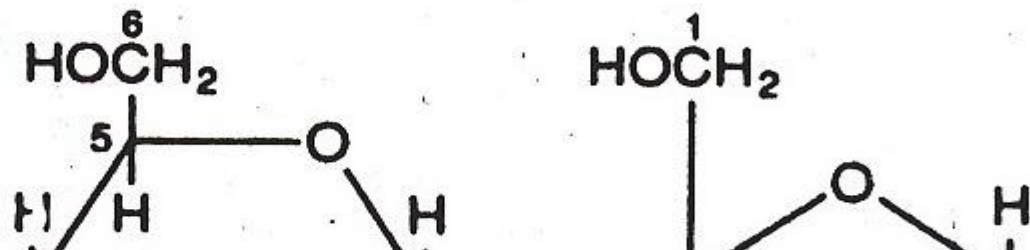
Simpanan KH dalam tubuh manusia Glikogen

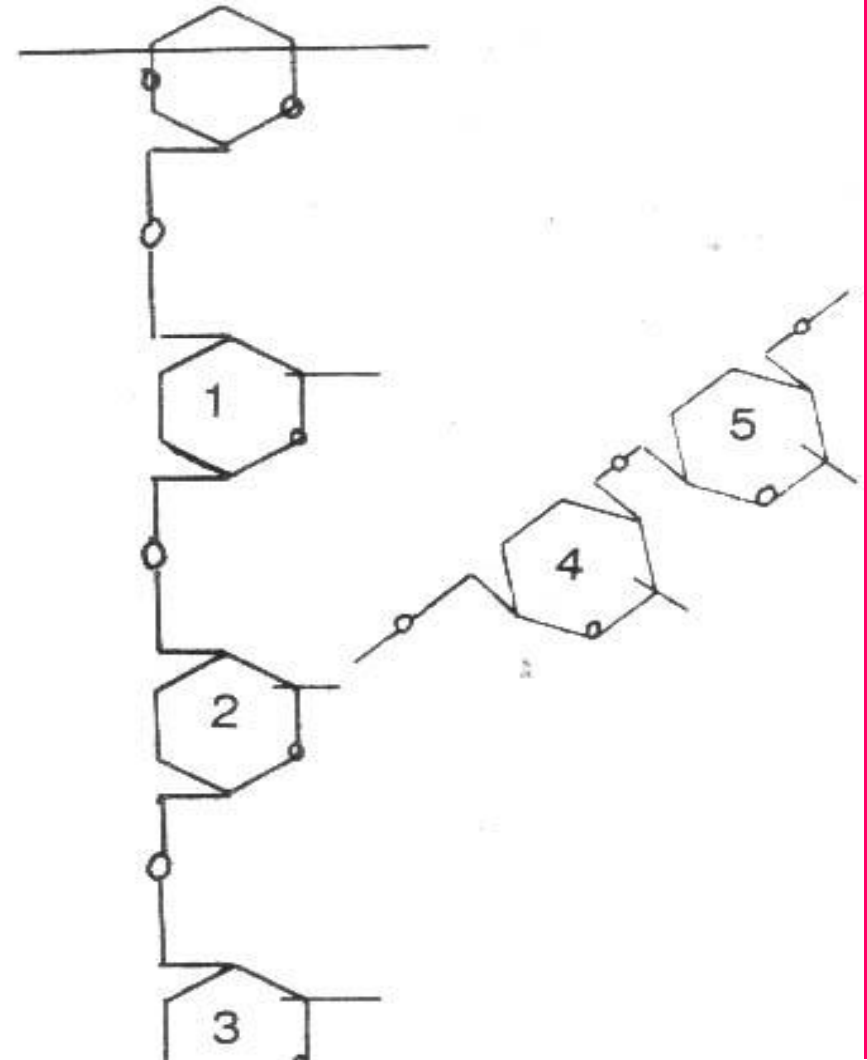
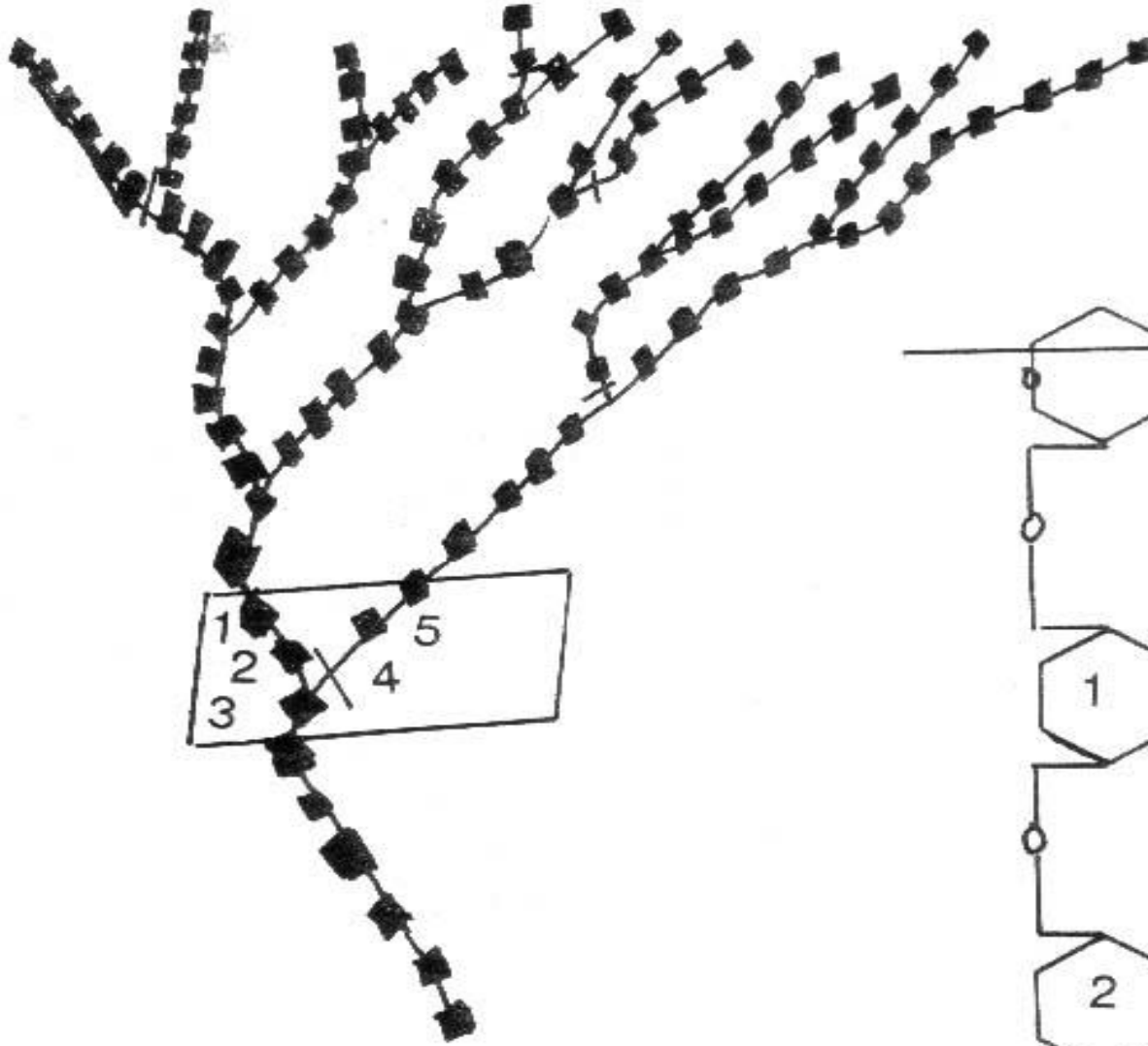
## Maltosa



D-Glukopiranosil-(1→4)-α-D-glukopiranososa

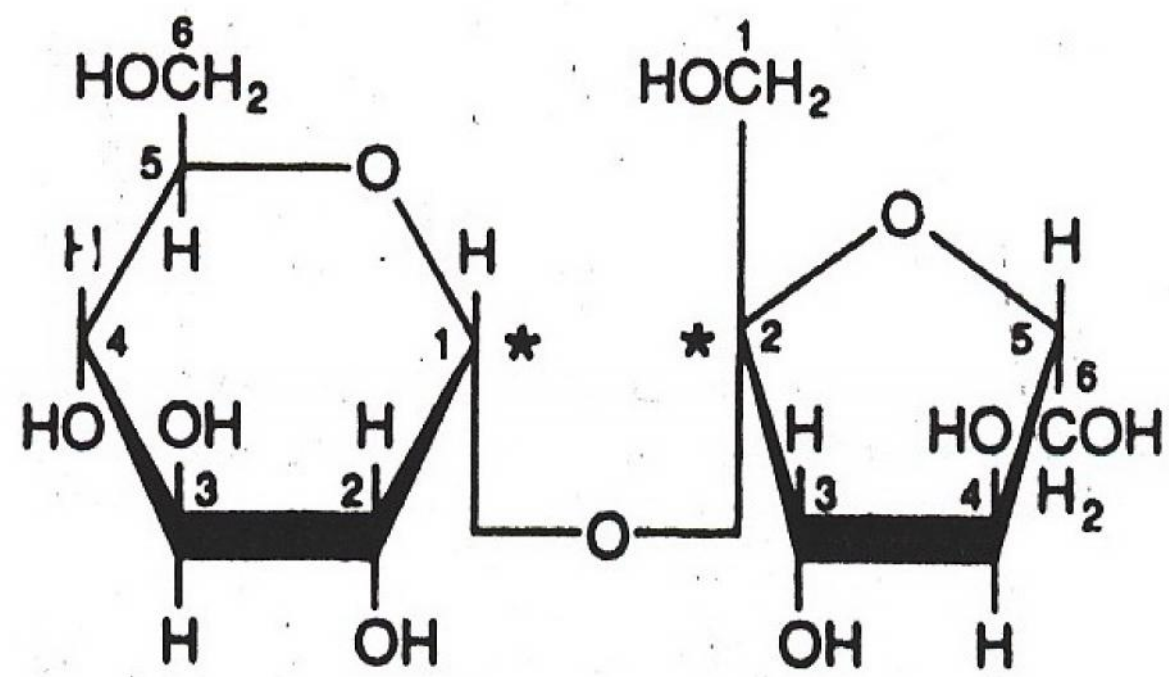
## Sukrosa



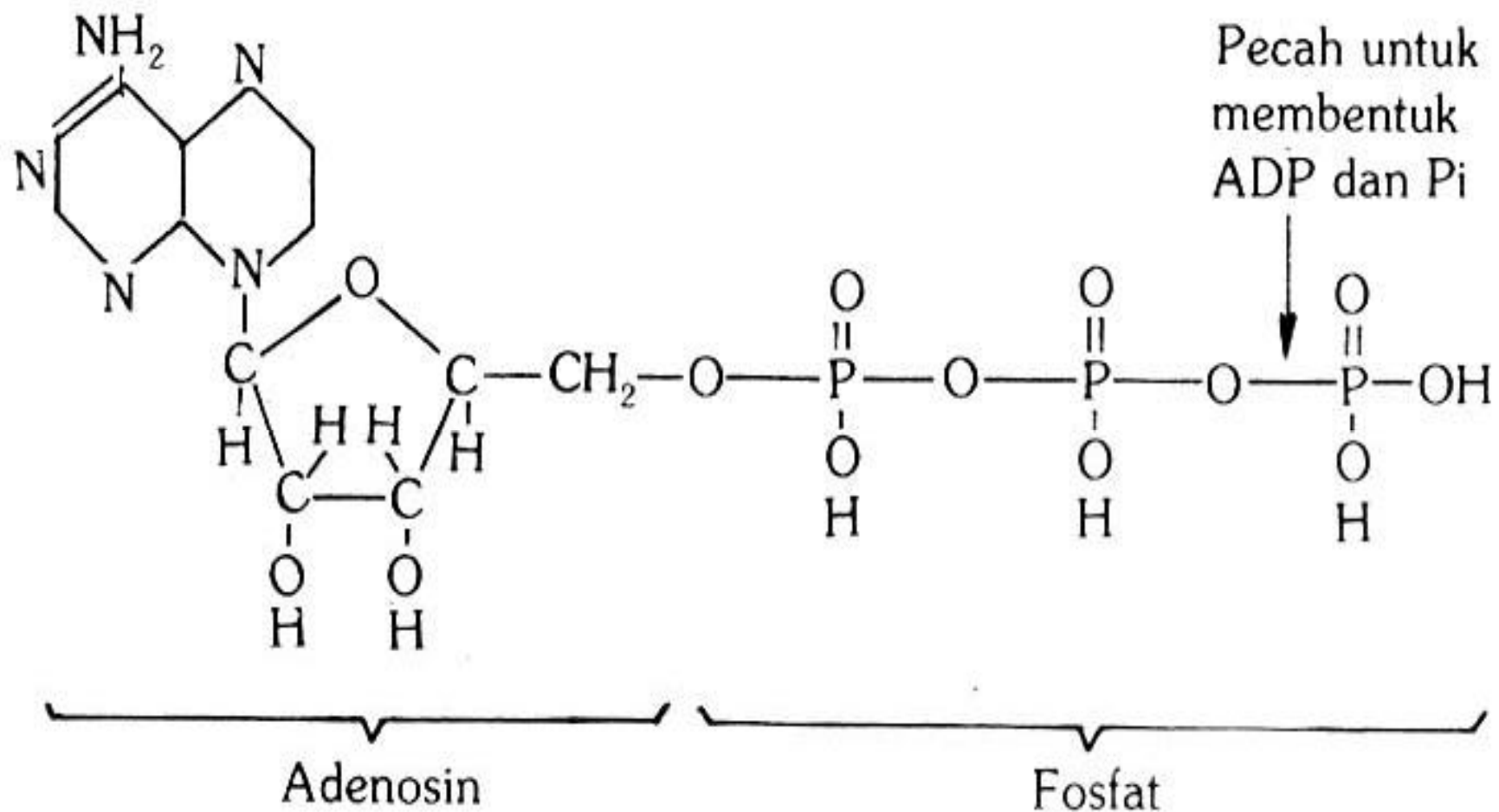


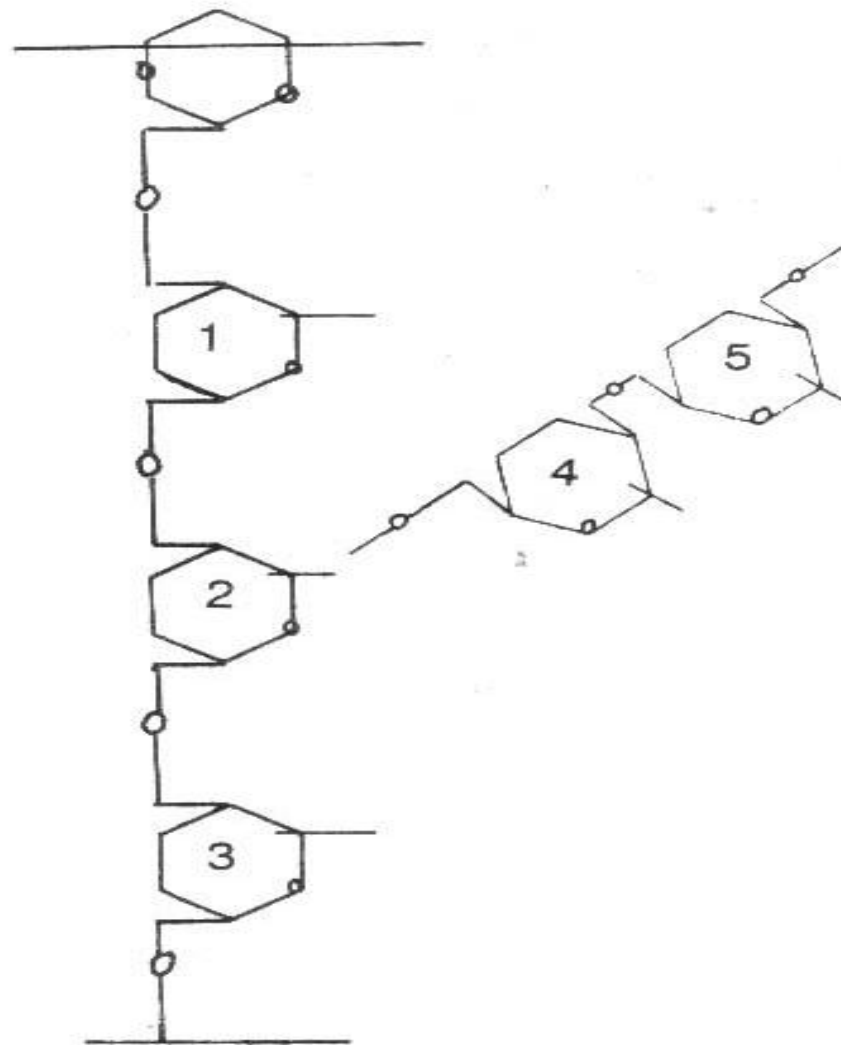
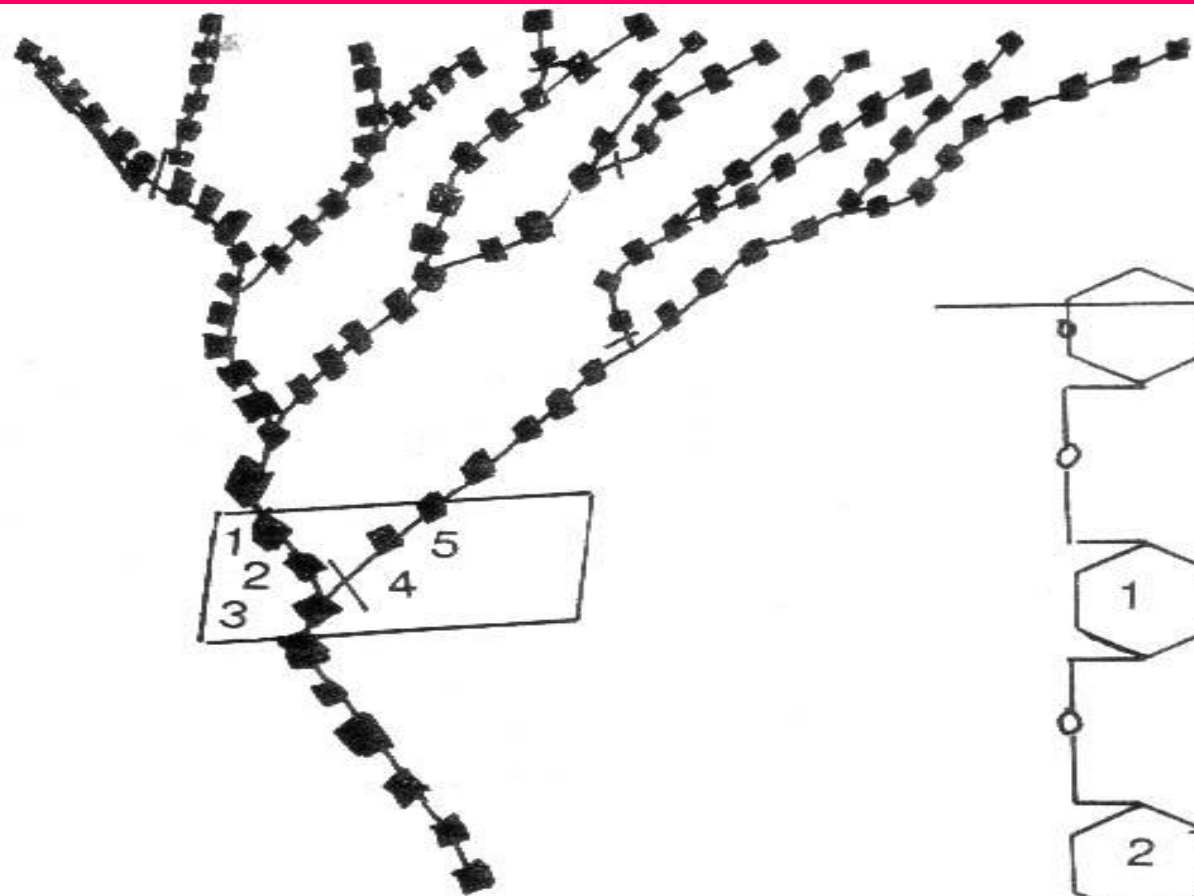


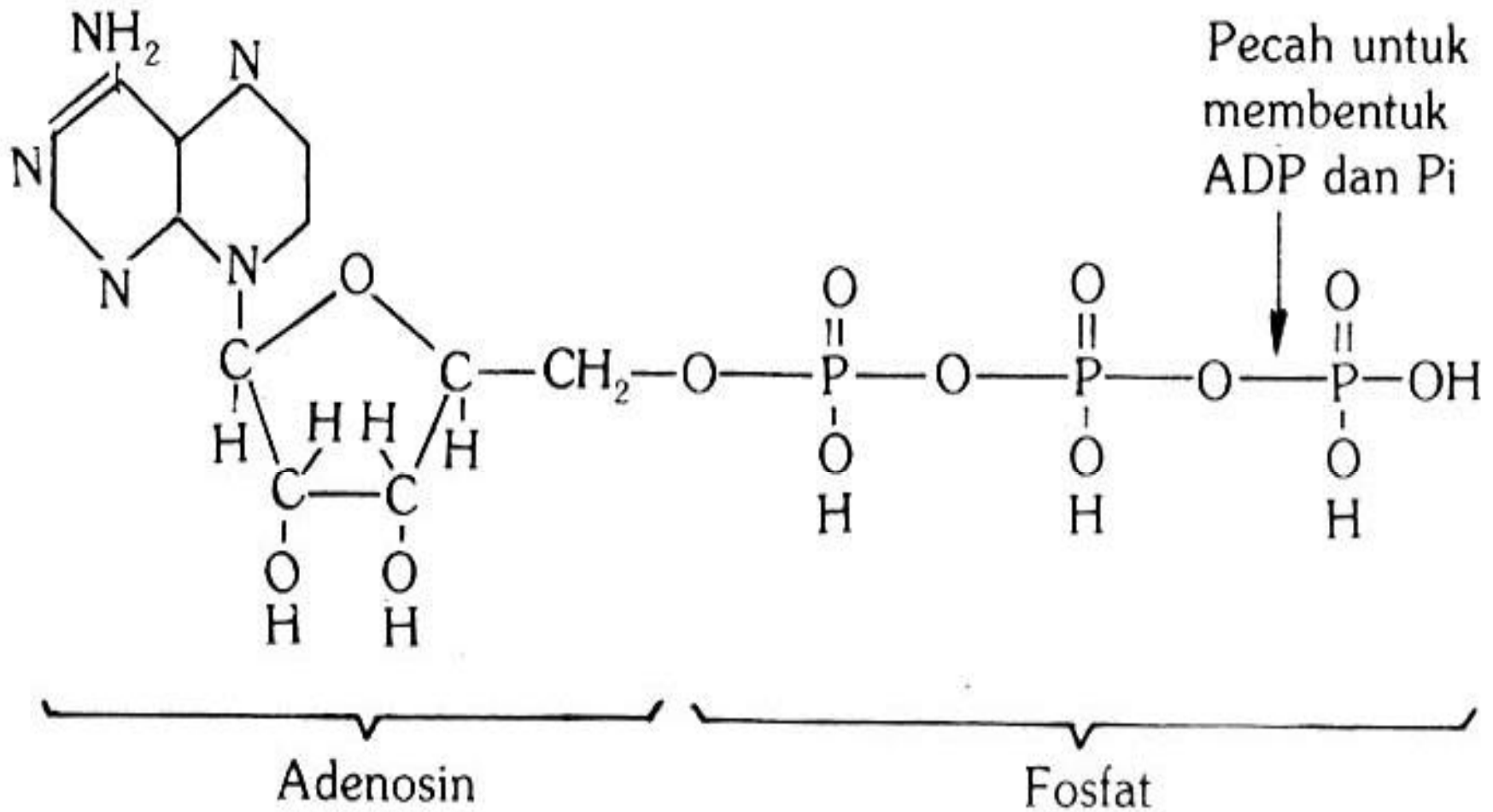
# Sukrosa



$\beta$ -D-Galaktopiranosil-(1→4)- $\beta$ -D-glukopiranososa







<b>Penambahan Gula Darah</b>	70-110 mg/100c c plasma	<b>Pengurangan gula darah</b>
1. Penyerapan dari intestin  2. Glukosa dari glikogenolisis hati  3. Glukosa dari glukoneogenesis hati	<b>G U L A  D A R A H</b>	1. Oksidasi pengadaaan energi jaringan 2. Cadangan glikogen otot, hati, jaringan lain  3. Diubah menjadi lemak cadangan 4. Sintesis laktosa, glikolipit, as. nukleat, dan mukopolisakarid 5. Glikolisis oleh sel darah 6. Ekskresi lewat urin jika > 180 mgr%

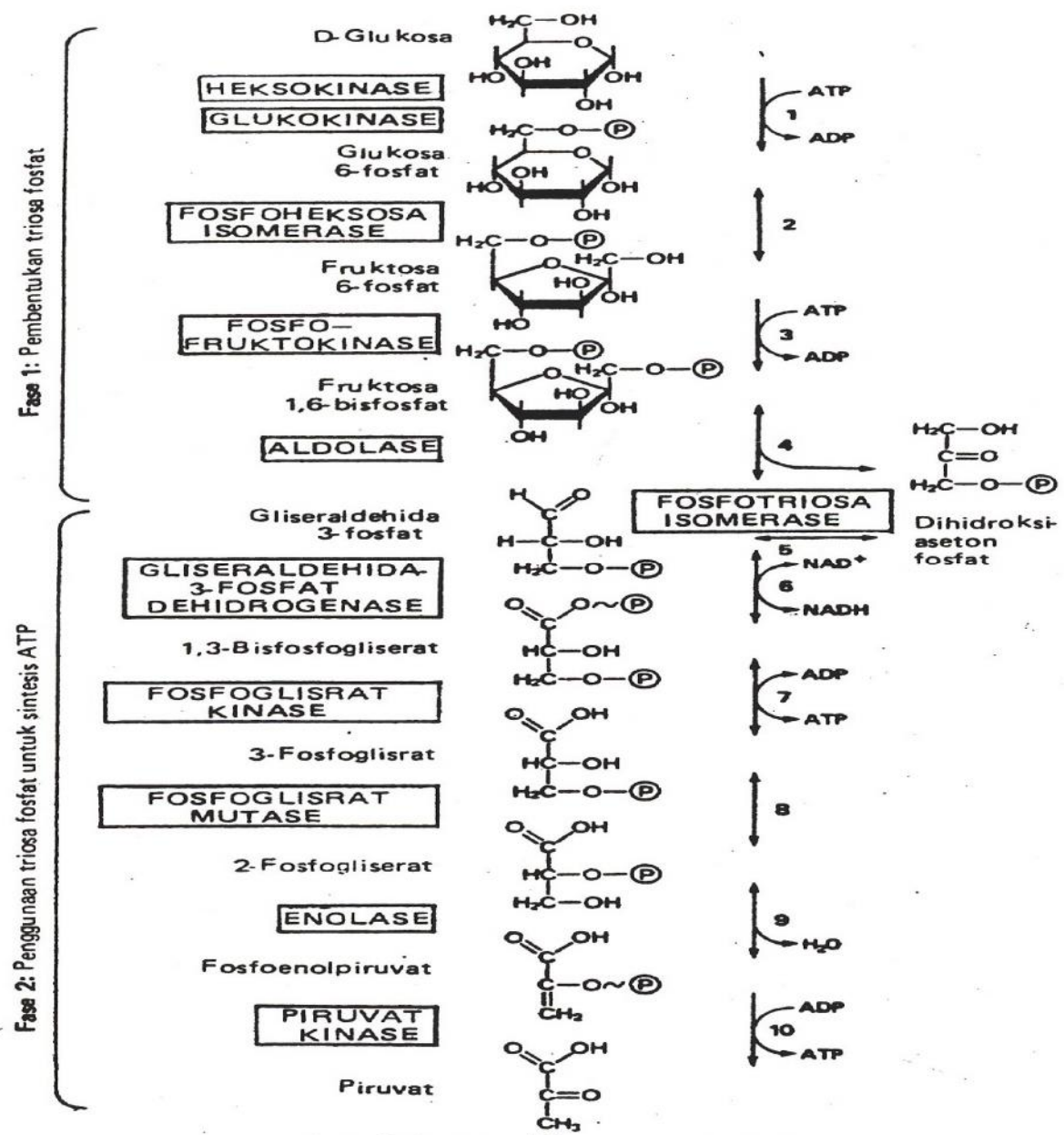


# ISTILAH-ISTILAH

- Glikolisis: pemecahan glukosa
- Glikolisis aerobik: pemecahan glukosa yang kecukupan oksigen sehingga berlanjut ke terjadinya  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  (siklus Krebs & ETS).
- Glikolisis anaerobik=Glikolisis Embden Mayerhop(EM): pemecahan glukosa (dari glikogen otot) yang kekurangan oksigen sehingga terjadi asam laktat.
- Glikogenolisis: pemecahan glikogen
- Glikogenesis: pembentukan glikogen

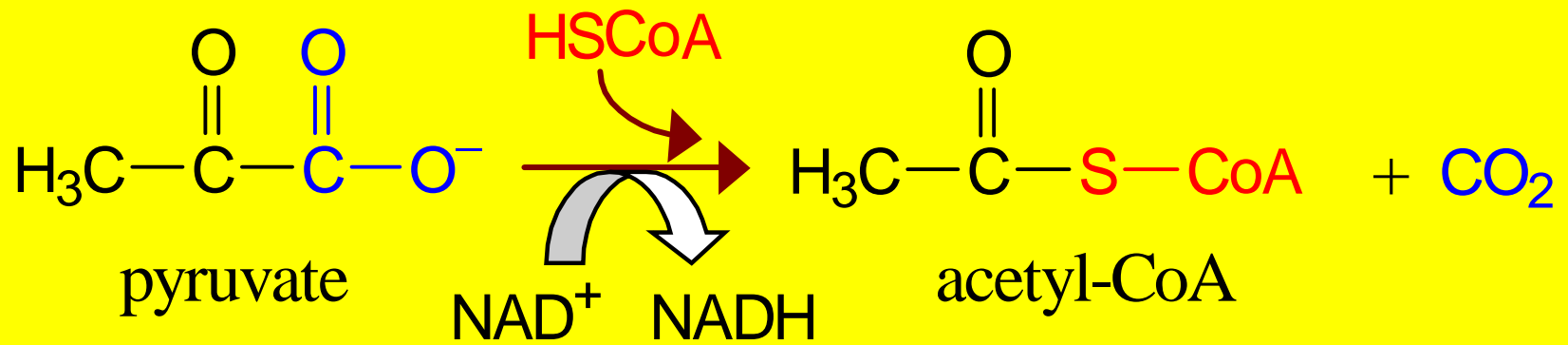
- Glukoneogenesis: sintesis glukosa dari bahan lain selain KH (laktat, lemak, Protein)
- Aminolisis: pemecahan asam amino
- Esterifikasi: pembentukan triasilgliserida dari asam lemak darah di sel adiposa
- Lipolisis: pemecahan lipid (triasilgliserida)
- Sintesis: pembentukan/penyusunan
- Oksidasi: sebagai pengeluaran elektron (belum tentu  $O_2$ )
- Reduksi: sebagai perolehan elektron.

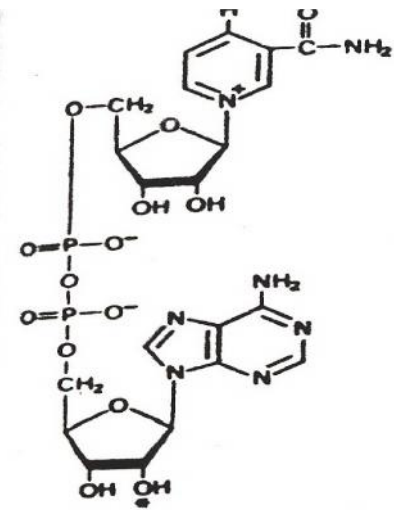




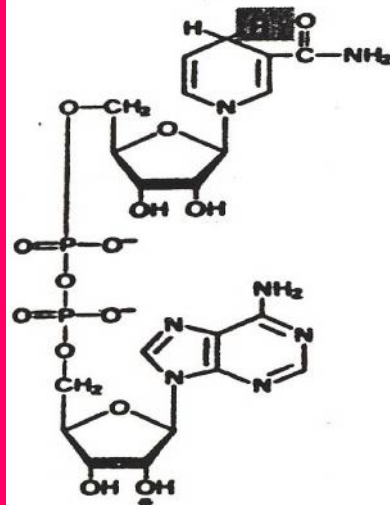
Gambar 7-9. Glikolisis. (P) = gugus fosforil.

## Pyruvate Dehydrogenase

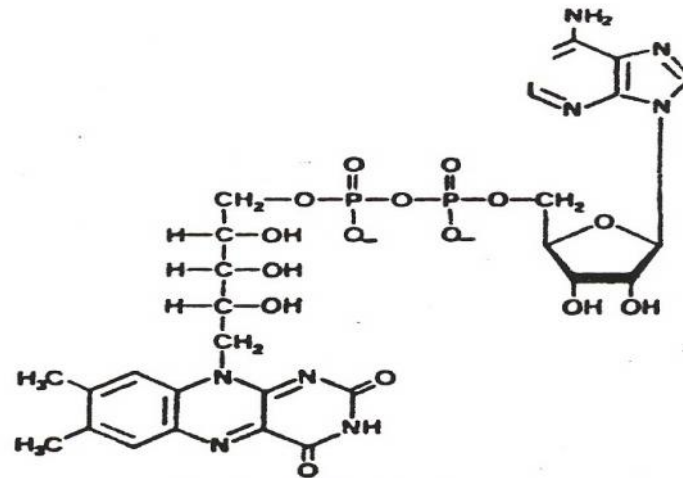




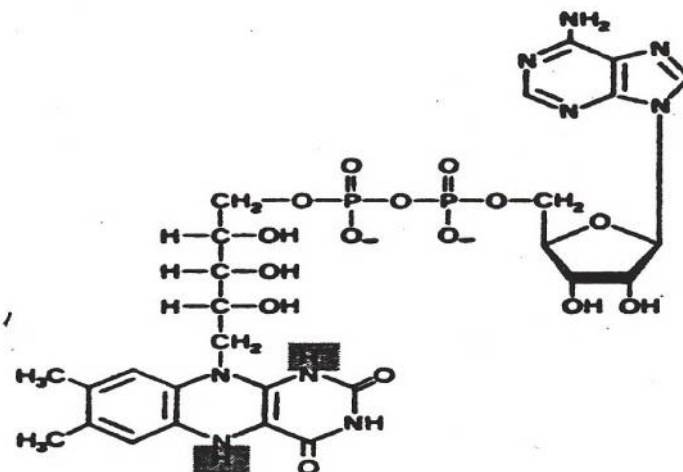
Nikotinamida adenin dinukleotida teroksidasi (NAD)



Nikotinamida adenin dinukleotida tereduksi (NADH)



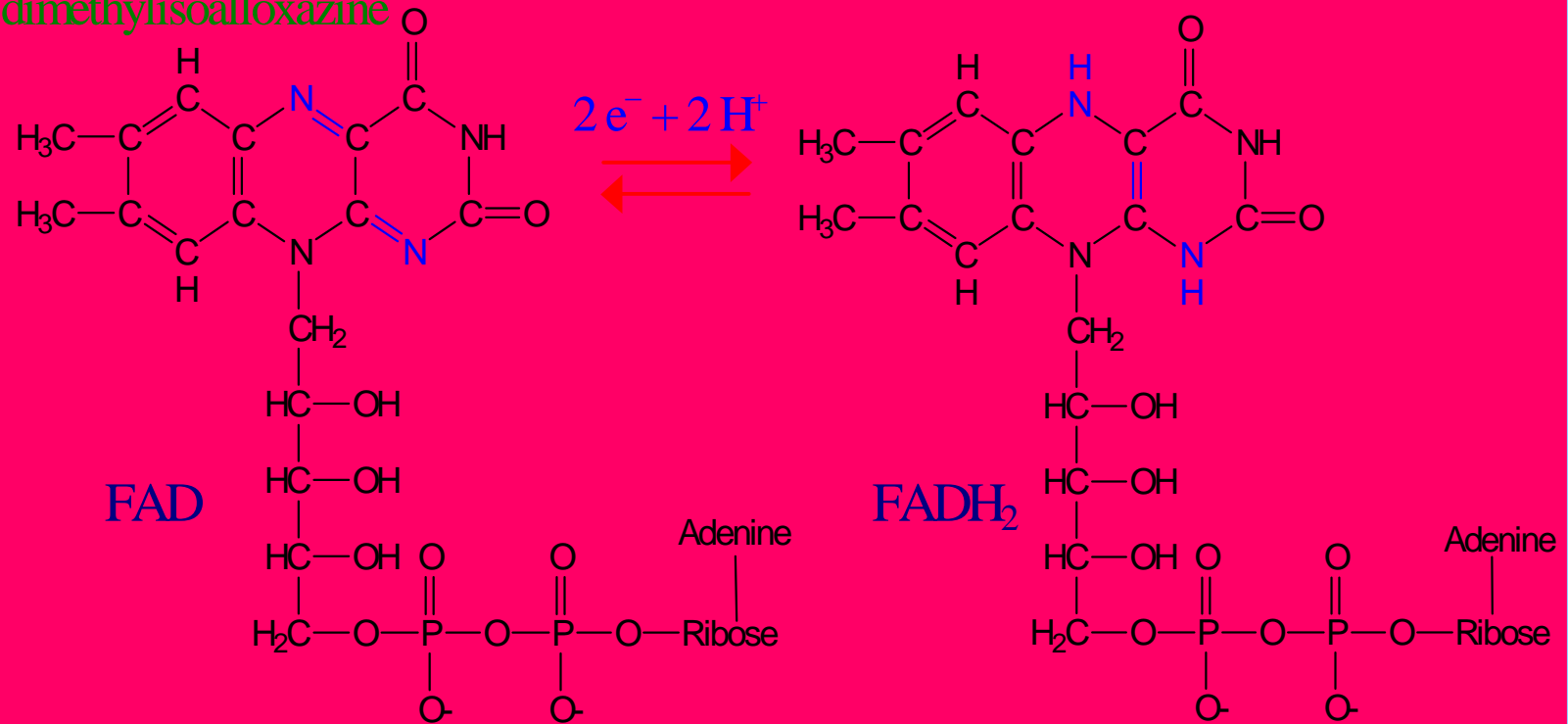
Flavin adenin dinukleotida teroksidasi (FAD)



Flavin adenin dinukleotida tereduksi (FADH<sub>2</sub>)

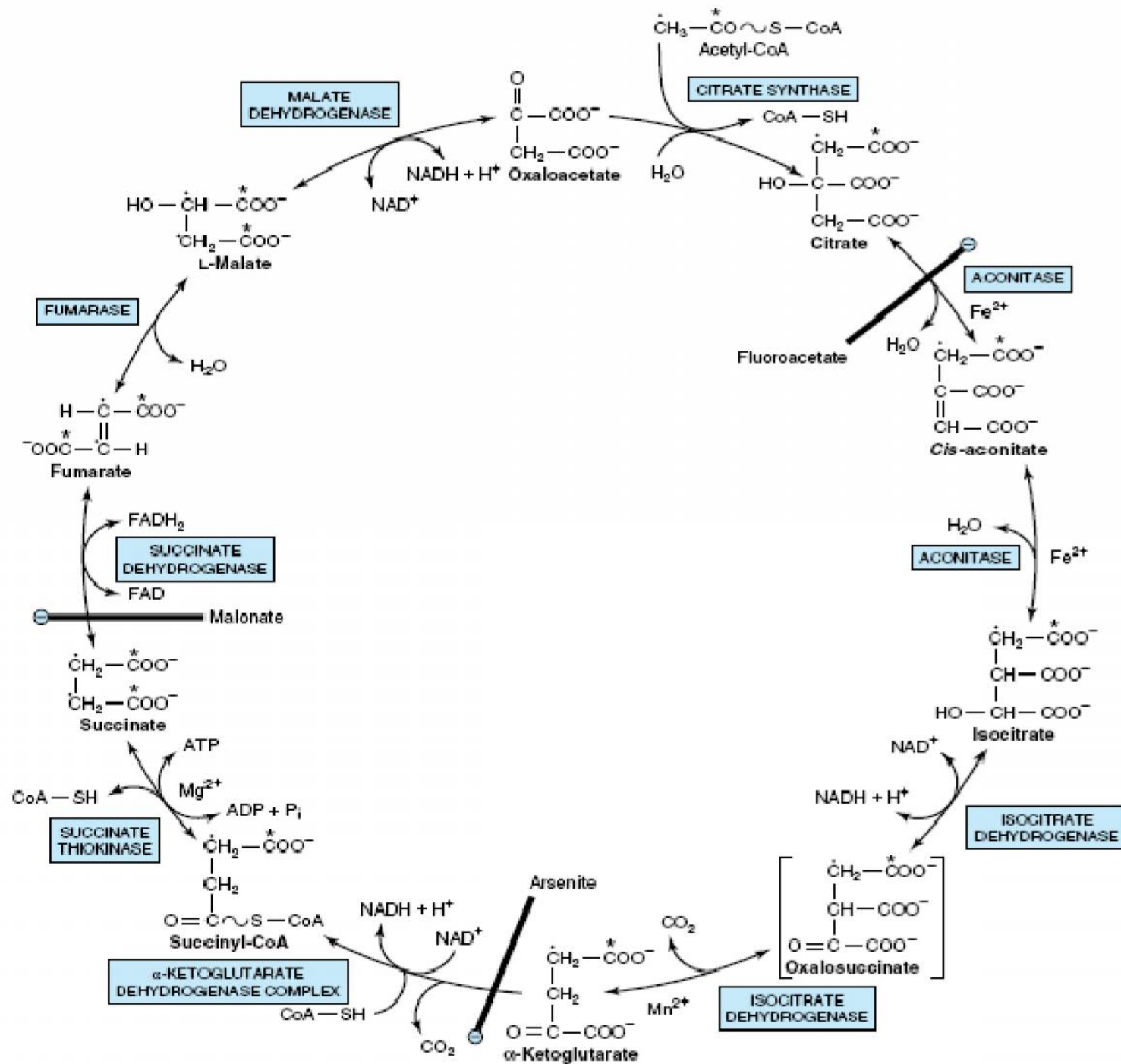
Gambar 7-4. NAD, NADP, dan FAD merupakan karier ekuivalen pereduksi. Struktur NADP hanya berbeda dari struktur NAD oleh penambahan fosfat pada posisi yang bertanda \*. Dalam bentuk teroksidasi, cincin piridin dari NAD dan NADP mengandung muatan positif. Untuk menekankan hal ini, pada gambar senyawa-senyawa ini diwakili oleh NAD<sup>+</sup> dan NADP<sup>+</sup>. Muatan positif pada teks dihilangkan.

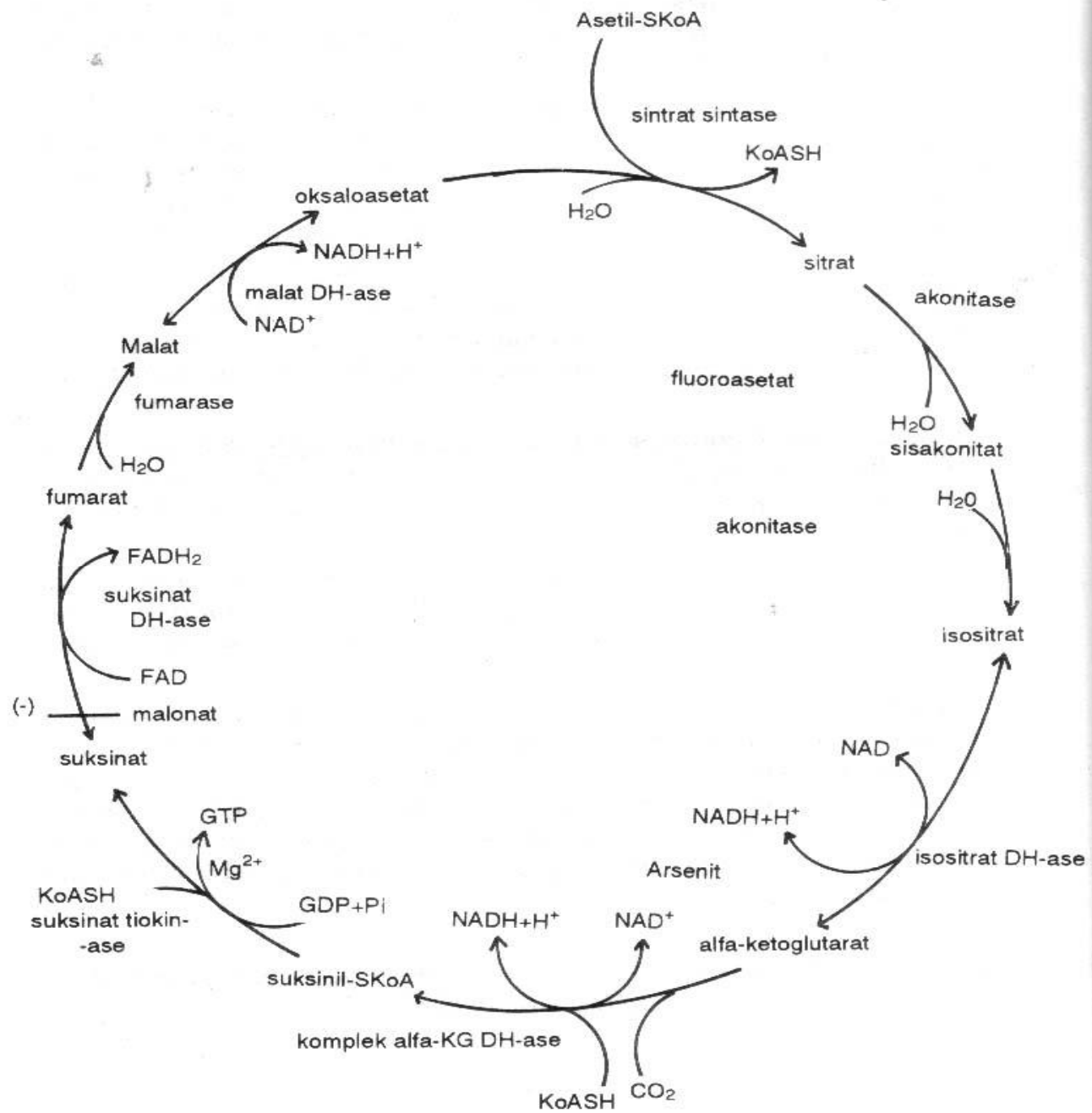
dimethylisoalloxazine

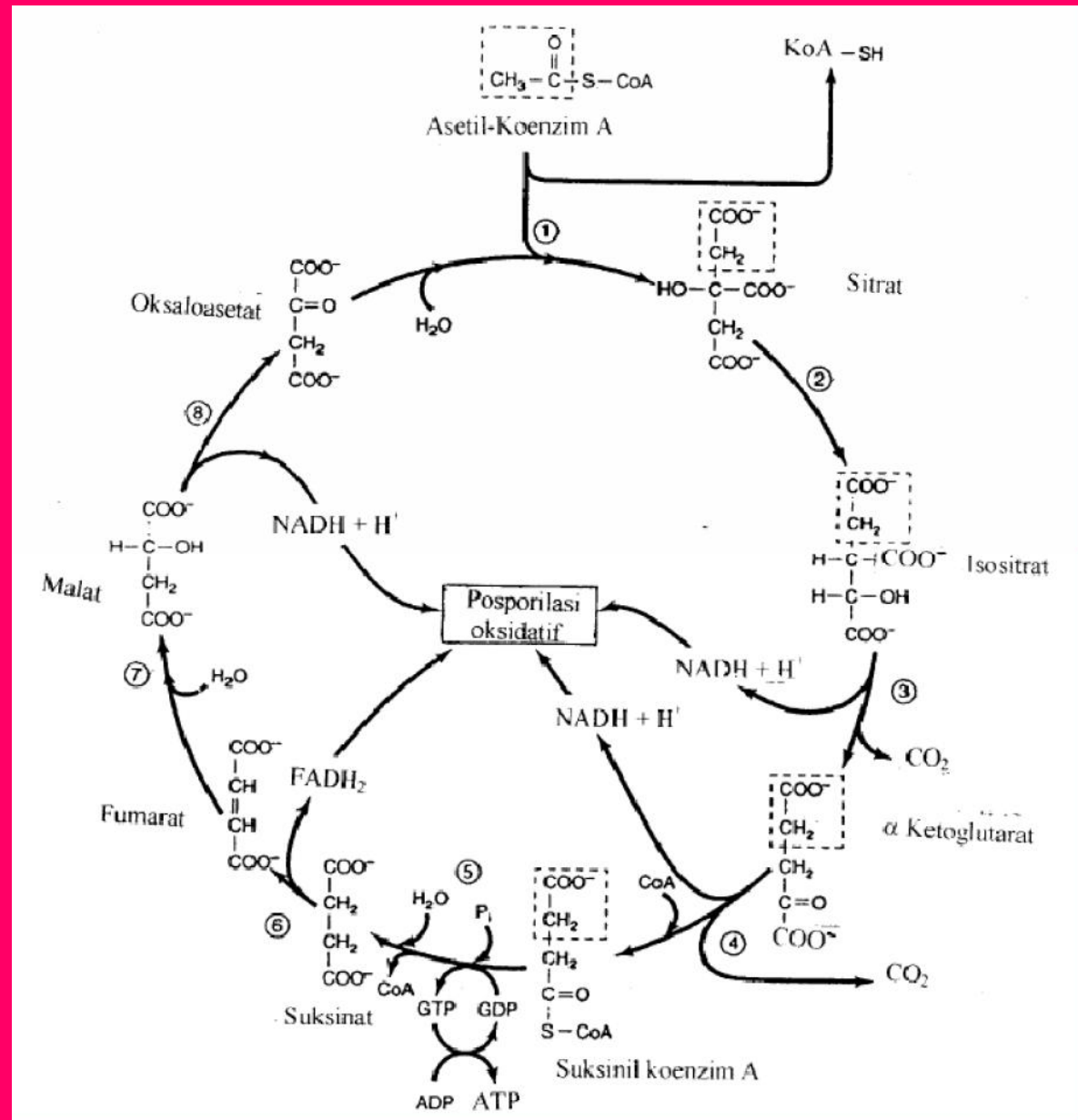


# Glikolisis Aerobik

- Bahan glukosa darah, jika turun dipasok glikogenolisis dari hati, dapat untuk sekitar 2 jam
- Pada olahraga yang menuntut kemampuan maksimal selama dua jam.
- Dari glukosa sampai piruvat terjadi 4 ATP, tetapi di awal menggunakan ATP shg hanya menghasilkan 2 ATP.
- Terjadi di cytoplasma (luar mitokondria)
- Glukosa ke piruvat juga terjadi 2 NADH > ETS.
- Juga terjadi As. Ko. A masuk siklus Krebs.
- Dari piruvat ke Aa.Ko.A terjadi NADH.









- Glikolisis Anaerobik
- Glikolisis Embden Mayerhop
  - Bahan Glikogen
  - 1 mol glukosa dari glikogen

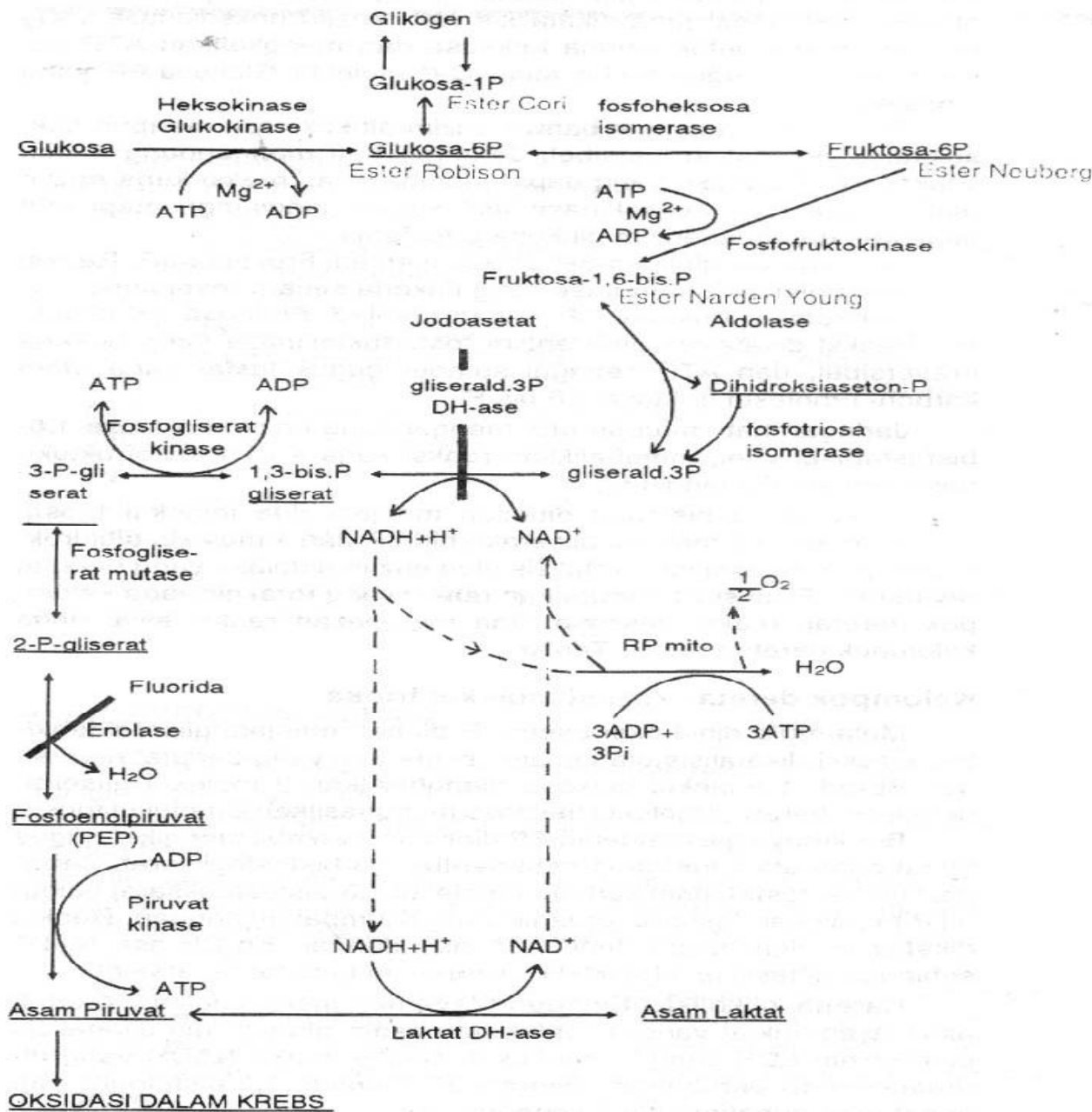
Sampai piruvat menghasilkan 3 ATP

Terjadi ketika kerja otot maksimal setelah 8-12 detik.

Produk akhir asam laktat terjadi karena NADH tidak semua teroksidasi sehingga bereaksi dengan piruvat.

$\text{NADH} + \text{Piruvat} \rightarrow \text{Asam Laktat}$

**Gambar 1. Glikolisis Embden-Meyerhof**



Glikogen otot jika dipecah akan langsung mengikat gugus Pi shg menjadi glukosa 6-P

Jika membuat glukosa 6-P dari glukosa darah perlu aktivasi menggunakan ATP

Glukosa dari glikogen otot sampai asam piruvat menghasilkan 3 ATP, dari gula darah menghasilkan 2 ATP.

Proses glikolisis anaerobik terjadi di sitoplasma sel atau di luar mitokondria.

Ketika intensitas maksimal, “waktu panjang”, membuat dari gula darah akan menghasilkan ATP lebih sedikit, maka dipilih dari glikogen otot.

# Sistem Asam Laktat dalam Latihan

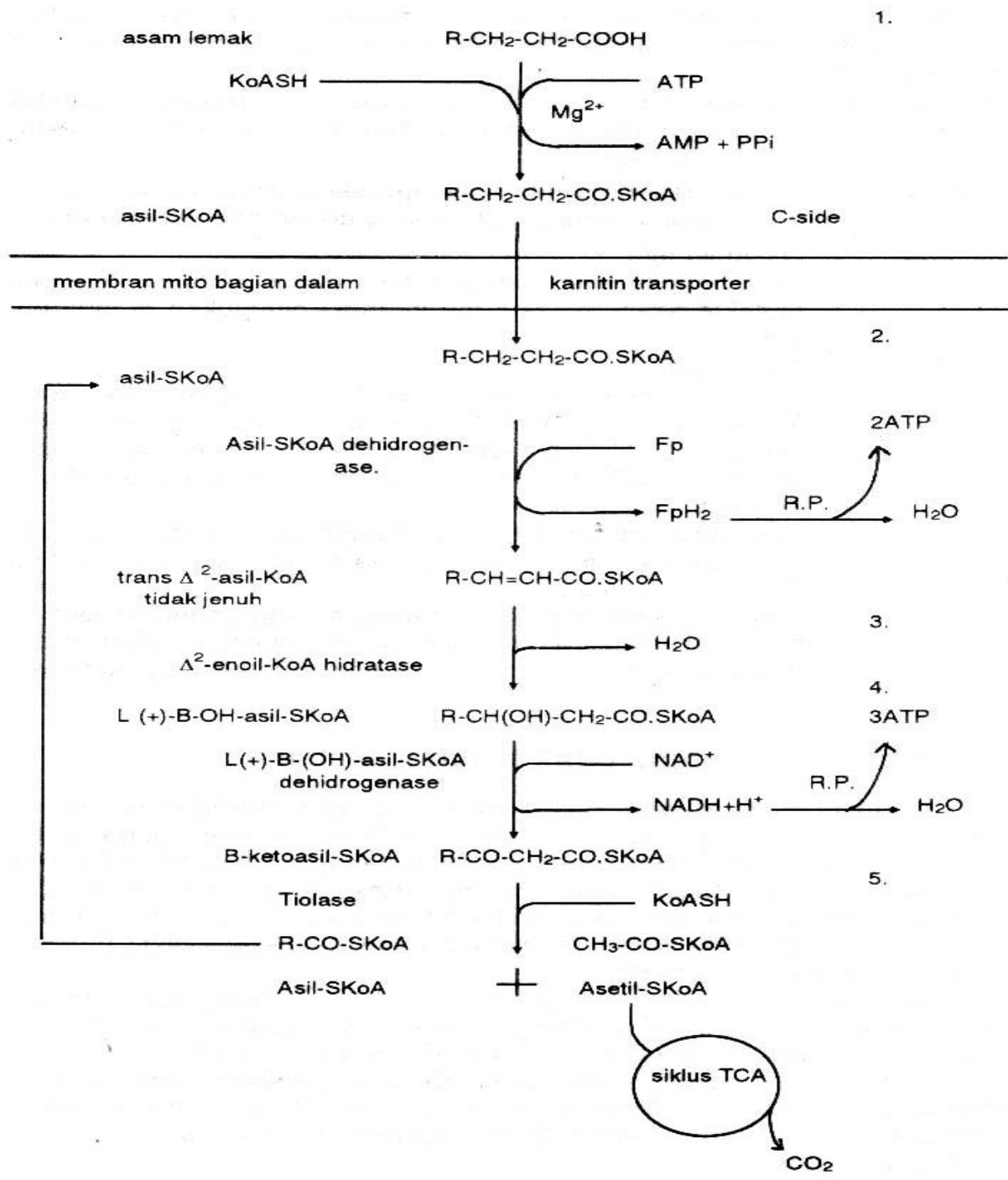
- Penggunaan glikogen otot sedikit saja sudah menghasilkan asam laktat cukup tinggi.
- Glikogen digunakan pada intensitas maksimal, ketika itu darah yang ke hati hanya sedikit, sehingga reduksi asam laktat cukup lambat.
- Glikogen otot tidak banyak digunakan, sehingga timbunan yang cukup banyak hanya akan menjadi beban.
- Glikogen punya sifat retensi/mengikat air shg jika dalam set otot banyak akan menyebabkan hipertrophy yang cukup tinggi
- Asam laktat yang terjadi akan dikeluarkan dari sel masuk peredaran darah, dan di hati akan diubah menjadi glukosa kemudian dimasukkan lagi dalam peredaran darah
- Proses mengubah asam laktat menjadi glukosa melalui Siklus Cori, yang termasuk dalam proses glukoneogenesis.

Karbohidrat loading, ditujukan untuk memperbanyak glikogen hati, karena dapat untuk mensuplai glukosa darah.

Daya tahan anaerobik tidak ditentukan oleh banyaknya cadangan glikogen dalam sel otot.

Daya tahan anaerobik ditentukan oleh kemampuan mentoleransi kadar asam laktat.

Cadangan glikogen otot berlebihan perlu dihindarkan menghindari kelebihan berat badan.



# LIPID=LEMAK

- Gugus Karboksil

O

||

-C-OH

Gugus Karbonil

O

||

- C -

## LIPID:

1. Sebagai bahan metabolisme utama ke 2
2. Bentuk triasilgliserol, fosfolipid, steroid, kolesterol, gliserol, asam lemak dsb.
3. Selalu mengalami pergantian/dinamis
4. Banyak KH yang berubah ke lemak
5. Pelarut vitamin ADEK
6. Disimpan di sel adiposa sebagai triasilgliserol

Nilai kalori tinggi

Kadar air kecil

Jika dioksidasi airnya banyak=mempertahankan di udara kering



# KLASIFIKASI LEMAK MENURUT BLOOR

## 1. Lemak sederhana:

ester asam lemak dengan alkohol  
membentuk gliserol membentuk  
triasilgliserol

## 2. Lemak gabungan:

bergabung komponen lain fosfat (fosfolipid),  
karbohidrat (glikolipid); sulfat (sulfolipid),  
asam amino (aminolipid), protein  
(lipoprotein)

## 3. Produk lipid:

Hasil pemecahan komponen no 2

ASAM LEMAK:

ASAM LEMAK JENUH=tidak punya ikatan rangkap (pada hewan)



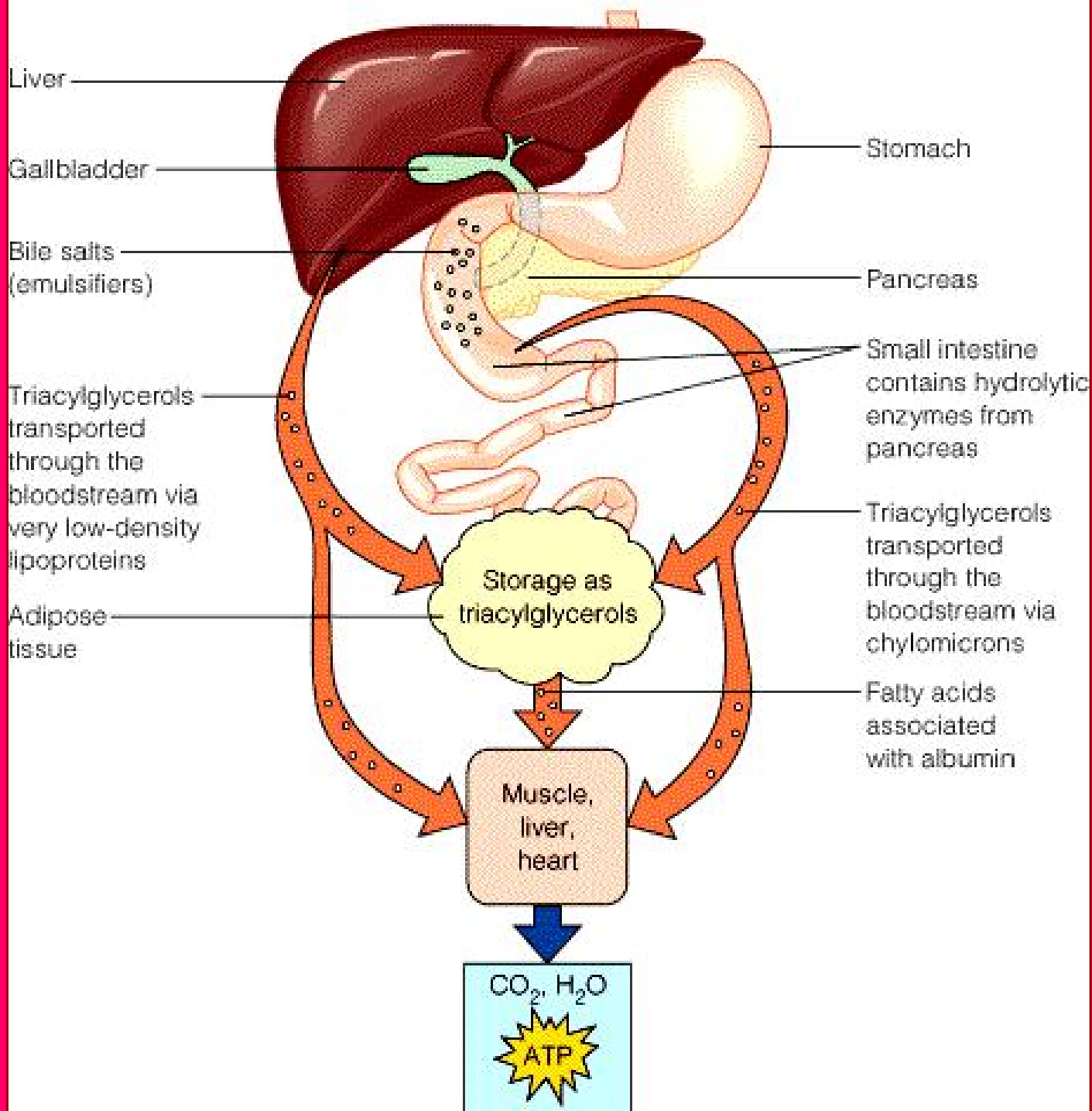
ASAM LEMAK:

Asam lemak tidak jenuh = mempunyai ikatan rangkap



$(\text{C}_n\text{H}_{2n-1} \text{ COOH})$  jika satu ikatan rangkap

$(\text{C}_n\text{H}_{2n-3} \text{ COOH})$  jika dua ikatan rangkap



Liver

Gallbladder

Bile salts  
(emulsifiers)

Triacylglycerols  
transported  
through the  
bloodstream via  
very low-density  
lipoproteins

Adipose  
tissue

Storage as  
triacylglycerols

Muscle,  
liver,  
heart

CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O

ATP

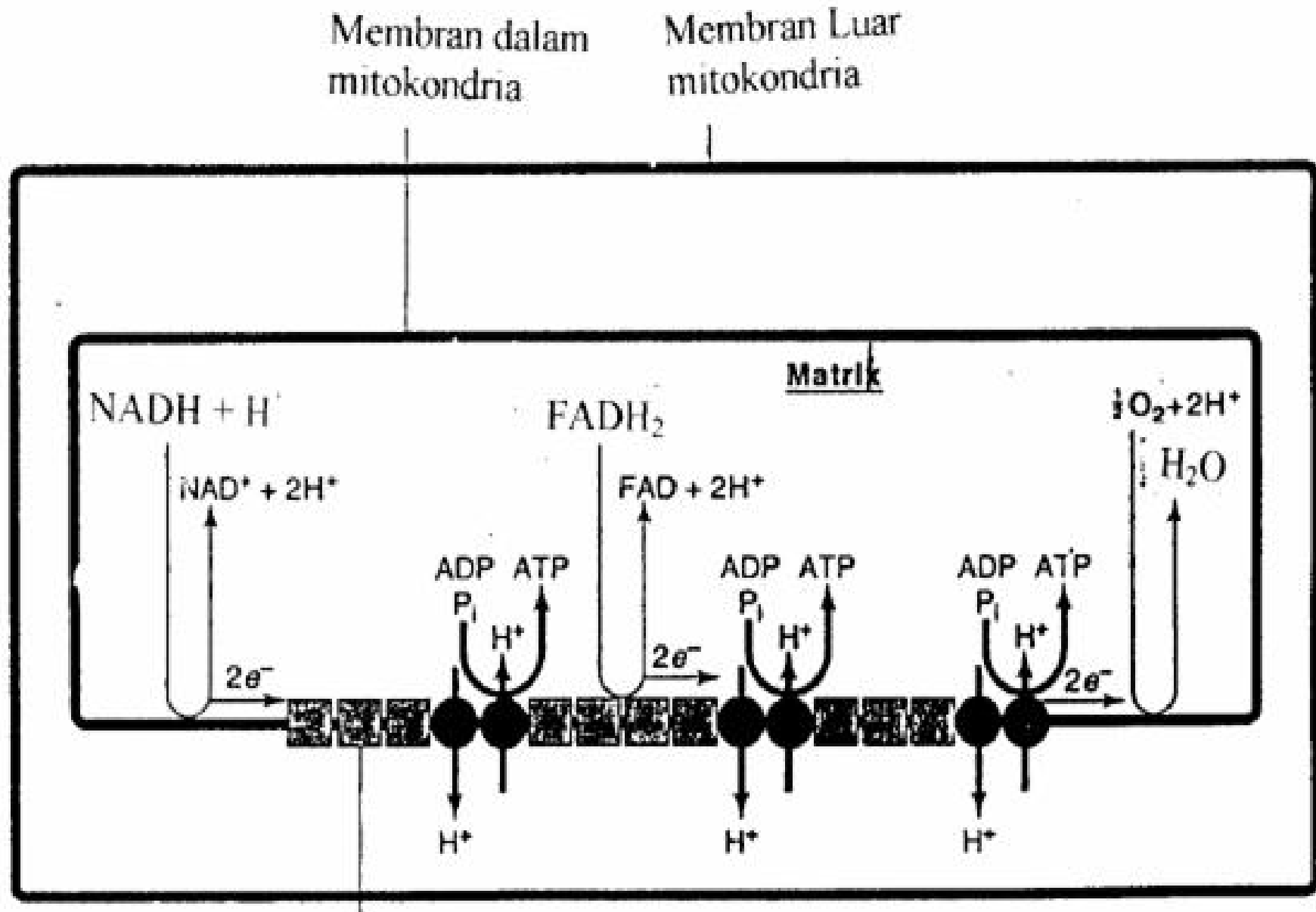
Stomach

Pancreas

Small intestine  
contains hydrolytic  
enzymes from  
pancreas

Triacylglycerols  
transported  
through the  
bloodstream via  
chylomicrons

Fatty acids  
associated  
with albumin



Sitokrom pada sistem transport elektron

# NADH > ETS

1 NADH menghasilkan 3 ATP

Posporilasi oksidatif

Rantai pernafasan

– Degradasi Lipid → Oksidasi asam lemak

- Pencernaan, penyerapan dan transport lemak
- $\beta$ -oksidasi asam lemak

## Biosintesis Lipid

- Biosintesis asam lemak
- Biosintesis triasilgliserol
- Biosintesis fosfolipid
- Biosintesis kolesterol dan steroid

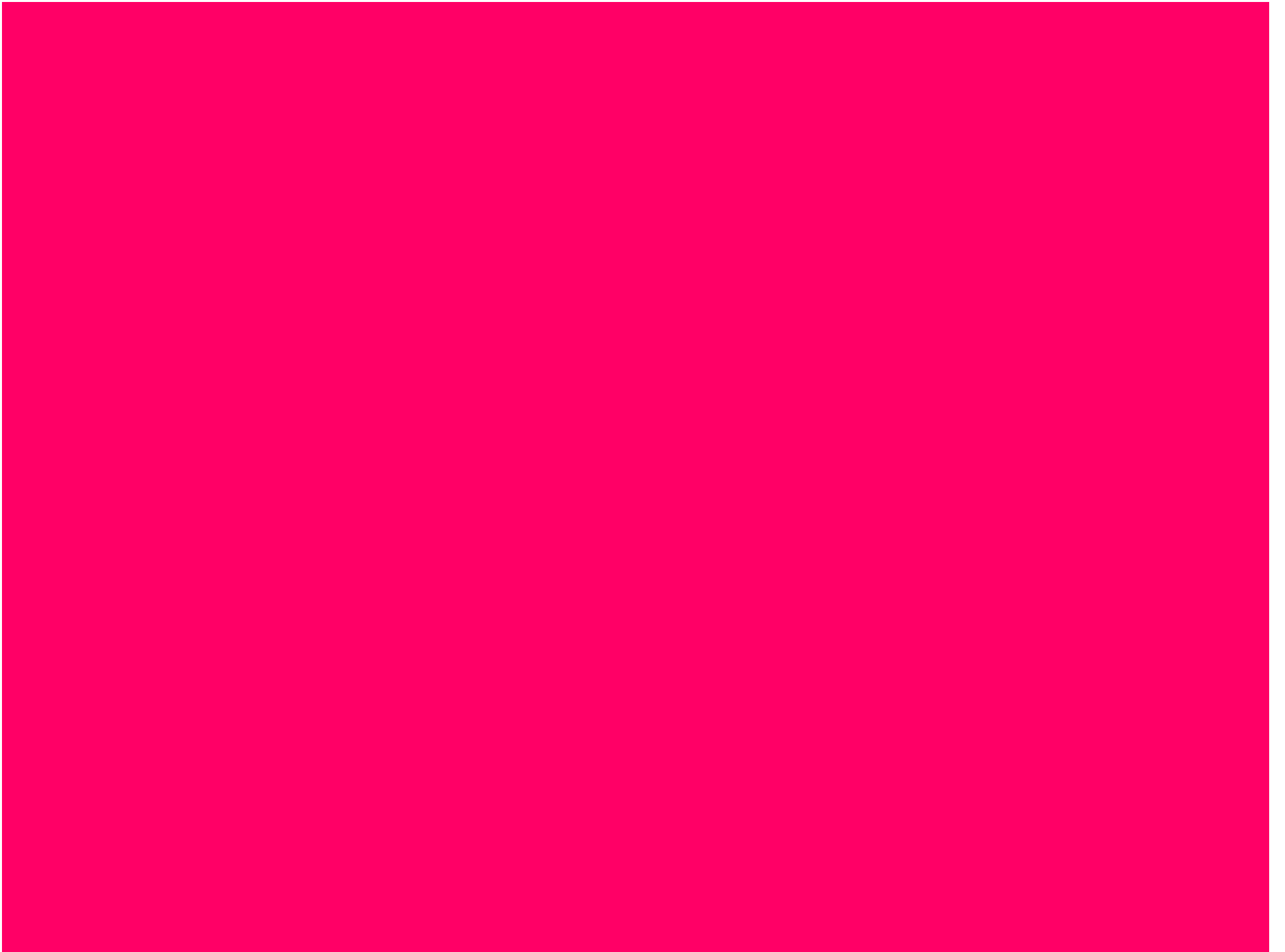
## Pencernaan, penyerapan, & transport lemak

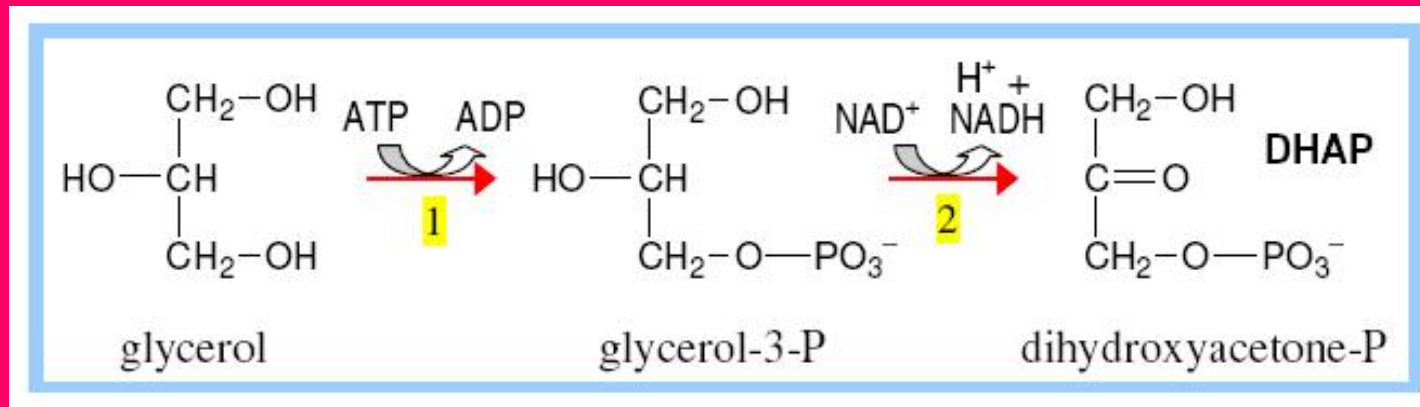
- Penggunaan lemak sebagai sumber energi erat berhubungan dengan metabolisme lipoprotein dan kolesterol.
- Mammalia mempunyai 5 – 25% / lebih → lipid dan 90% dlm bentuk lemak (TAG) yg disimpan di dalam jaringan adipose
- Hewan → lemak disimpan dalam adiposit
- Tumbuhan → biji → untuk perkembangan embrio

- Sumber lemak :
  - Makanan
  - Biosintesis *de novo*
  - Simpanan tubuh → adiposit
- Masalah utama → sifatnya yang tidak larut dalam air.
- Lemak → diemulsi oleh garam empedu – disintesis oleh liver & disimpan dlm adiposit → mudah dicerna & diserap
- Transportasi → membentuk kompleks dg protein → lipoprotein



- Penyerapan oleh **sel mukosa** usus halus
- Asam lemak yg diserap → disintesis kembali mjd lemak dalam → **badan golgi** dan **retikulum endoplasma** sel mukosa usus halus
- TAG → masuk ke sistem limfa membentuk kompleks dgn protein → ***chylomicrons***





- Gliserol hasil hidrolisis TAG : dirubah mjd DHAP oleh ensim :
- 1 Glycerol Kinase
- 2 Glycerol Phosphate Dehydrogenase.
- Masuk ke dalam daur Glikolisis

- Chylomicron kmdn membawa TAG dari sel mukosa usus halus ke organ lain seperti jantung, otot, dan jaringan lemak.
- untuk TAG yg disintesis dr hati, akan dibawa oleh VLDL ke organ lain
- setelah mencapai organ target → di kapiler → TAG akan dihidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak
- Asam lemak bebas diserap, sisanya dibawa oleh serum albumin → ke sel lain
- Asam lemak yg telah masuk ke dalam sel
  - Diubah menjadi energi
  - Diubah menjadi TAG untuk disimpan di adiposa

Lemak:

Asam lemak di darah, sel otot (pelari Marathon banyak)

Fosfolipit dalam pengangkutan

Steroid di jaringan saraf, kelenjar tertentu

$\beta$  oksidasi prosesnya > As-KoA siklus Krebs  
NADH & FADH<sub>2</sub> ETS.

Tidak dapat untuk membuat ATP tanpa O<sub>2</sub>

Persediaan tidak terbatas/sangat banyak untuk oksidasi perlu O<sub>2</sub> lebih banyak dari pada KH

u

Lipoprotein: bentuk asam lemak dalam pengangkutan

1. Khilomikron: dari usus halus
2. VLDL (very low density lipoprotein) TAG dari hati
3. LDL (low density lipoprotein),  $\beta$  lipoprotein, stadium akhir katabolisme VLDL dan khilomikron
4. HDL (high density lipoprotein)  $\alpha$  lipoprotein terlibat dalam metabolisme VLDL, khilomikron, kolesterol
5. FFA (free fatty acid), tidak diklasifikasi lipoprotein dlm plasma, ada ikatan berantai

HDL (lemak baik)

Melindungi pembuluh dari arterosklerosis  
dan melarutkan lemak

LDL (lemak jahat)

Menyebabkan penumpukan lemak

HDL laki-laki 45, wanita 55

Kolesterol 200-220 mg/dl

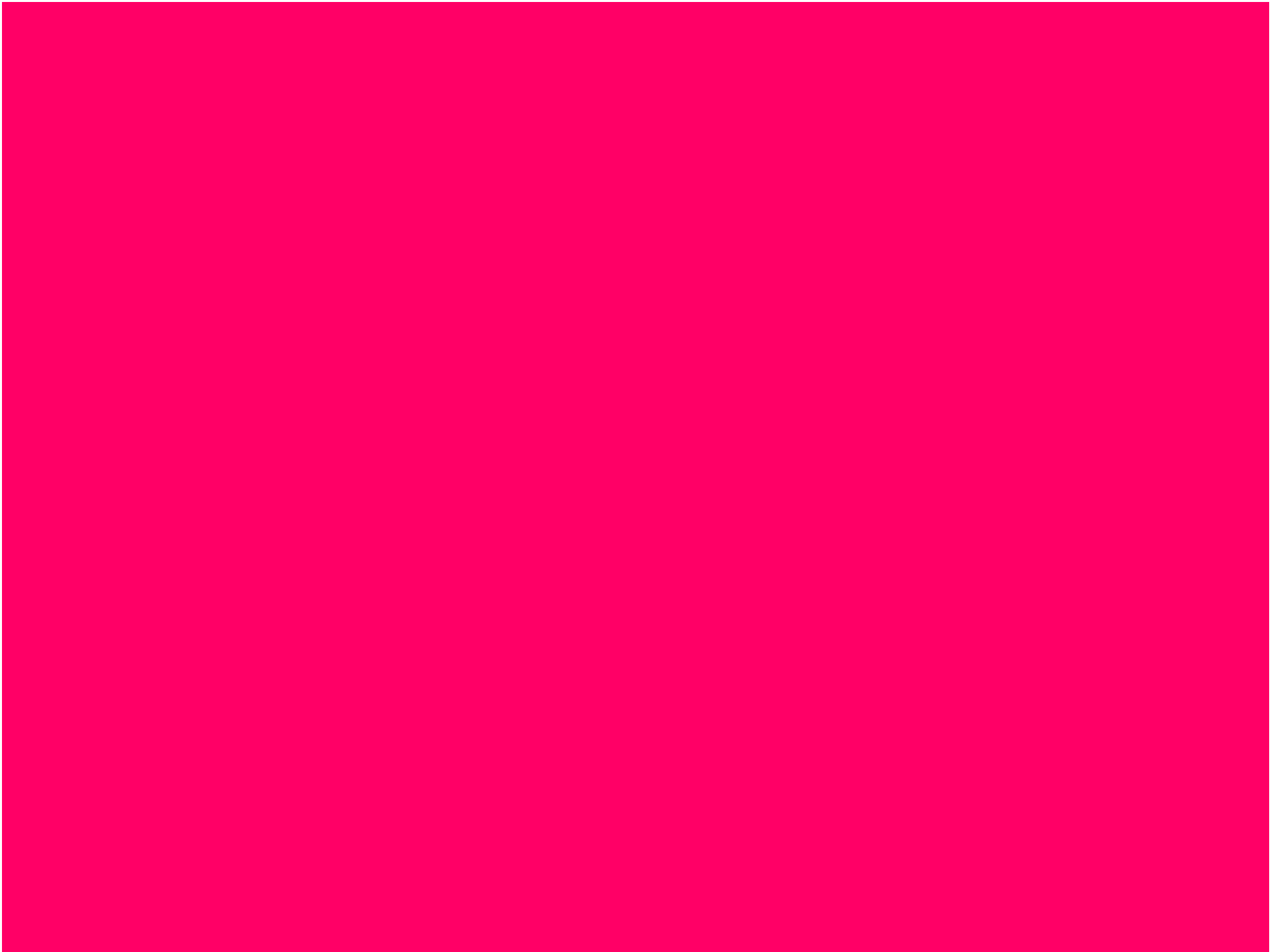
Kolesterol/HDL = putra harus lebih kecil 55  
putri lebih kecil 4,5

Jika kolesterol 200 mg/dl : laki-laki HDL minimal 40, wanita HDL minimal 45.

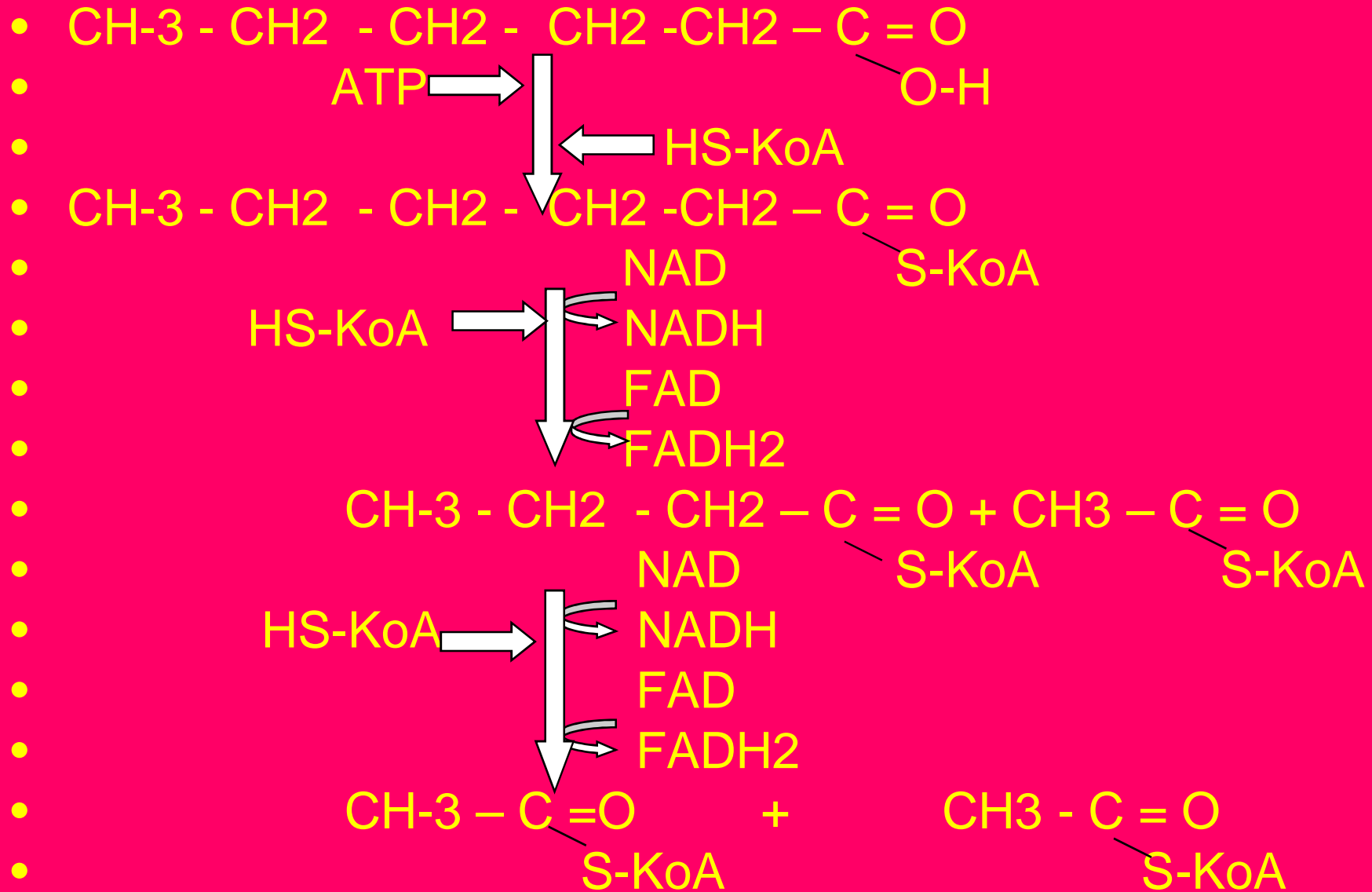
HDL laki-laki minimal 20 %  
kolesterol

HDL Wanita minimal 25 %  
kolesterol





KATEGORI	HDL/Koles	terol
	Wanita	Laki-laki
Sangat Buruk	4,0	6,1
Buruk	3,9	5,7
Sedang	3,7	5,1
Baik	3,3	4,9
Sangat Baik	3,2	4,3



- Kaproat

- Pada awalnya asam lemak diaktivasi dengan ATP
- Asam Lemak kemudian mengikat suksinil-KoA
- Selanjutnya dua atom karbon lepas menjadi As-KoA
- Sisanya mengikat lagi suksinil-KoA
- Dalam proses tersebut terjadi NADH dan FADH<sub>2</sub>
- Demikian seterusnya sampai rangkaian karbon habis.



$$8 \text{O}_2 = 45 \text{ATP} / 1\text{O}_2 = 45/8\text{ATP} = 5,6 \text{ATP}$$



$$6 \text{O}_2 = 38 \text{ATP} / 1\text{O}_2 = 38/6\text{ATP} = 6,2 \text{ATP}$$

Lemak dapat menghasilkan ATP lebih banyak

Lemak memerlukan oksigen lebih banyak daripada karbohidrat

Lemak dipakai pada intensitas yang lebih rendah daripada karbohidrat

Asetat C=2  
Butirat C=4  
Kaproat C=6  
Kaprat(dekanoat) C=10  
Laurat C=12  
Miristat C=14  
Palmitat C=16  
Stearat C=18  
Arakidat C=20  
Behenat C=22  
Lignoserat C=24

$$\text{ATP yang terjadi} = (1/2 n - 1) 5 + (1/2 n \times 12) - 1 \text{ ATP}$$

b. Sistem Oksigen Ektensif

Lemak merupakan bahan energi yang jumlahnya tidak terbatas

Lemak tidak dapat memberikan energi jika tanpa oksigen

Masuknya lemak dalam matrik mitokondria memerlukan karnitin

Metabolisme lemak memerlukan karbohidrat, tetapi karbohidrat tidak memerlukan lemak

Metabolisme lemak akan melalui siklus Krebs dan juga ETS

Kebutuhan karbohidrat pada metabolisme lemak terdapat dalam awal siklus Krebs

As-KoA masuk siklus Krebs akan langsung bereaksi dengan oksaloasetat

Aksoasetat disintesis dari Asam Piruvat

Asam piruvat merupakan hasil dari pemecahan glukosa (karbohidrat)

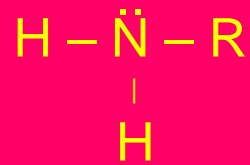


# PROTEIN

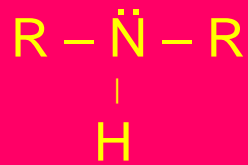
Rangkaian Asam Amino

Gugus Amina

Elektron tanpa pasangan



Amina primer



Amina Sekunder



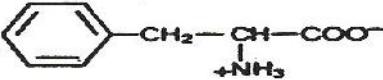
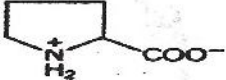
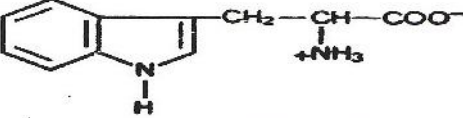
Amina Tersier

Gugus Amida



Pada Protein terdapat Nitrogen (N)

Nama (Singkatan)	Struktur*
<b>Asam amino dengan gugus polar R netral (lanjutan)</b>	
Treonin (Thr)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{COO}^- \\   \quad   \\ \text{OH} \quad +\text{NH}_3 \end{array}$
Tirosin (Tyr)	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^-$ <p style="text-align: center;"><math>\quad \quad \quad  </math> <math>\quad \quad \quad +\text{NH}_3</math></p>
Asparagin (Asn)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\    \quad   \\ \text{O} \quad +\text{NH}_3 \end{array}$
Glutamin (Gln)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\    \quad   \\ \text{O} \quad +\text{NH}_3 \end{array}$
Sistein (Cys)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\   \quad   \\ \text{SH} \quad +\text{NH}_3 \end{array}$
<b>Asam amino dengan gugus polar R bermuatan</b>	
Aspartat (Asp)	$\begin{array}{c} -\text{OOC}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\   \\ +\text{NH}_2 \end{array}$
Glutamat (Glu)	$\begin{array}{c} -\text{OOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\   \\ +\text{NH}_2 \end{array}$
Arginin (Arg)	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\   \quad   \\ \text{C}=\text{NH}_2^+ \quad +\text{NH}_2 \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Lisin (Lys)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\   \quad   \\ +\text{NH}_3 \quad +\text{NH}_3 \end{array}$
Histidin (His)	$\begin{array}{c} \text{Imidazole ring}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\   \\ +\text{NH}_3 \end{array}$

Nama (Singkatan)	Struktur*
<b>Asam amino dengan gugus R nonpolar</b>	
Glisin (Gly)	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COO}^- \\   \\ +\text{NH}_3 \end{array}$
Alanin (Ala)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COO}^- \\   \\ +\text{NH}_3 \end{array}$
Valin (Ala)	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \\   \\ +\text{NH}_3 \end{array}$
Leusin (Val)	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \diagup \\ \text{H}_3\text{C} \\   \\ +\text{NH}_3 \end{array}$
Isoleusin (Leu)	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{H}_2\text{C} \\ \diagup \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COO}^- \\   \\ \text{H}_3\text{C} \\   \\ +\text{NH}_3 \end{array}$
Fenilalanin (Phe)	
Metionin (Met)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\   \\ \text{S}-\text{CH}_3 \\   \\ +\text{NH}_3 \end{array}$
Prolin (Pro)	
Tryptofan (Trp)	
<b>Asam amino dengan gugus polar R netral</b>	
Serin (Ser)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\   \\ \text{OH} \\   \\ +\text{NH}_3 \end{array}$

# KELAS PROTEIN

## 1. Protein sederhana

Rangkaian asam-asam amino

## 2. Terkonjugasi dengan nonprotein

Nuklioprotein (asam nukleat)

Lipoprotein (lipid)

Mineraloprotein (mineral)

Glikoprotein (karbohidrat)

## 3. Senyawa keturunannya

hasilpemecahanke dua kelompok/kelas  
di atas

## Struktur:

Primer

Sekunder

Tersier

Kuarterner

Metabolisme protein/asam amino alfa

Melalui senyawa intermediate:

Piruvat, As-KoA,  $\alpha$  –ketoglutarat, suksinil-KoA, fumarat, oksaloasetat

## Asam-asam amino pembentuk protein:

Glisin	Gly
Alanin	Ala
<i>Valin</i>	<i>Val</i>
<i>Leusin</i>	<i>Leu</i>
<i>Isoleusin</i>	<i>Ile</i>
Asam Aspartat	Asp
Asparagin	Asn
Asam Glutamat	Glu
Glutamin	Gln

Prolin

Pro

Serin

Ser

*Treonin*

*Thr*

Sistein

Cys

*Metionin*

*Met*

*Arginin*

*Arg*

*Lisin*

*Lys*

*Histidin*

*His*

*Fenilalanin*

*Phe*

Tirosin

Tyr

*Triptofan*

*Trp*

Piruvat:

Ala, Cys, Gly, Ser, Thr, Trp

As-KoA:

Leu, Tyr, Phe, Ile, Lys.

$\alpha$ -ketoglutarat:

Glu, Gln, Arg, His, Pro, Lys

Suksinil-KoA

Ile, Met, Val



Fumarat:

Tyr, Phe

Oksaloasetat:

Asp, Asn

Protein tidak banyak digunakan untuk energi karena reaksi ke senyawa intermediate bukan jalur utama

Protein akan digunakan ketika kelaparan. Penderita diabetes sel selalu kelaparan kurang KH dan Lemak maka akan membongkar protein > atrofi

# VITAMIN

Vita + Amina

Senyawa-senyawa amina yang sangat diperlukan untuk mempertahankan hidup.

Tetapi tidak semua bergugus amina

Tidak dapat diklasifikasi berdasar strukturnya.

Klasifikasi:

Larut dalam lemak: ADEK

Larut dalam air: C, B kompleks

Pengolahan dapat merusak vitamin sehingga makanan perlu suplementasi

Penambahan yang melebihi dinamakan fortifikasi

Hipovitaminosis: kurang vitamin tetapi belum terjadi gejala-gejala.

Avitaminosis: kurang vitamin sudah terjadi gejala-gejala.

Hipervitaminosis: karena fortifikasi, banyak pada yang larut di lemak.

B komplek: banyak berperan sebagai koenzim

Beberapa vitamin disintesis dalam tubuh:

Vit A dari karotin

Niasin dari triptopan

Vit D dari 7 dihidrokkolesterol

**Vit A:**

Preform vit A berasal dari hewan  
(hati,ginjal)

Provitamin berasal dari nabati

Manfaat:

Penglihatan ketika kurang cahaya

Metabolisme umum

Reproduksi

rabun senja/nyetalopia/night

blindness/kotok ayam/kokokeun.

# VITAMIN B KOMPLEKS

Tiamin (B1):

Mengandung pirimidin dan inti tiasol

Fungsi: koenzim (karboksilase)

Berperan pada piruvat → As-KoA

Tidak disintesis tubuh

Jika metabolisme meningkat kebutuhan meningkat

Defisiensi: gangguan saraf ferifer, pencernaan, kardiofaskuler (gejala beri-beri)

Riboflavin:

B2/FAD (flavin adenin dinukleotida)

Untuk oksidasi-reduksi (FADH<sub>2</sub>)

Niasin:

Vit B3/NAD (nikotinamida adenin dinukleotida)

Untuk oksidasi-reduksi(NADH)

Kurang pelagra/kulit kasar

Asam Panthotenat (B5):

Pengaktif gugus asil, berperan penting dalam oksidasi karbohidrat dan lemak

Asam folat/folasin

Sintesis purin, metionin, serin

Kurang menyebabkan anemia.

Vit B12 -> koenzim -> mutase

Asam lipoat -> koenzim

Kolin, inositol, Paba (para amino benzoat)

Amigladin (B17) diduga anti kanker



## VITAMIN D

Senyawa yang mengandung inti steroid  
Sebagai prehormon.

D3 sebagai hormon pengatur pembentukan  
protein pengangkut Ca ke dalam sel

Manfaat:

Absorpsi Ca & P meningkat

Oktimal jika Ca:P = 1:1, jika 1:4 rachitogenik

Merangsang pembentukan garam Ca di jaringan  
tertentu

Meningkatkan clearance fosfat di tubuli ginjal

Sumber susu, minyak ikan.

# VITAMIN E

tokoferol=tokos+pherein

Tokos=kelainan; fherein=mengandung

Dihubungkan dengan fertilitas

Tokoferol: alfa, beta, gamma, delta, eta, dan zeta semua minyak

Tahan suhu, alkali, asam.

Reduktor alamiah (anti oksidan)

Sumber biji-bijian seperti kecambah.

# VITAMIN K

Vit K1 dari tanaman

Vit K2 dari ikan dan daging

Vit K3 dari bakteri kolon

Fungsi:

Pembentukan protrombin di hati, pembentukan penggumpalan darah

Tidak disintesis oleh tubuh

Suplai oleh makanan dan produk mikro organisme kolon  
(hati-hati dengan antibiotik)

Sumber: ginjal, kelenjar suprarenal, hati

Defisiensi: diatesa hemoragik/perdarahan

# VITAMIN C

Asam askorbat kristal putih, rasa asam, tidak berbau, dalam larutan mudah rusak, tetapi kristal awet.

manfaat:

Anti oksidan

Matrik jaringan ikat

Integritas epitel zat perekat antar sel

Pertumbuhan tulang gigi

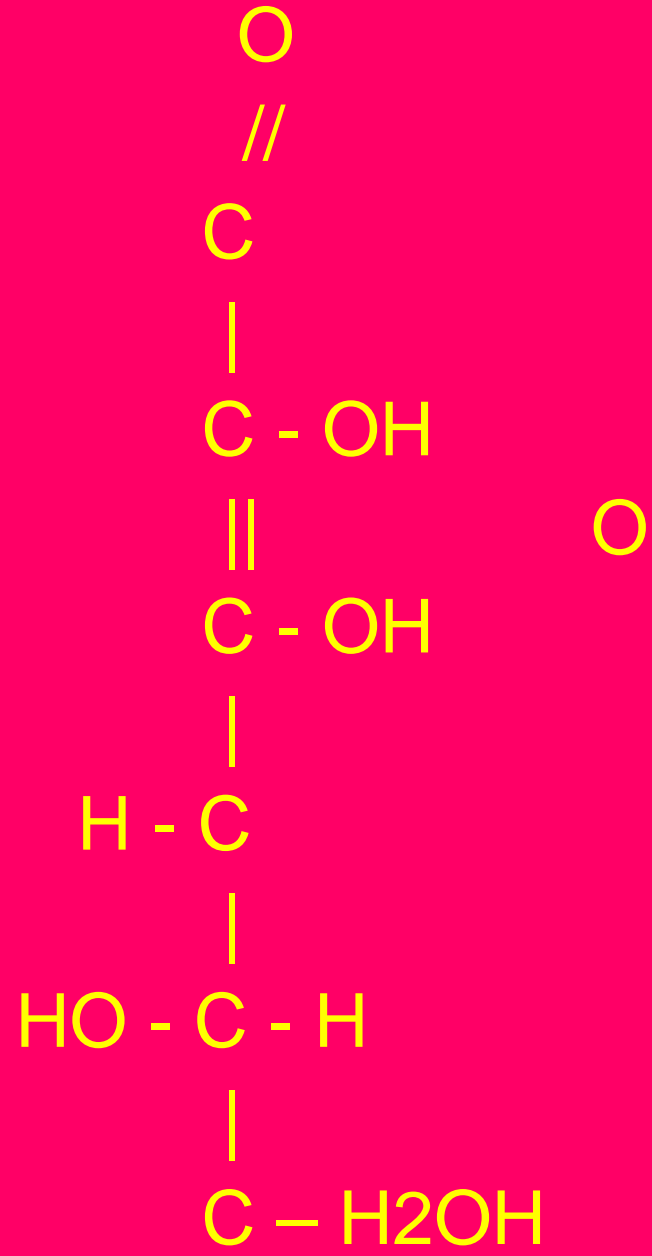
Kesehatan epitel pembuluh darah

Menurunkan kolesterol

Tubuh tidak mensintesis, sumber: sayur, buah segar.

Kurang: scorbut, rongga mulut, gusi, kapiler, tulang.

- Vit C



# MINERAL

Analisis Abu = 4%

Kofaktor enzim

Pembentuk garam apatite (tulang/gigi)

Komponen hormon tertentu.

Gigi dan tulang

Ca<sup>++</sup> -> kontraksi otot, penghantar rangsang (saraf), enzim.

Fosfor -> senyawa fosfat berenergi tinggi

Hiperkalsemia karena hiperparatiroid/hipervitaminosis D.

# Natrium(sodium) dan Kalium (potasiun)

Untuk keseimbangan air dan elektrolit

Na ada di luar sel dan K di dalam sel

Mempertahankan keseimbangan ion

Mempertahankan tekanan osmosis

Mempertahankan asam-basa

Na berperan dalam penyerapan glukosa di usus, dan pembuangan glukosa di ginjal jika gula darah terlalu tinggi

# BESI (Ferum)

- $Fe^{++}$
- $Fe^{+++}$  = bisa jadi oksidan

Untuk pembentukan Hb + Protein

Maag menghambat penyerapan  $Fe^{++}$

Diabetes Hb rendah, karena banyak yang maag.



Baru sebagian dari proses dalam tubuh

- Vit C

- 

- 

- 

- 

- 

- 

- 

- 

- 

- 

- 

- 

