



BIOKIMIA

Metabolisme Karbohidrat

DOSEN PENGAMPU

Dr. apt. Dian Ratih Laksmitawati, M.Biomed
dian.ratih@univpancasila.ac.id

Dr. apt. Yati Sumiyati, M.Kes
yati.Sumiyati@univpancasila.ac.id

apt. Moordiani, S.F, M.Sc
mdiani@univpancasila.ac.id

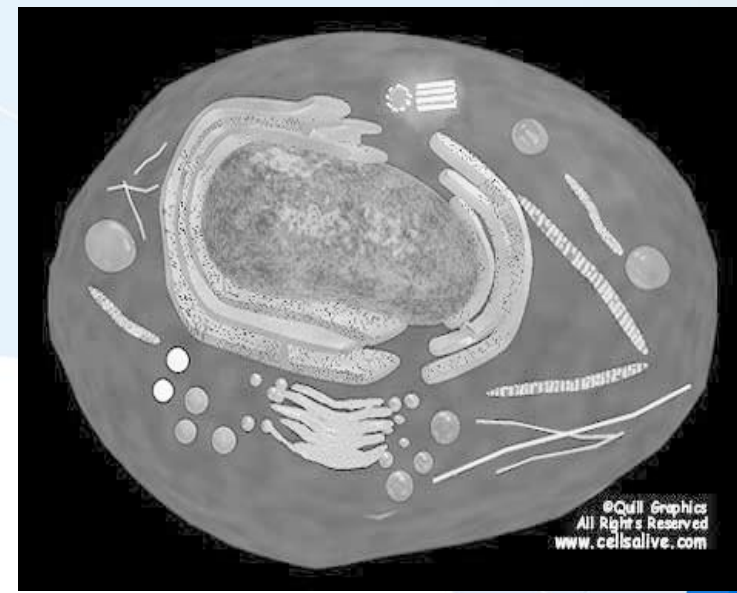
JADWAL KULIAH BIOKIMIA TA 2019-2020

1	5,6,7 Mei	METABOLISME KARBOHIDRAT 1. Macam2 jalur metabolisme karbohidrat 2. Proses glikolisis aerob dan anaerob 3. Menghitung jumlah ATP yang dihasilkan dikaitkan dengan siklus Krebs dan fosforilasi oksidatif 4. Glikogenesis dan glikogenolisis, enzim fosforilase dan glikogen sintase 5. Glukoneogenesis, enzim-enzim yang irreversibel 6. Fungsi dari jalur pentosa fosfat dan kaitannya dengan sintesis asam lemak	YS
2	12,13, 15 Mei	METABOLISME LEMAK 1. Pencernaan lemak 2. Transpor lipid dalam darah / fungsi lipoprotein 3. sintesis asam : prekursor kaitannya dengan glikolisis 4. oksidasi asam lemak : Menghitung jumlah ATP yang dihasilkan dan membandingkannya dengan glikolisis 5. ketogenesis : kaitannya dengan oksidasi asam lemak, manfaat dan akibatnya 6. metabolisme asam lemak tidak jenuh : proses penambahan ikatan rangkap dan elongasi asam lemak.(membuat DHA dari asam lemak essensial linolenat)	YS
3	19,20, 29Mei	METABOLISME ASAM AMINO 1. sintesis asam amino non essensial dari senyawa antara dalam siklus krebs, piruvat dan asam amino lain 2. prinsip katabolisme asam amino : katabolisme Nitrogen dan rangka karbon 3. Siklus Krebs sebagai jalur amfibolisme 4. katabolisme nitrogen amino mulai dari reaksi transaminasi, deaminasi oksidatif dan sintesis urea 6. Beberapa inborn error of amino acid metabolism terutama Phenylketonuria	MD

JADWAL KULIAH BIOKIMIA TA 2018-2019

4	2,3,5 Juni	METABOLISME PURIN PIRIMIDIN 1. tahap-tahap biosintesis de novo purin dan pirimidin 2. Biosintesis pirimidin dan konsep obat antikanker 3. reaksi penyelamatan: salvage pathway 4. Reaksi salvage pathway, enzim yang terlibat dan manfaatnya 5. membandingkan katabolisme purin dan pirimidin 6. penyakit gout akibat penumpukan katabolit purin	MD
5	9,10, 12 Juni	Metabolisme XENOBIOTIK	YS
6	16,17, 19 Juni	DISKUSI dan LATIHAN SOAL	MD

Metabolisme



- **Proses perubahan** atau **reaksi kimiawi** yang terjadi pada senyawa-senyawa kimia yang terdapat dalam tubuh makhluk hidup

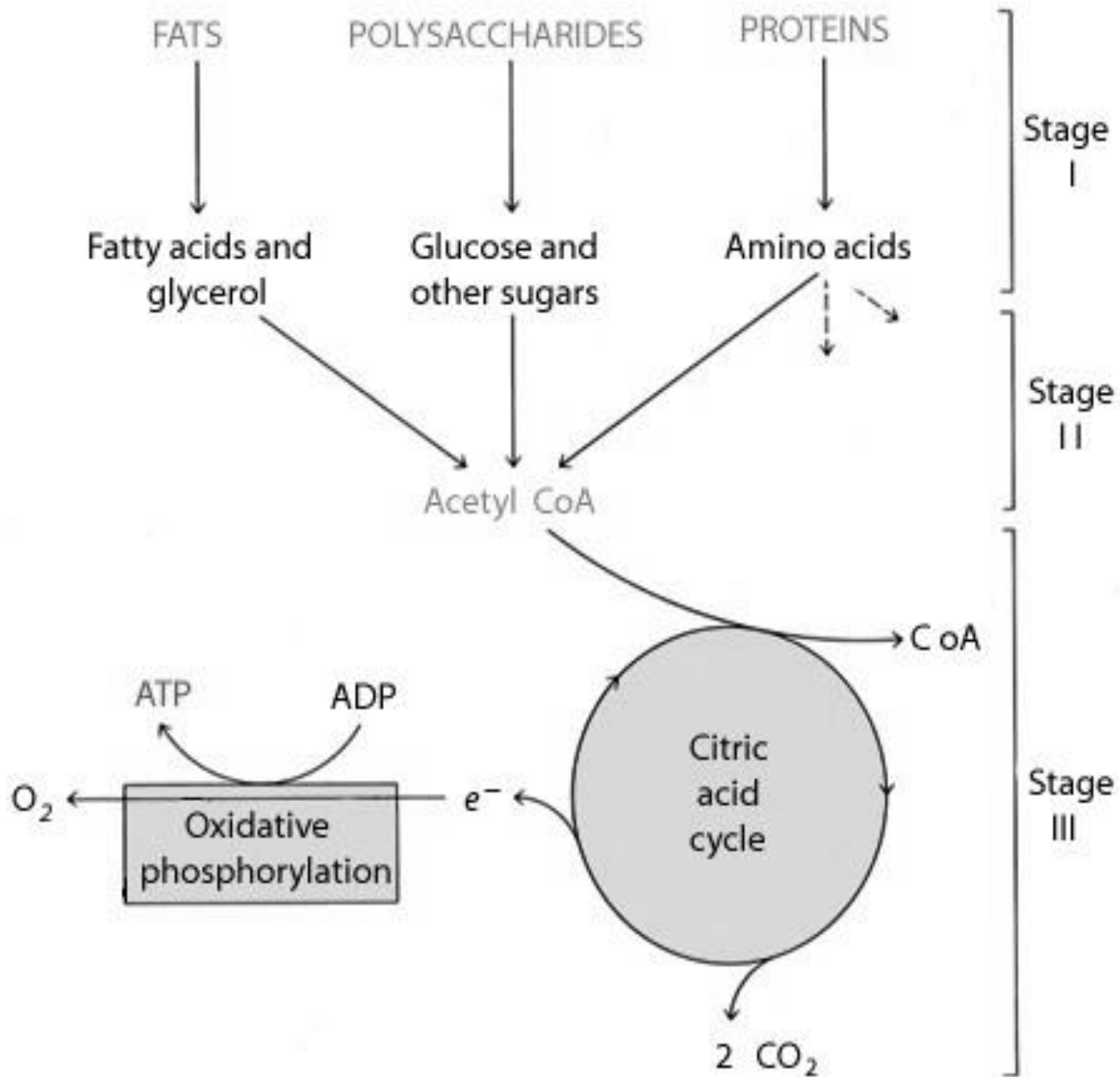
METABOLISME

```
graph TD; A[METABOLISME] --> B[KATABOLISME]; A --> C[ANABOLISME]
```

KATABOLISME

ANABOLISME

Katabolisme

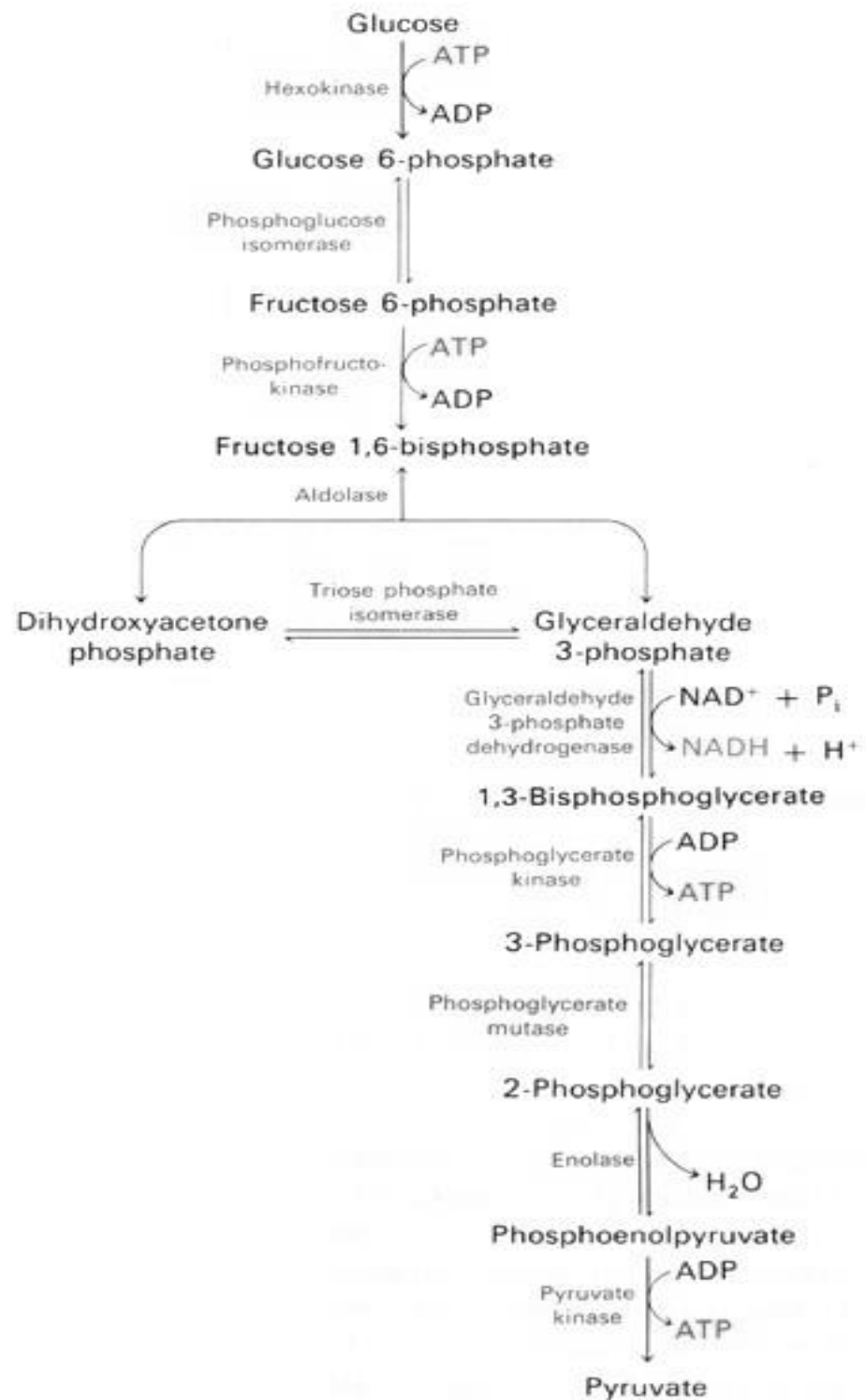


Metabolisme Karbohidrat

- Glikolisis
- Siklus Krebs
- Rantai pernafasan
- HMP Shunt/PPP
- Glikogenolisis
- Glikogenesis
- Glukoneogenesis

GLIKOLISIS

Glikolisis EMP (Embden-Meyerhof Pathway)

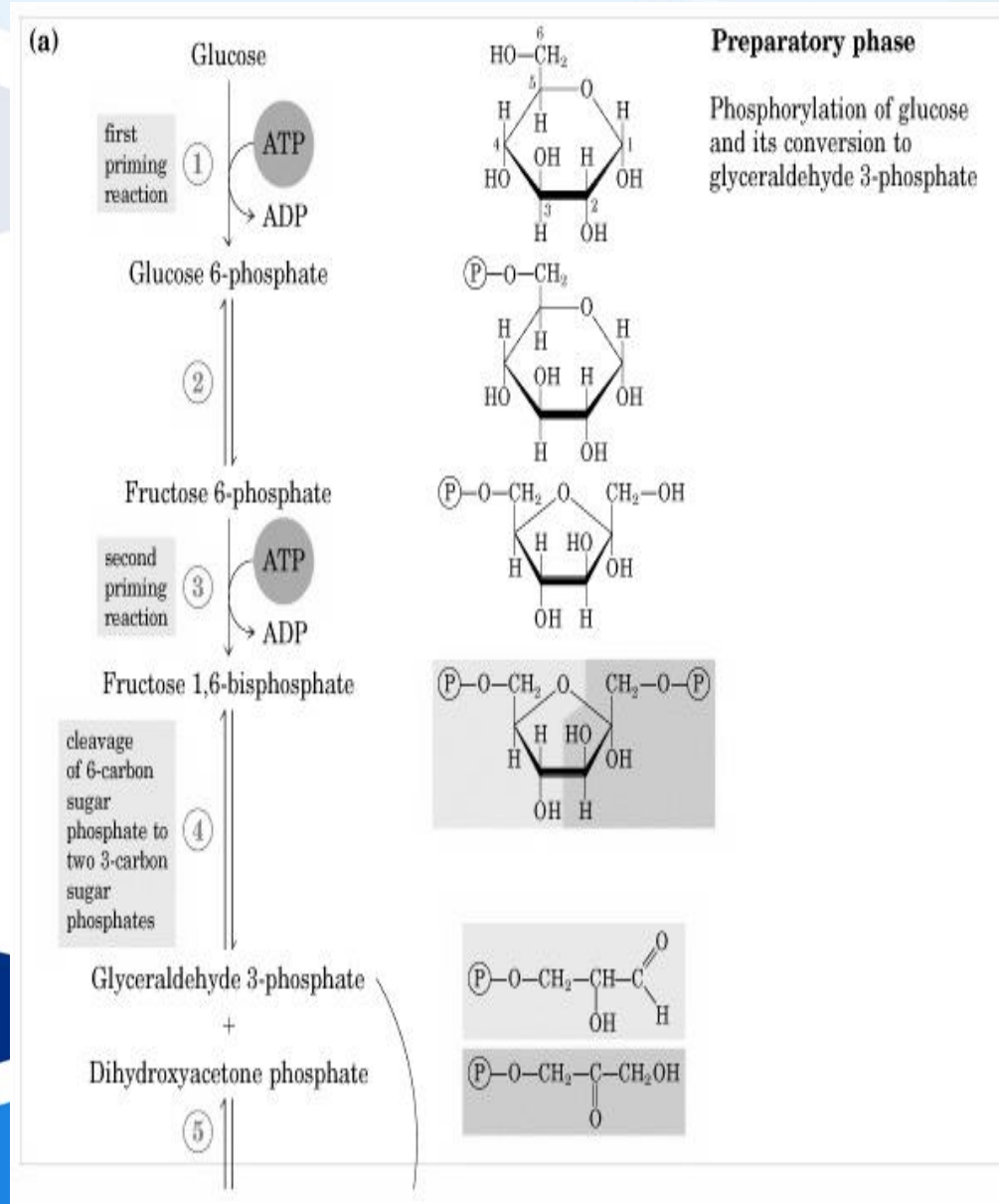


Glikolisis EMP

► 5 langkah awal adalah **fase persiapan**

- Glukosa diaktivasi (2 kali, dengan menambahkan gugus fosfat dari ATP)
- Pemecahan menjadi dua molekul berkarbon-3, masing-masing terfosforilasi dan dapat dikonversi

Bioenergetika: - 2 ATP

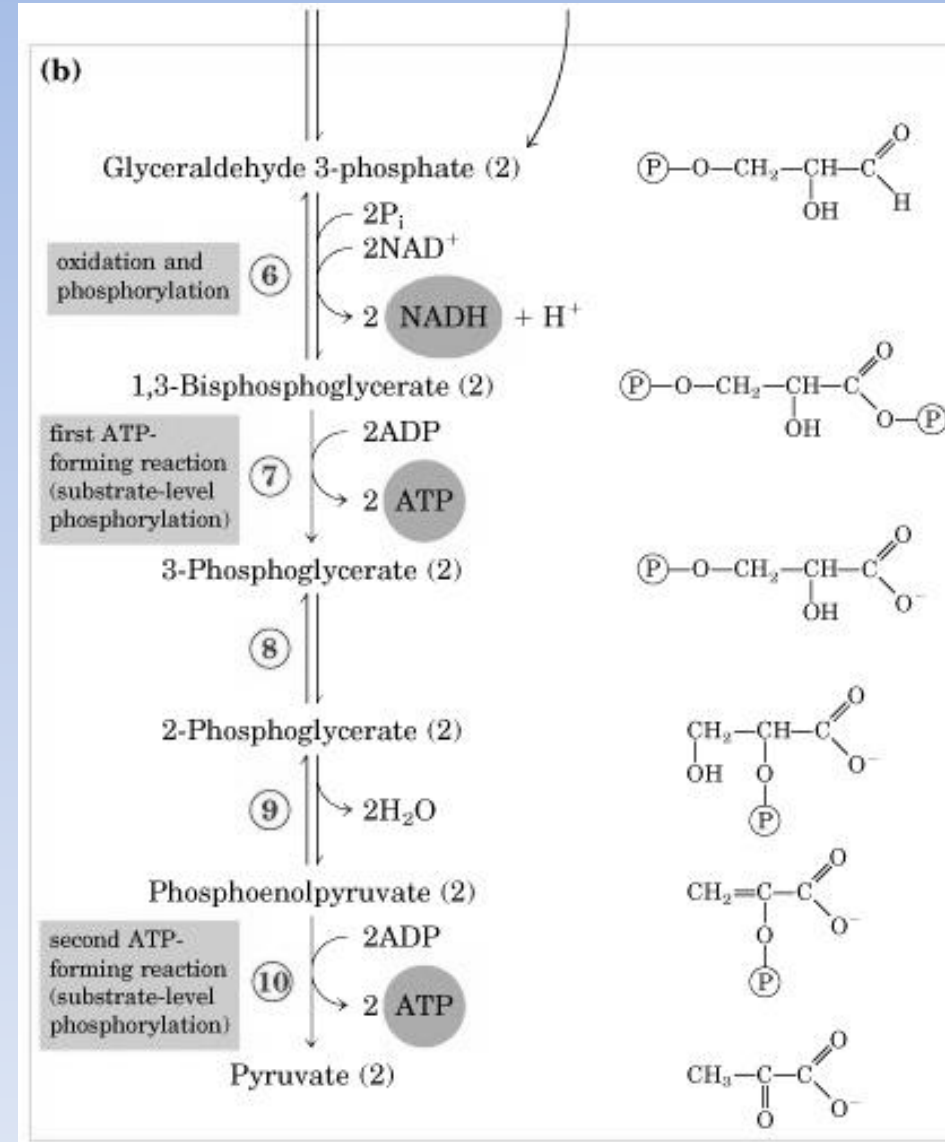


Glikolisis EMP-2

► 5 langkah selanjutnya adalah fase **perolehan**

- Senyawa berkarbon-3 diaktivasi lebih lanjut (dengan fosfat anorganik)
- Membentuk senyawa berenergi tinggi (1,3 BPG dan PEP)
- Energi kemudian dibebaskan ketika senyawa-senyawa tersebut berkonversi menjadi **piruvat** oleh enzim *piruvat kinase* (4 ATP + 2 NADH)

Bioenergetika:
+ 2 ATP, + 2 NADH





Reaksi Glikolisis



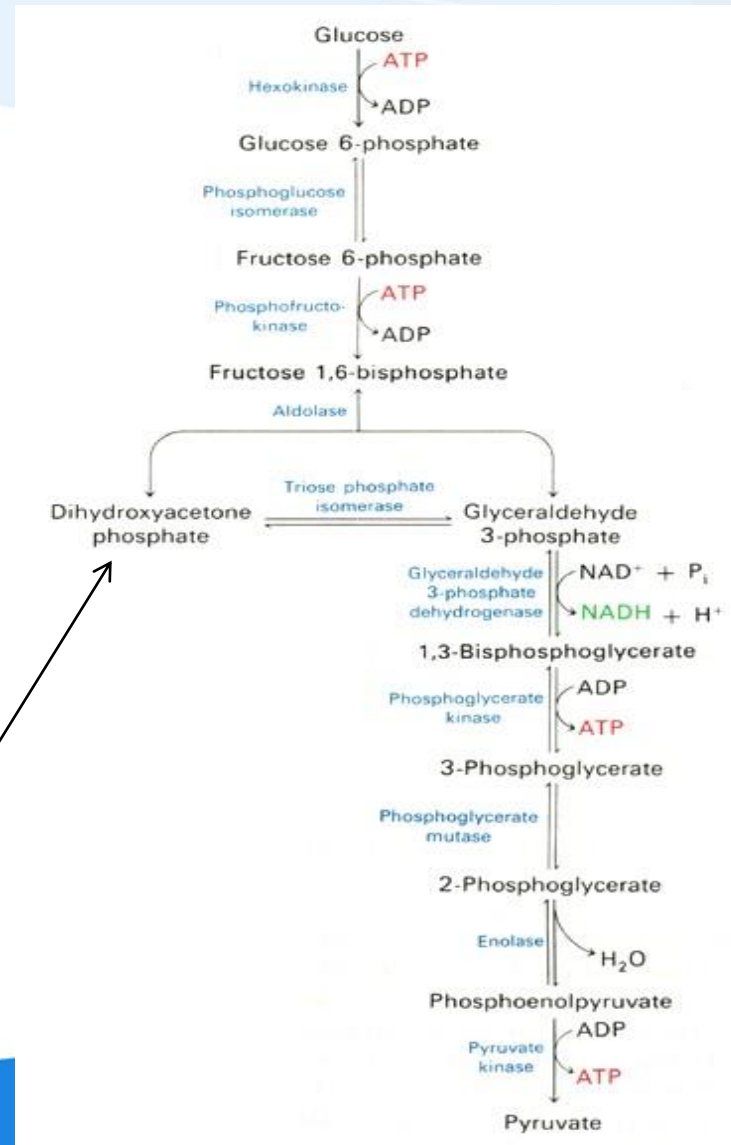
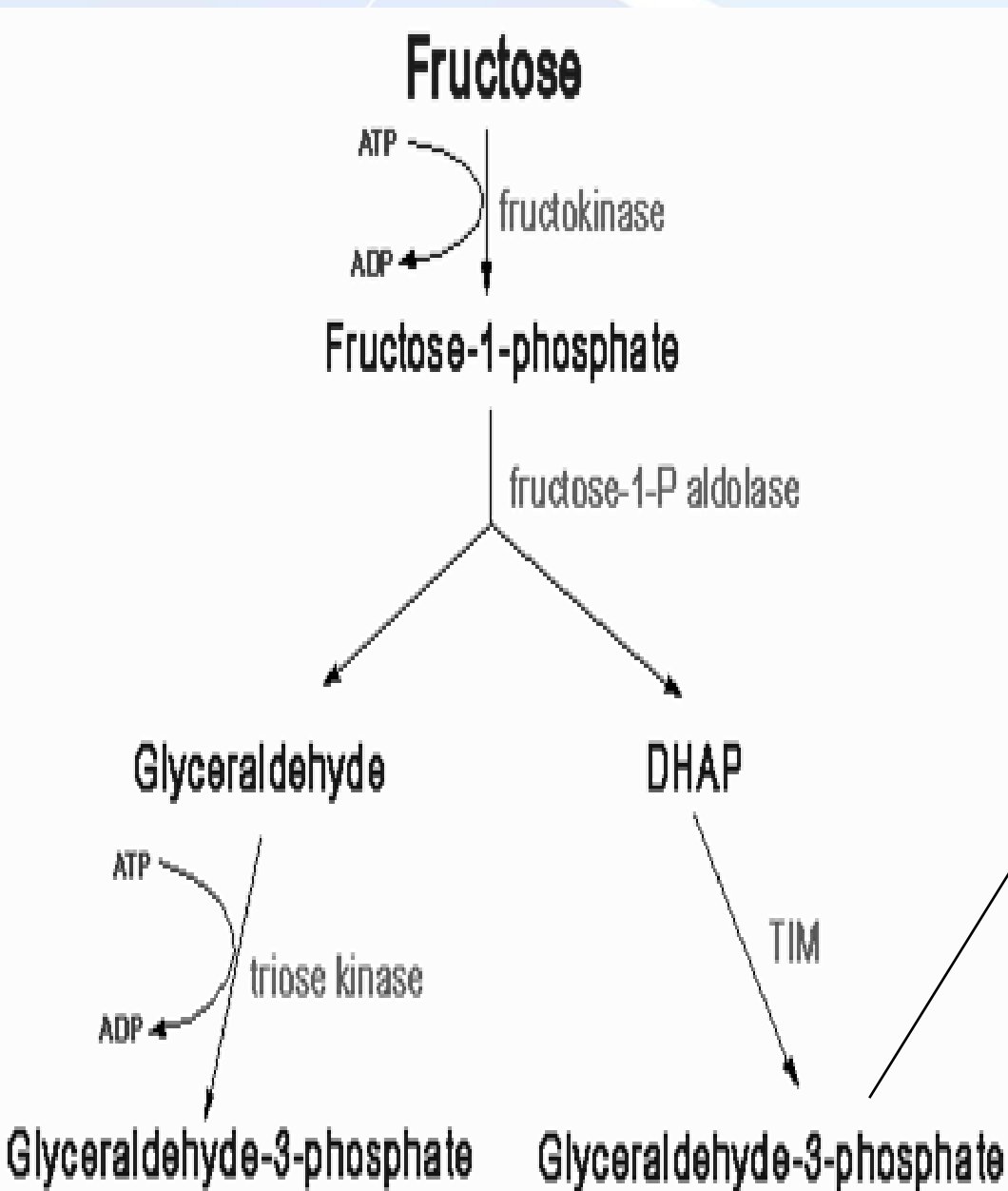
10 enzymes



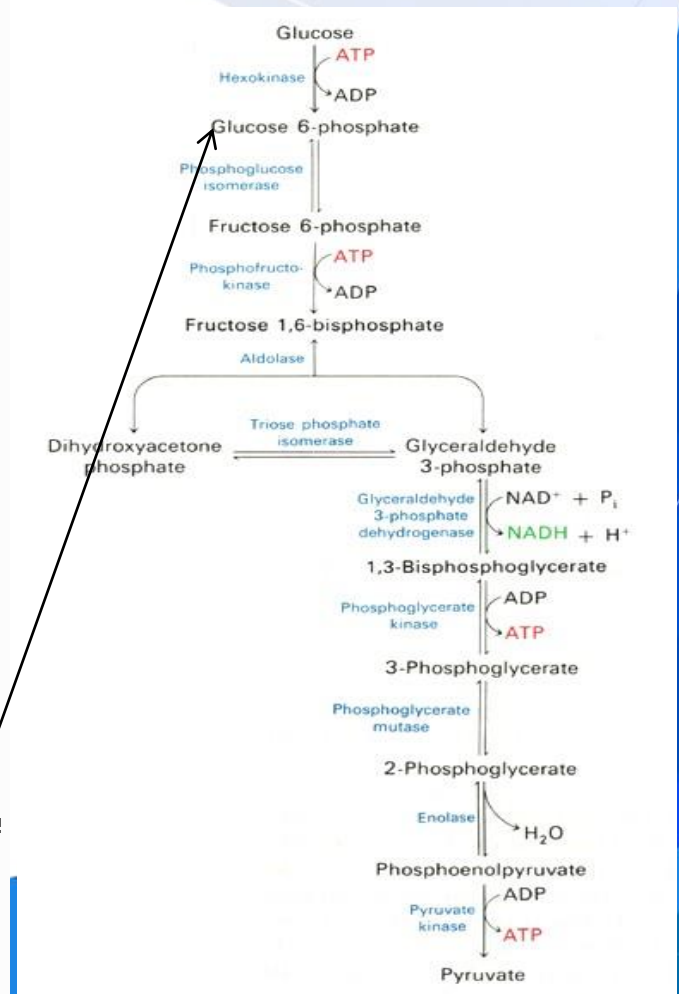
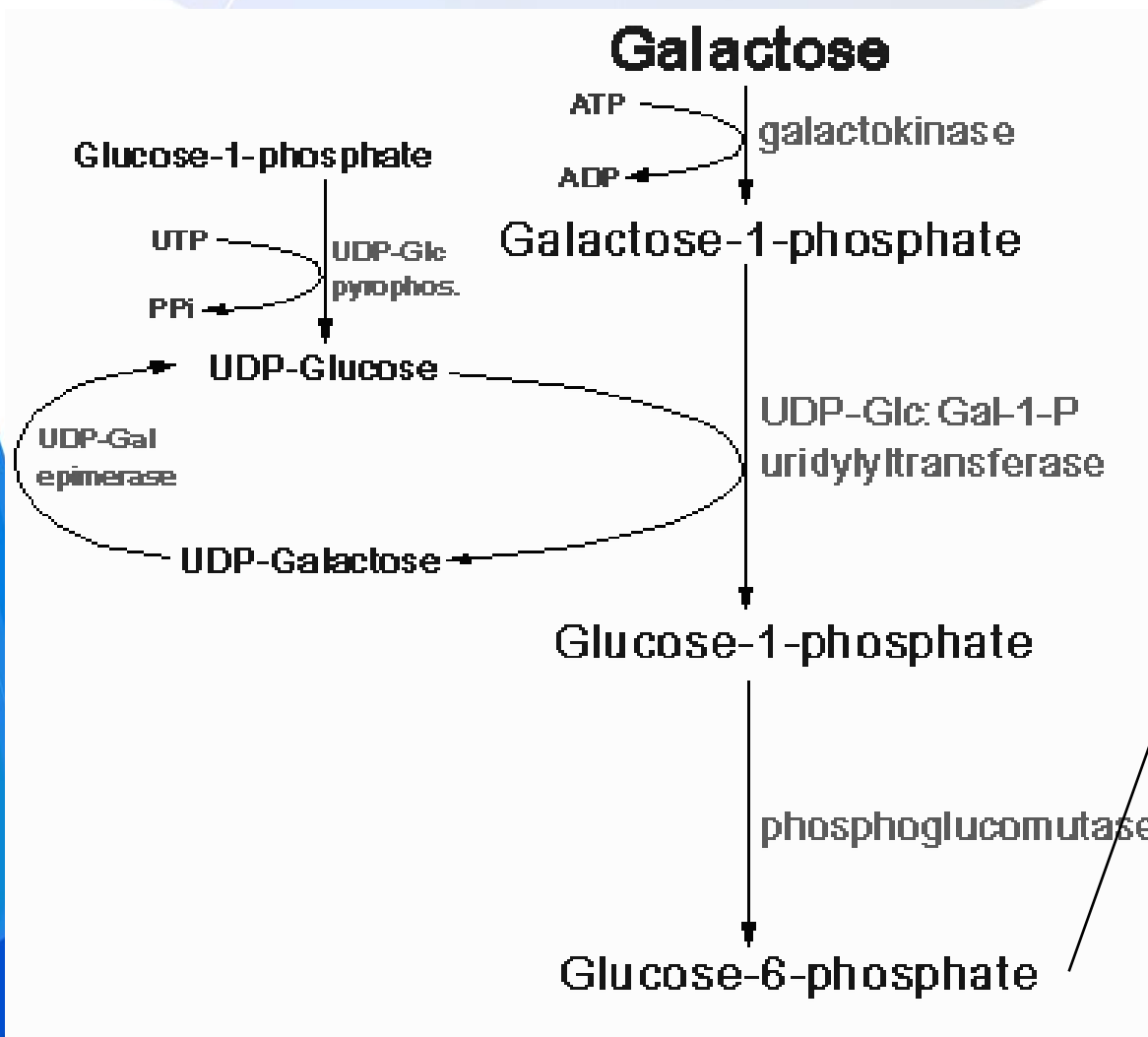
Net energy produced is 2 ATP

In addition, the two pyruvate can go on to the citric acid cycle to produce more energy.

Metabolisme Fruktosa



Metabolisme Galaktosa

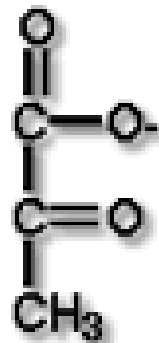


3 kemungkinan proses piruvat selanjutnya

1. Bila **tidak tersedia oksigen** maka **piruvat** di konversi menjadi **laktat**, proses ini disebut **glikolisis anaerob**
2. **Bakteri anaerob** dapat mengkonversi piruvat menjadi **alkohol**.
3. Pada kondisi **aerobic**, piruvat dikonversi menjadi **asetil ko A** di mitokondria dengan reaksi **dekarboksilasi oksidatif** piruvat menjadi asetil ko A.

Lactate fermentation

Lactate



Produced by muscles when the body can't supply enough oxygen.

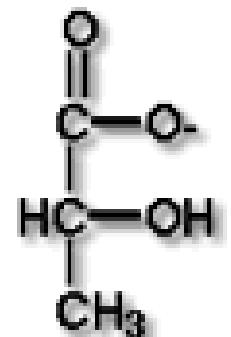
pyruvate

NADH



lactate

NAD⁺



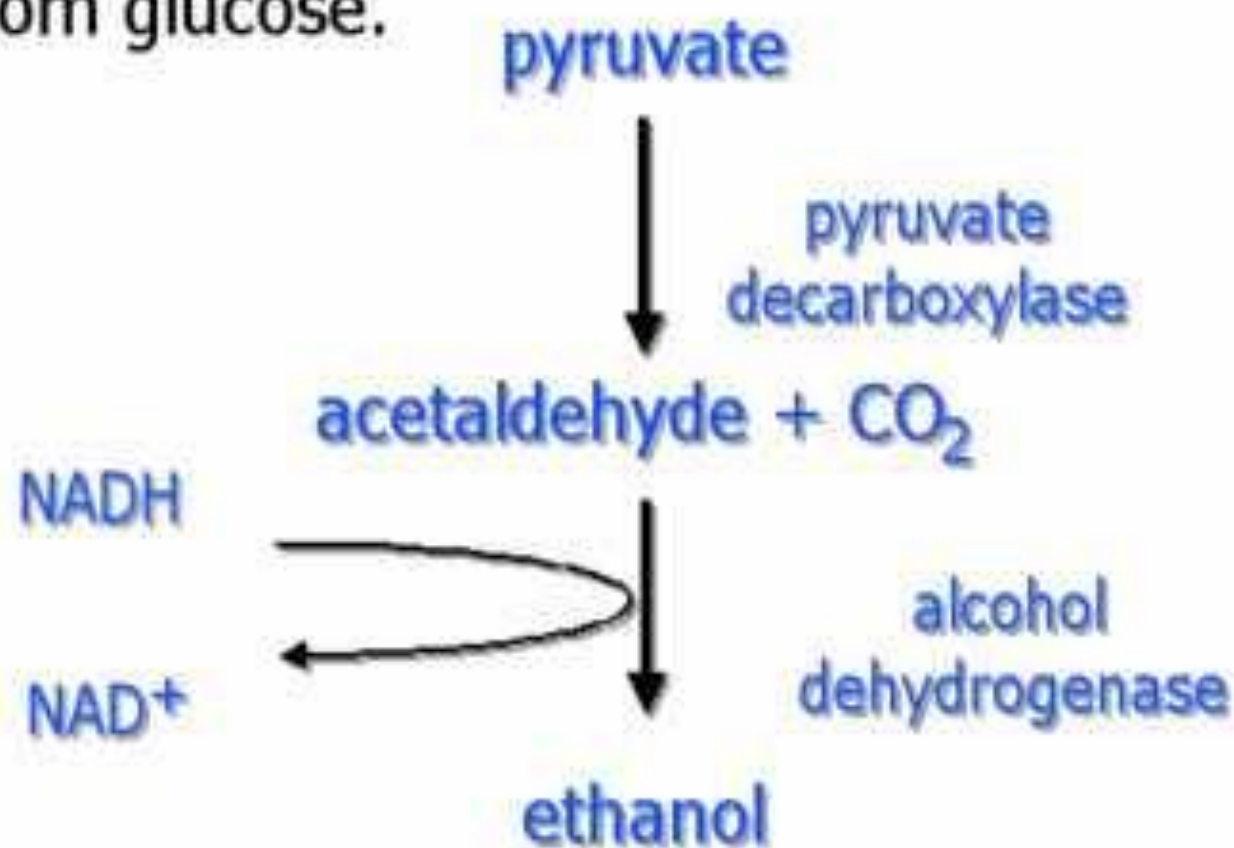
Anaerobic conversion of pyruvate to lactate permits regeneration of NAD⁺.

Body can then make more ATP - at a cost.
Creates an oxygen debt.

Body must take in extra O₂ to oxidize lactate.

Alcohol fermentation

Used by anaerobic bacteria to obtain additional energy from glucose.



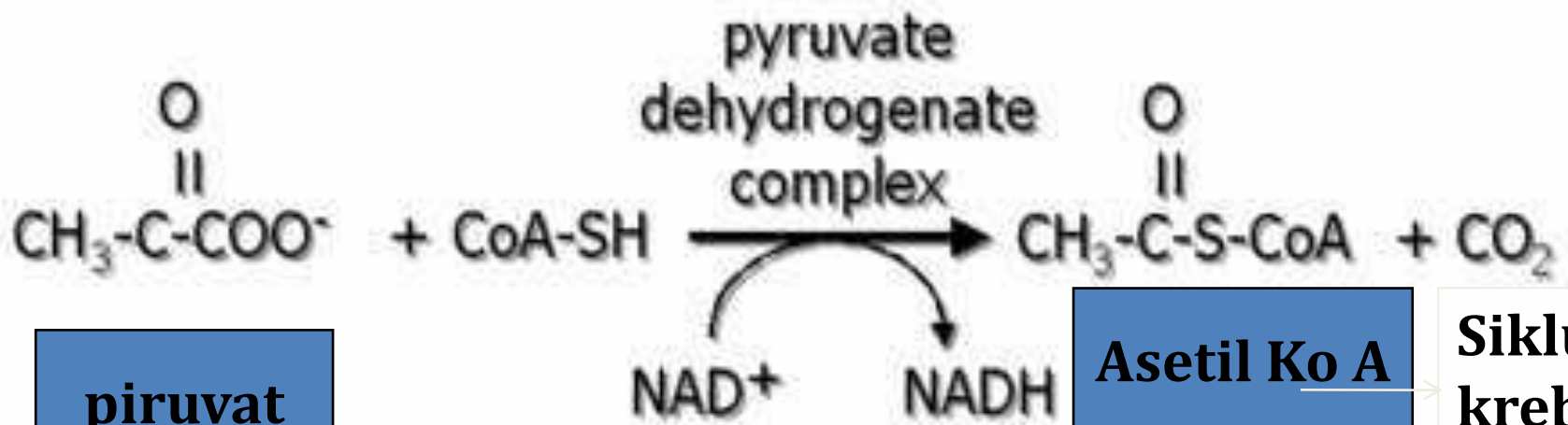
Fate of pyruvate

aerob

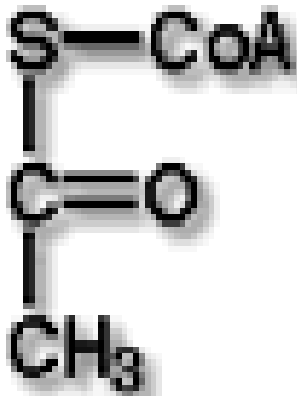
Glycolysis pathway is similar in all organisms.

What happens to pyruvate will vary significantly.

In our cells, under **aerobic** conditions, pyruvate is converted to acetyl CoA in the mitochondria.



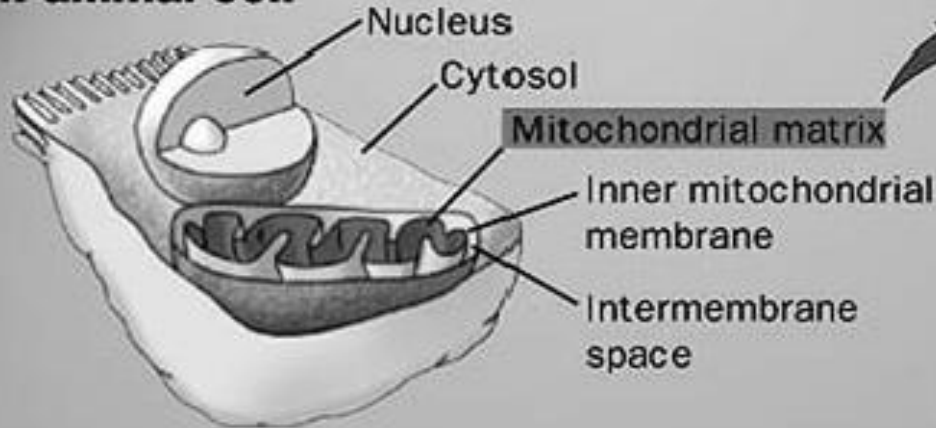
Jalan Biokimia Asetil Koenzim A



- Dioksidasi lebih lanjut dalam siklus Krebs
- **Prekursor asam lemak**
- Prekursor senyawa-senyawa **steroid**
- Prekursor **senyawa lain** yang diperlukan tubuh

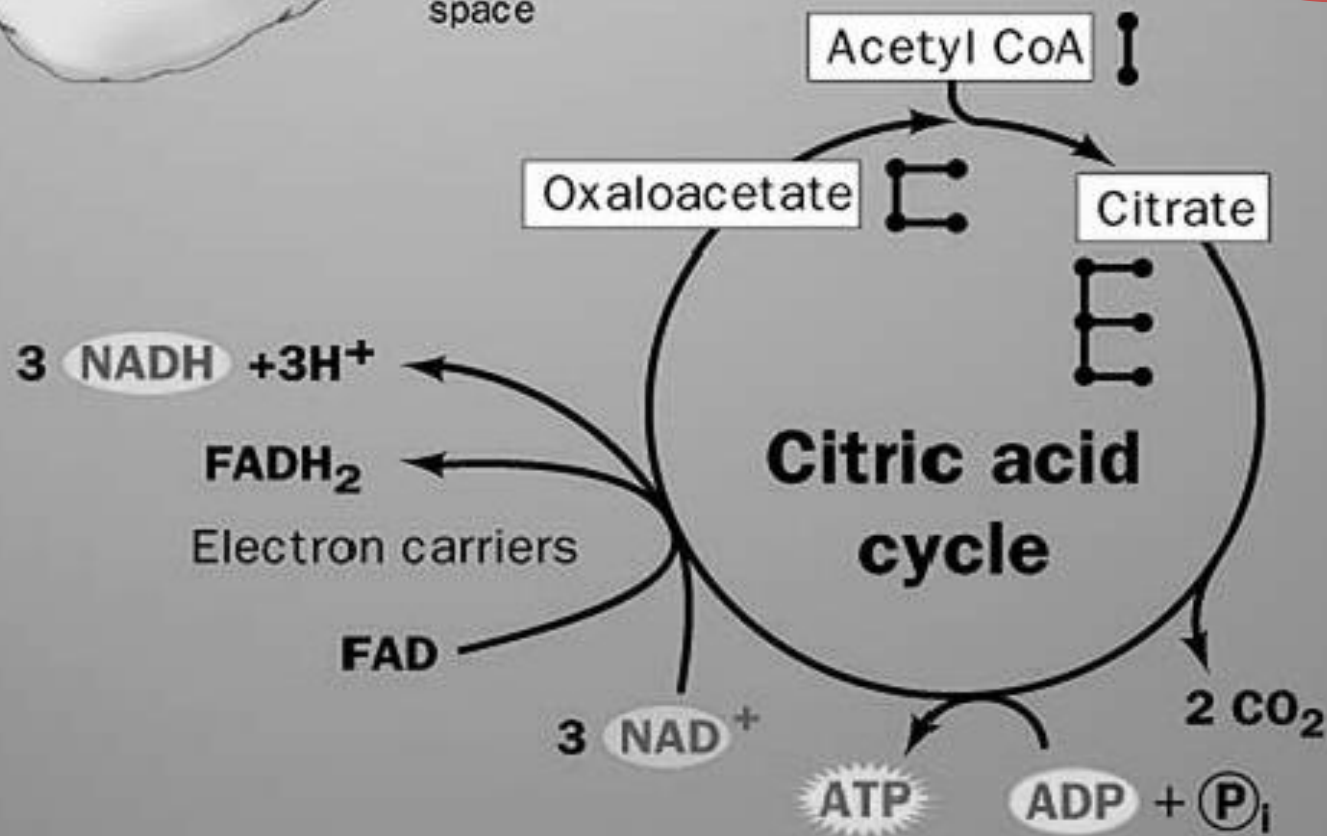
Siklus Krebs (siklus asam sitrat)

An animal cell



The citric acid cycle reactions take place in the **mitochondrial matrix**.

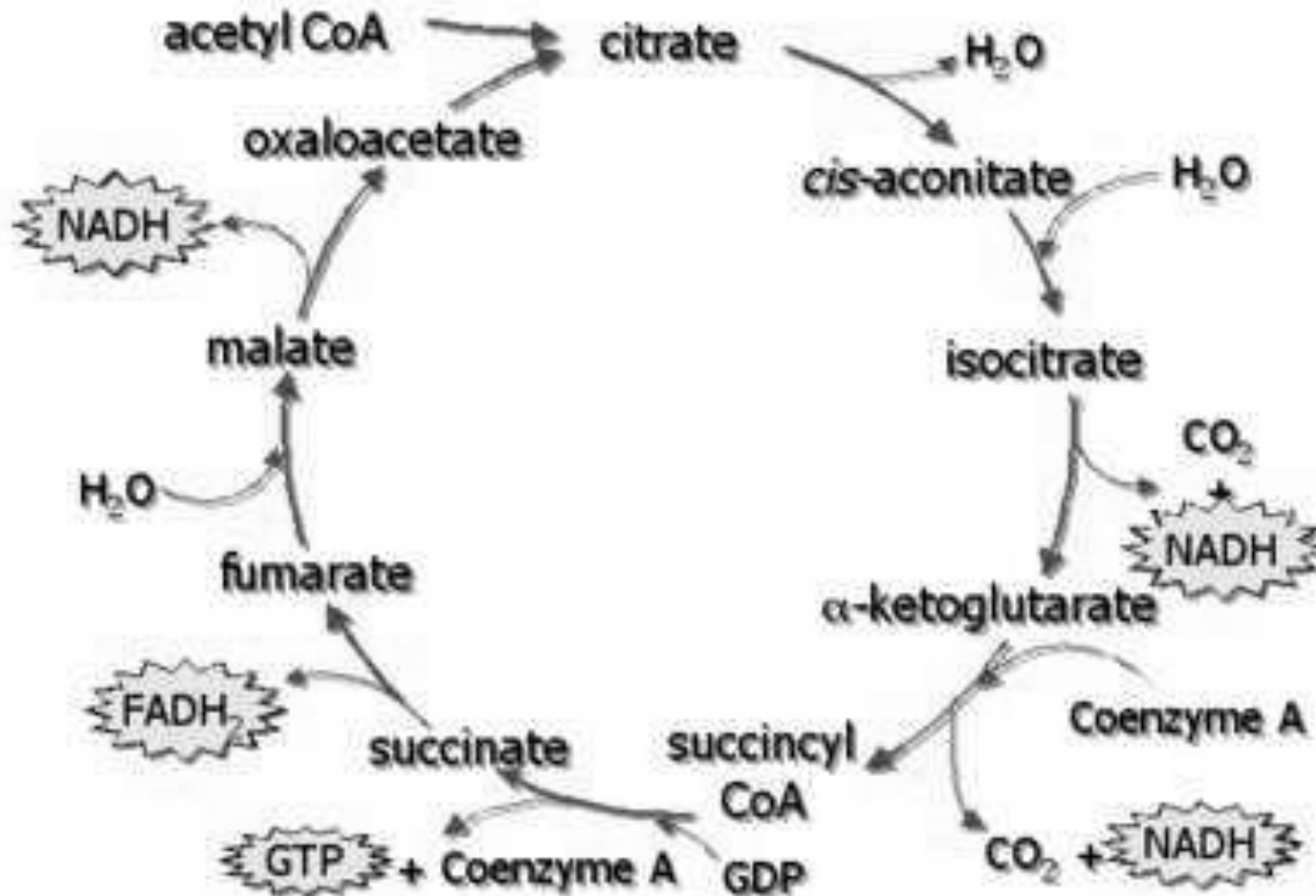
For each glucose processed by glycolysis, the citric acid cycle “**turns**” twice.



Terdiri dari **9 langkah** yang pada intinya mengambil **asetat** dari asetil koA dan mengubahnya menjadi **CO₂**.

Pada reaksi ini dihasilkan **ekivalent pereduksi** (**NADH dan FADH₂**) serta **GTP**

Energy & the citric acid cycle

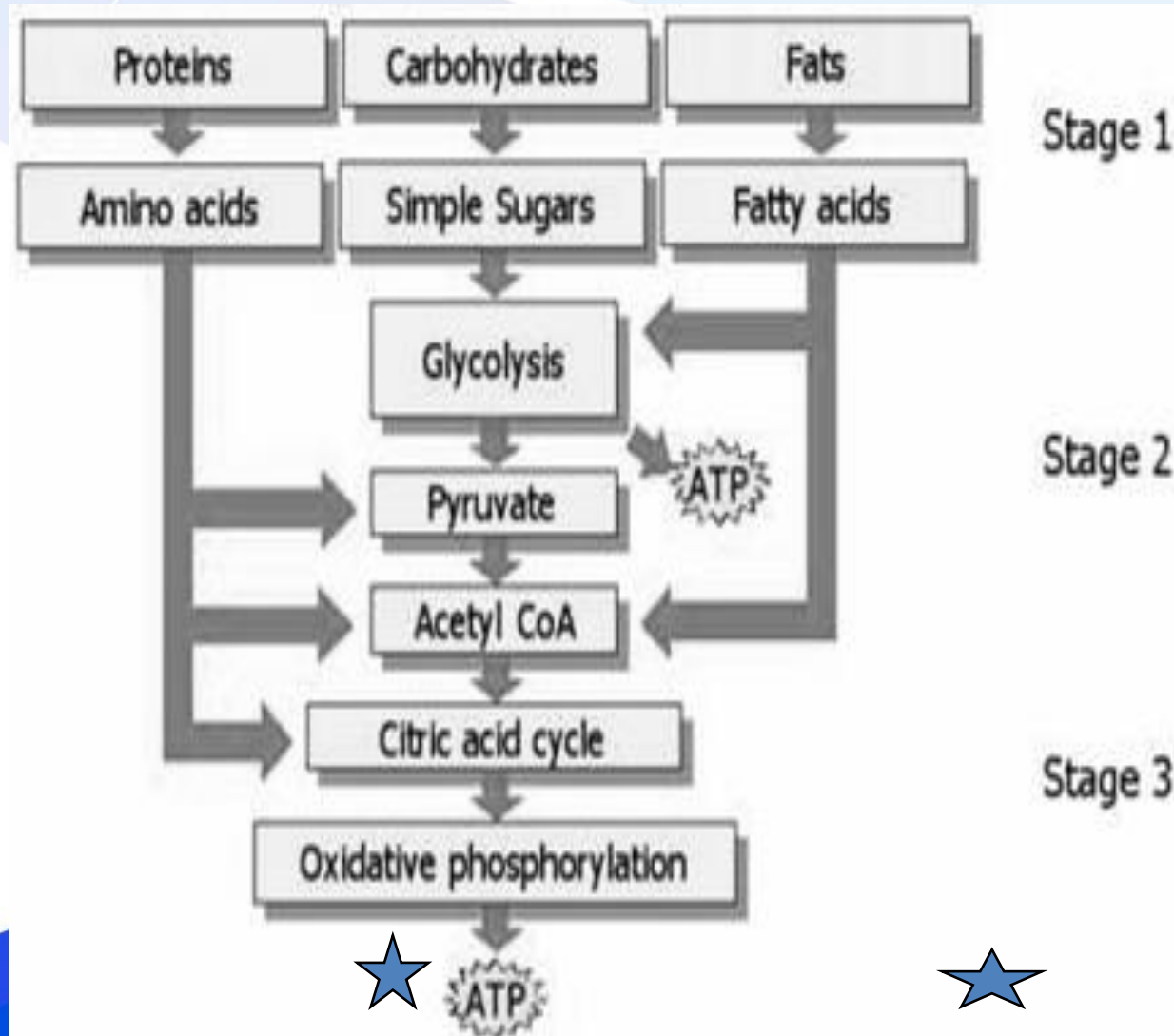




Reaksi Total Siklus Krebs



NADH dan FADH_2 memasuki FOSFORILASI OKSIDATIF



Untuk setiap :

- 1 molekul **NADH** yang memasuki **rantai pernafasan**, dihasilkan **3 molekul ATP**
- 1 molekul **FADH₂** dihasilkan **2 molekul ATP**

Berapa ATP yang dihasilkan dari oksidasi lengkap 1 molekul glukosa ?

Bioenergetika

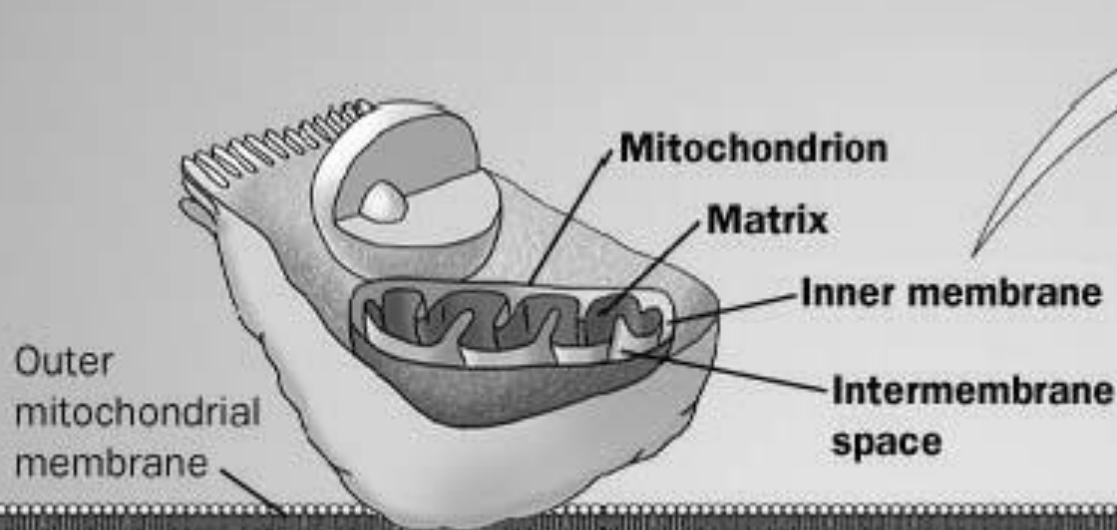
Katabolisme Glukosa

- Glikolisis $(4 \text{ ATP} - 2 \text{ ATP} + 2 \text{ NADH}) = 2 + 2(3) = 8$
- Dekarboksilasi oksidatif $\{2 \times (1 \text{ NADH})\} = 2(3) = 6$
- Siklus Krebs $\{2 \times (3 \text{ NADH} + 1 \text{ FADH} + 1 \text{ GTP})\} = 6(3) + 2(2) + 2(1) = 24$

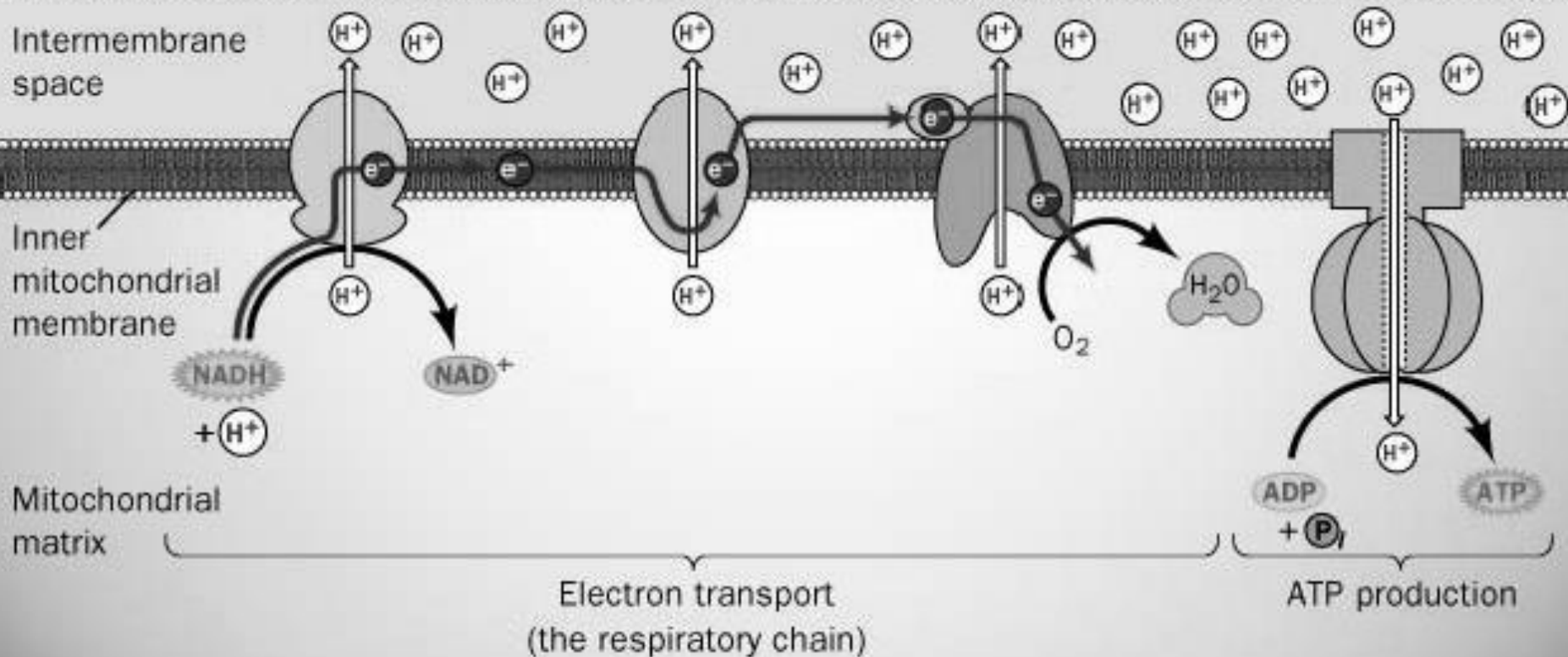
Total 38 ATP per mol glukosa
(Oksidasi sempurna)

Fosforilasi Oksidatif

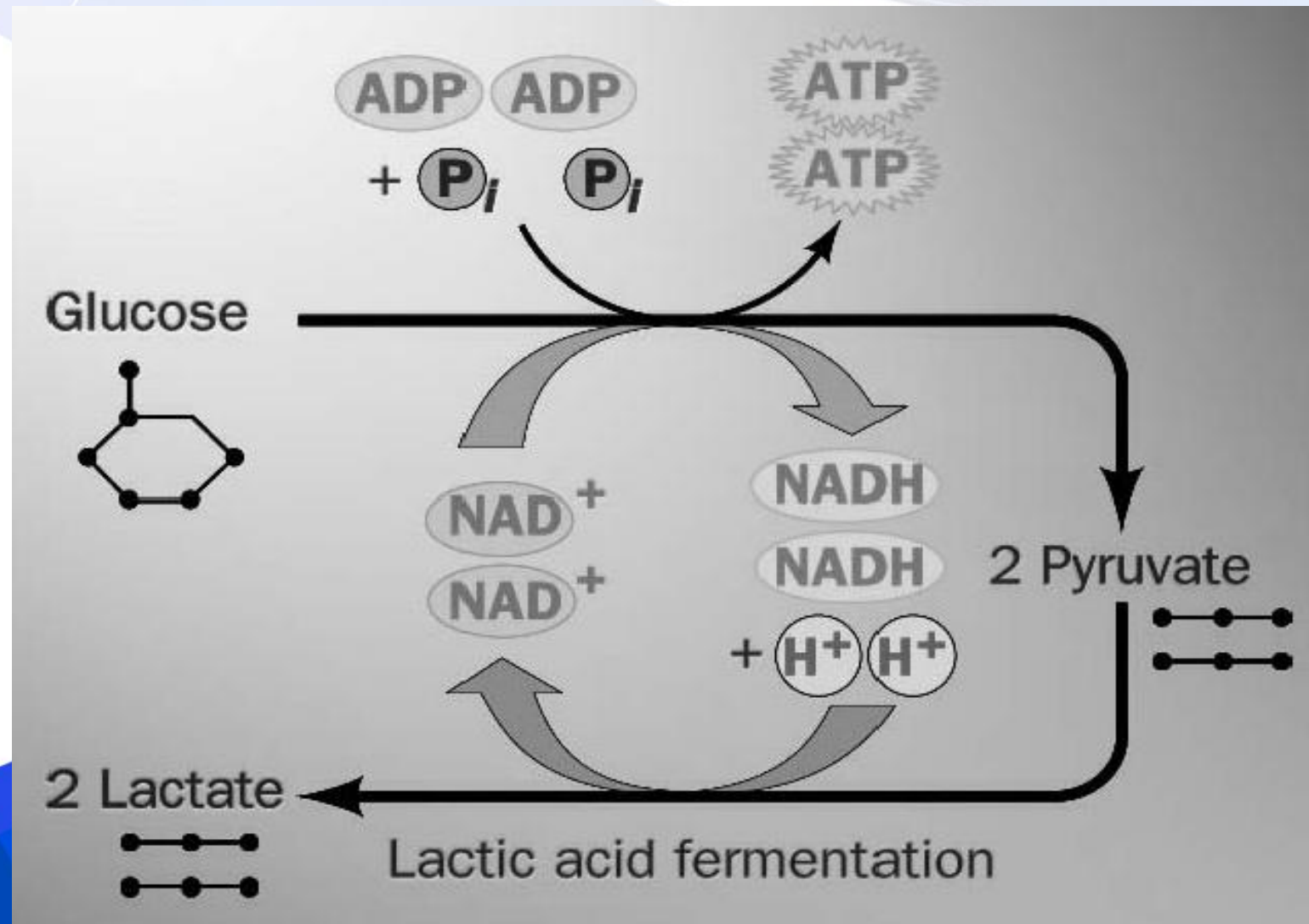
- **Tahap terakhir** dalam **respirasi sel**
- Berlangsung “coupling” dengan rantai transfer elektron
- **Generator ATP** dari **NADH, NADPH, FADH** dan senyawa-senyawa **ekivalen pereduksi** lainnya



OXIDATIVE PHOSPHORYLATION
Electron transport and oxidative phosphorylation are carried out by proteins on the inner mitochondrial membrane.

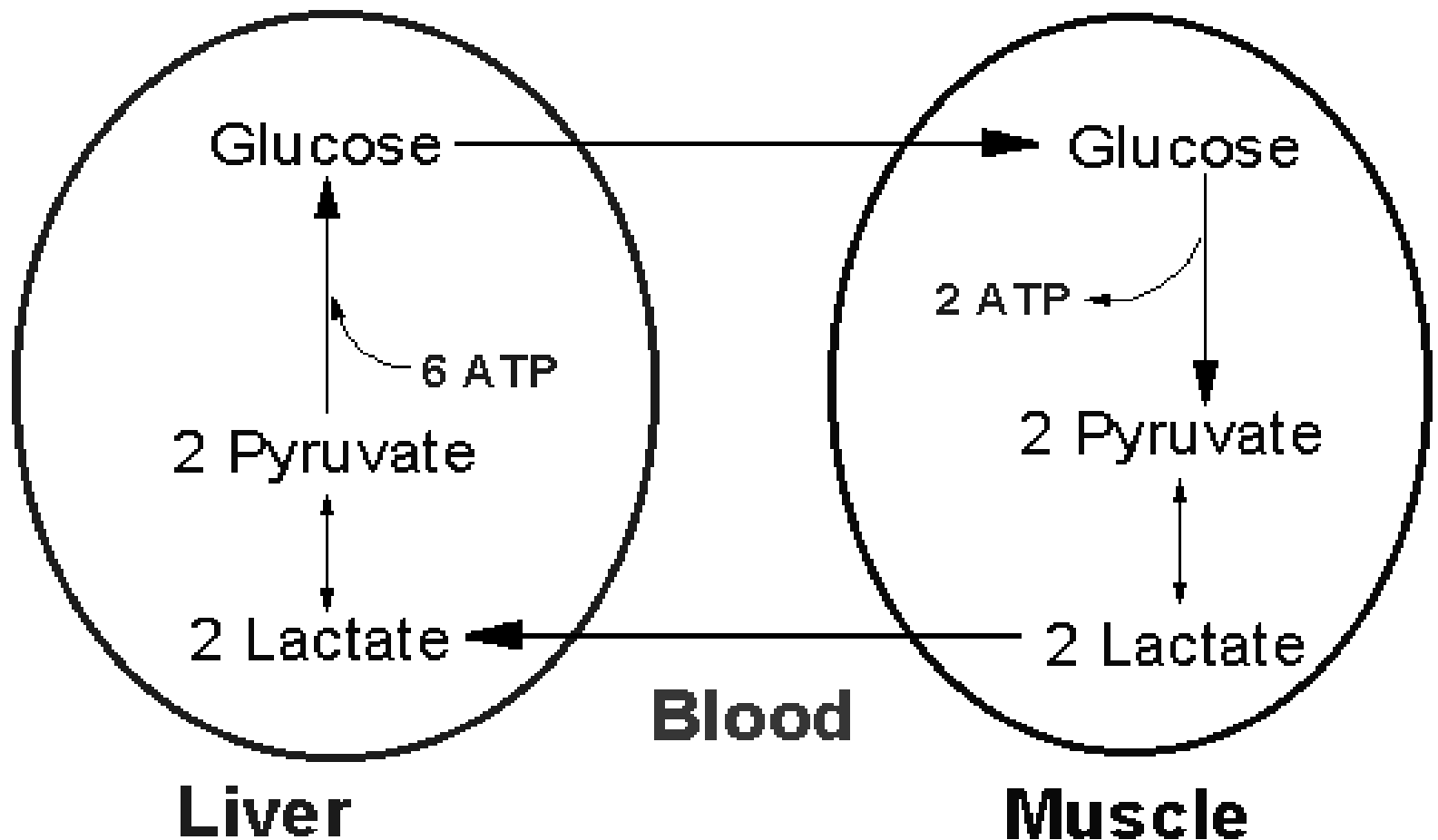


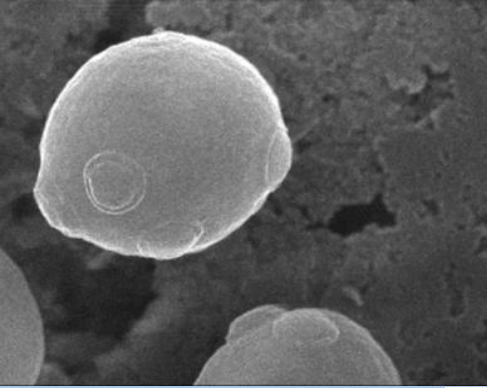
Asam laktat: produk akhir glikolisis anaerob



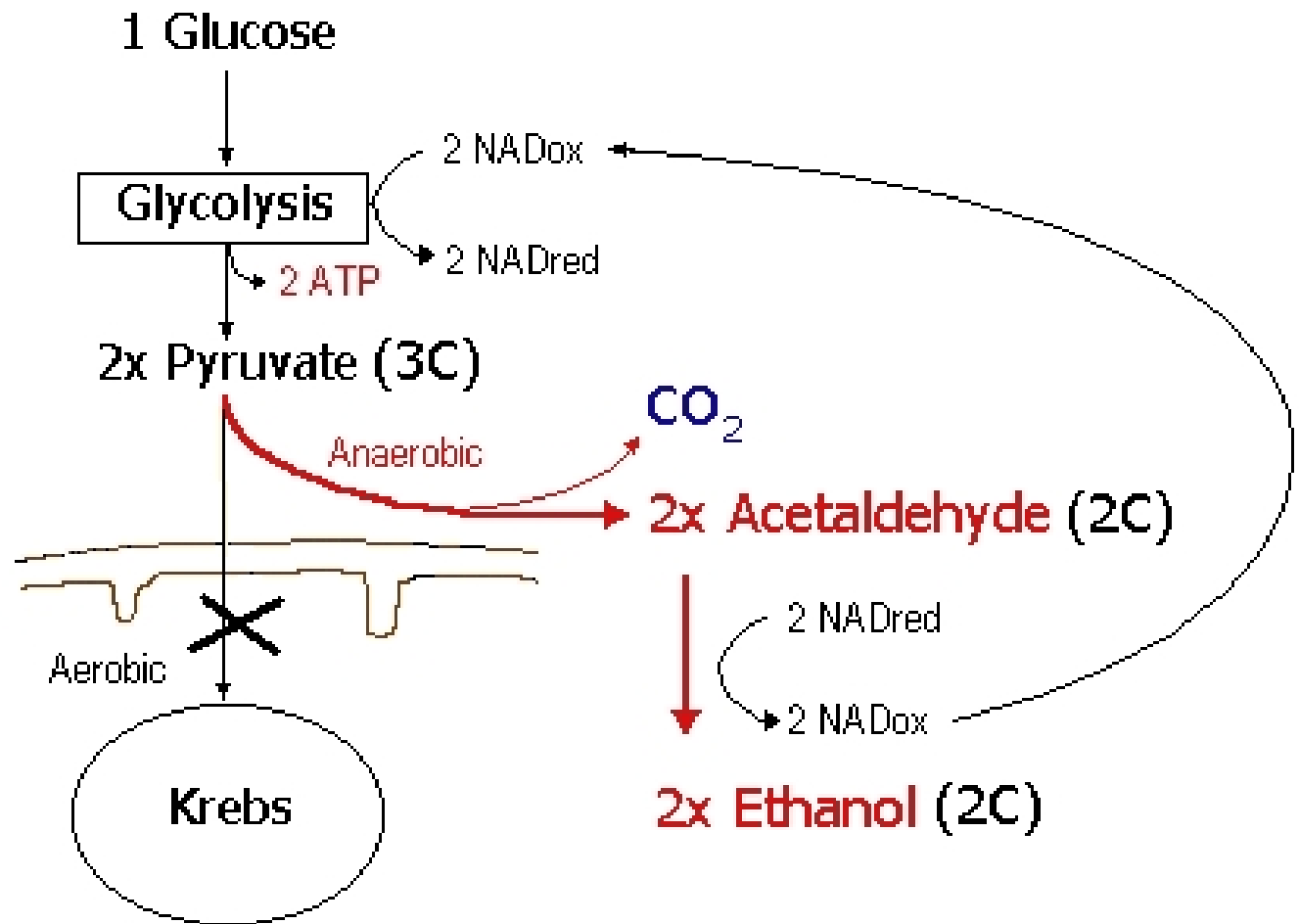
Untuk dapat digunakan lagi asam laktat
diangkut ke sel hati via siklus Cori

The Cori Cycle





Fermentasi Jamur

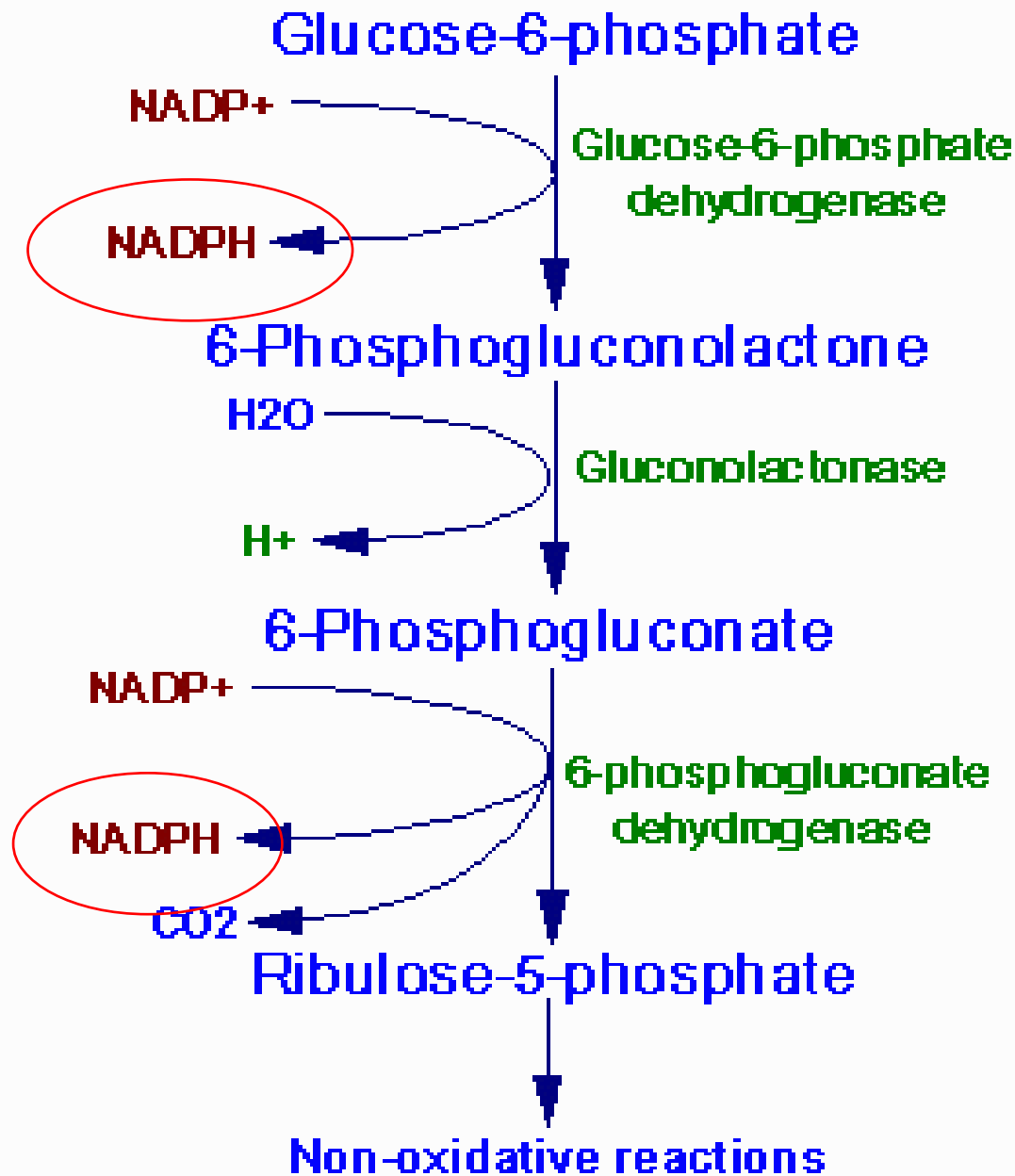


**Pentose Phosphate Pathway
(PPP) atau
Hexose Monophosphate
Shunt (HMS)**

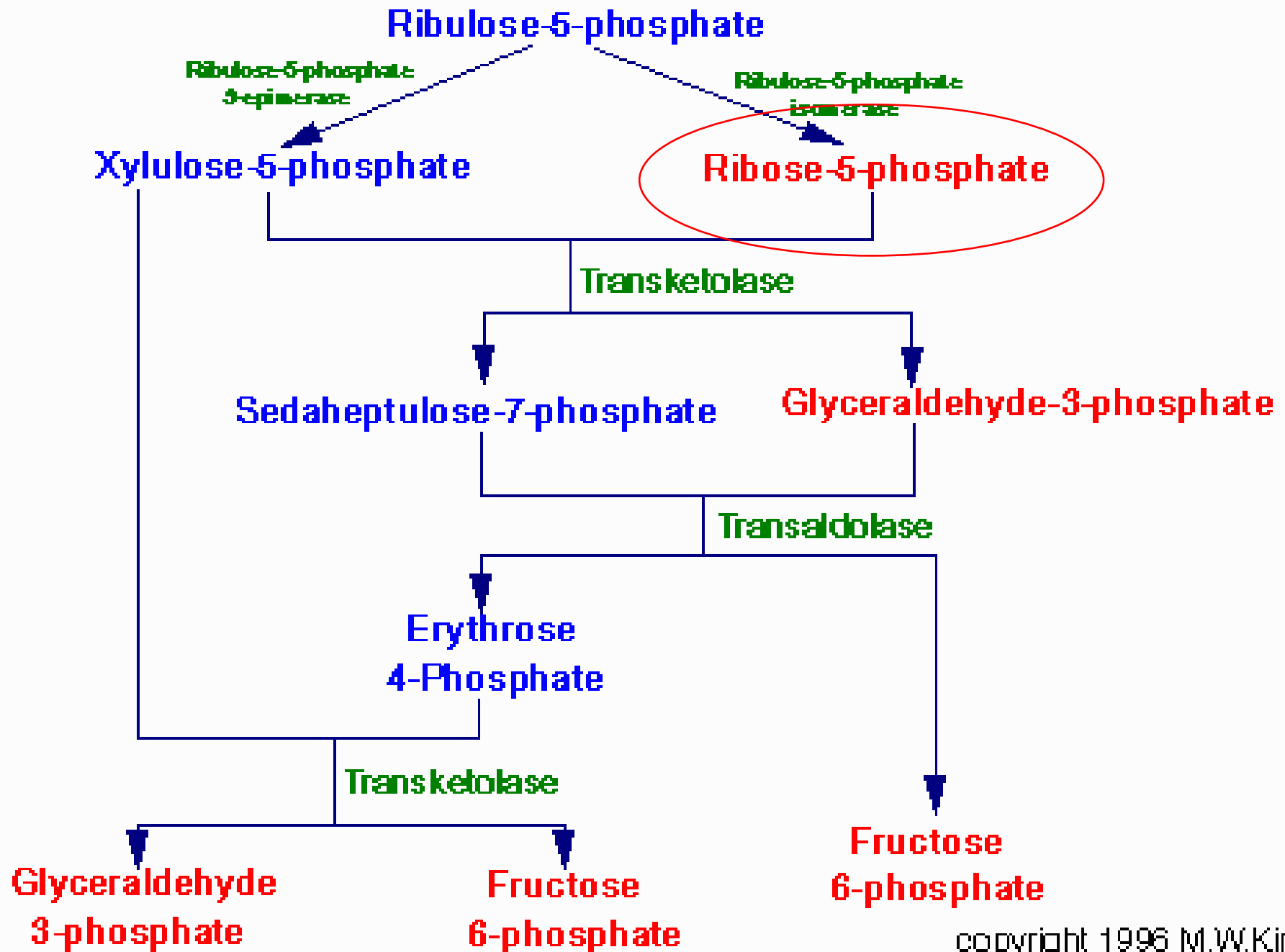
Pentose Phosphate Pathway (PPP) Hexose Monophosphate Shunt (HMS)

- Menghasilkan “reducing equivalent” (**NADPH**) untuk reaksi reduktif di dalam sel
- Menghasilkan pentosa (**ribosa-5 fosfat**) yang diperlukan untuk **sintesis nukleotida** dan **asam nukleat**
- Berlangsung di **sitoplasma**

Oxidative Stage of Pentose Phosphate Pathway



Non-Oxidative Stage of Pentose Phosphate Pathway



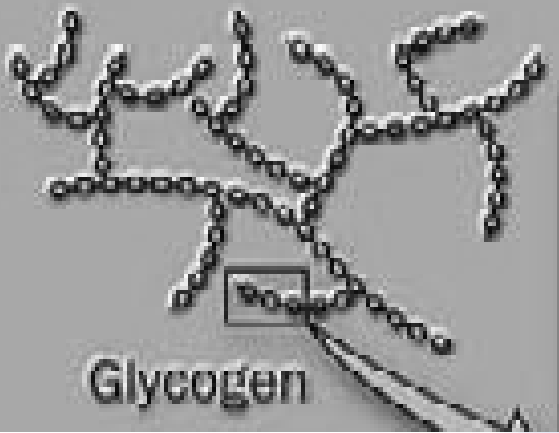
Reaksi Total PPP

**3 Glucose-6-Phosphate
+ 6 NADP⁺ + 3 H₂O**

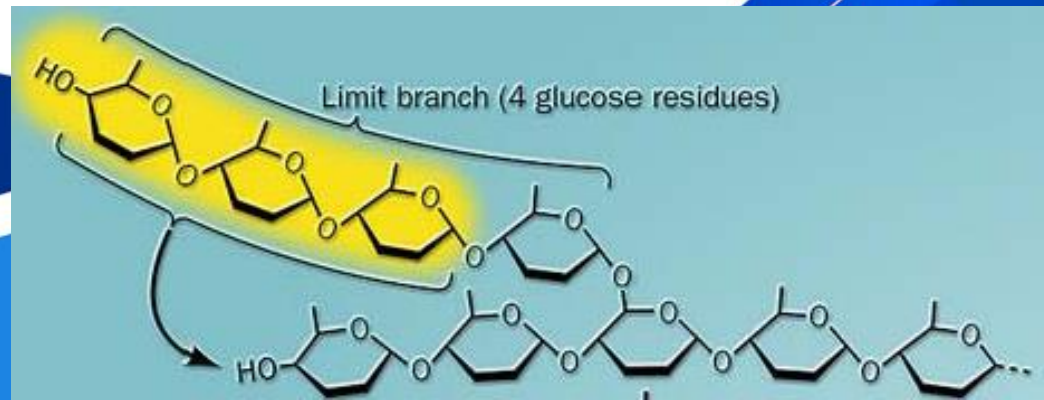


**2 Fructose-6-Phosphate
+ Glyceraldehyde-3-Phosphate
+ 6 NADPH + 6 H⁺ + 3 CO₂**

- **6 NADPH → rantai respirasi → menghasilkan 18 ATP**
- **2 Fruktosa-6-fosfat → glikolisis**
- **Gliseraldehida-3-fosfat → glikolisis**



Metabolisme Glikogen

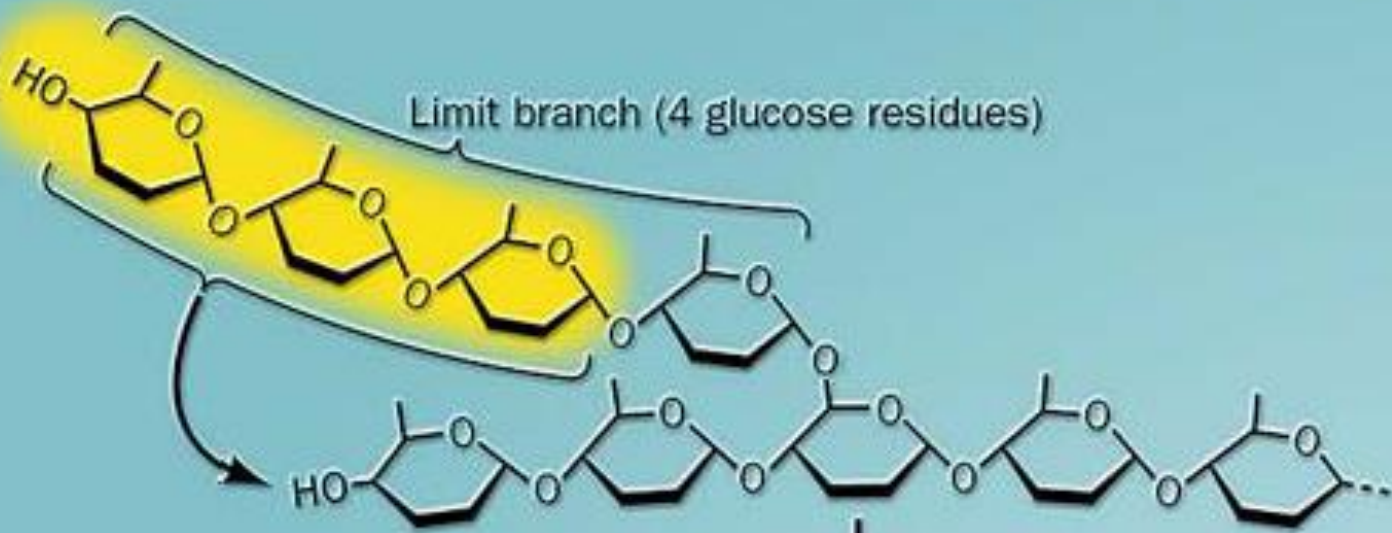


Metabolisme Glikogen

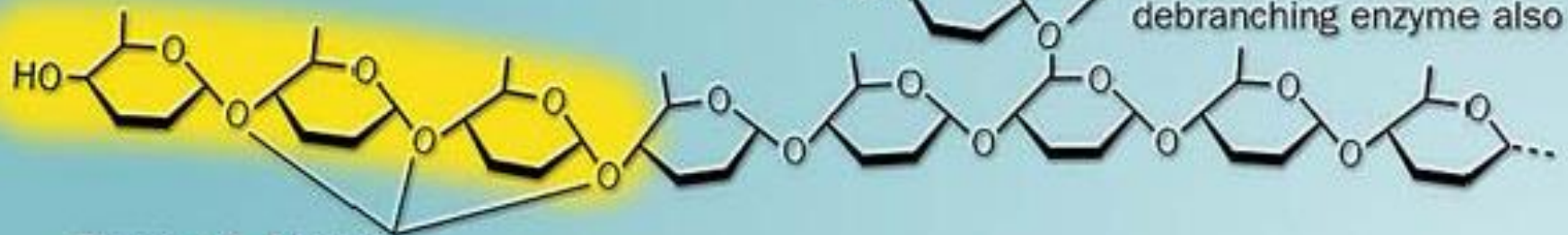
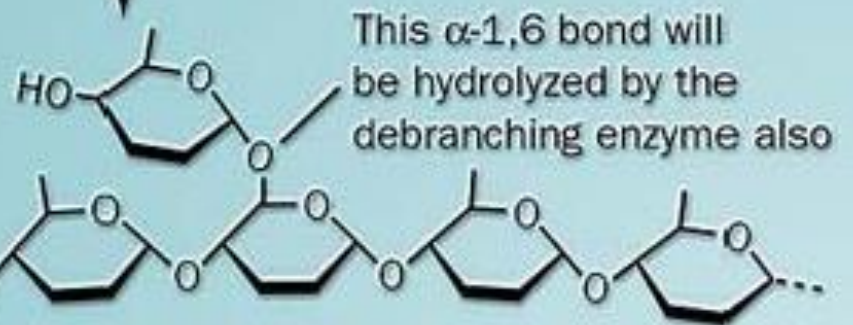
- Glikogen adalah bentuk **cadangan karbohidrat** utama, banyak terdapat di **hati** dan **otot**.
- Berfungsi **menjaga kadar glukosa darah**
- Glikogen merupakan **polimer bercabang dari glukosa**
- Metabolisme glikogen, meliputi :
 - **Glikogenolisis**
 - **Glikogenesis**

Glikogenolisis

- **Pemecahan** glikogen menjadi glukosa
- Mempertahankan kadar glukosa darah
- Terutama berlangsung di hati dan otot
- Enzim yang berperan: *debranching enzyme* dan **glikogen fosforilase**.

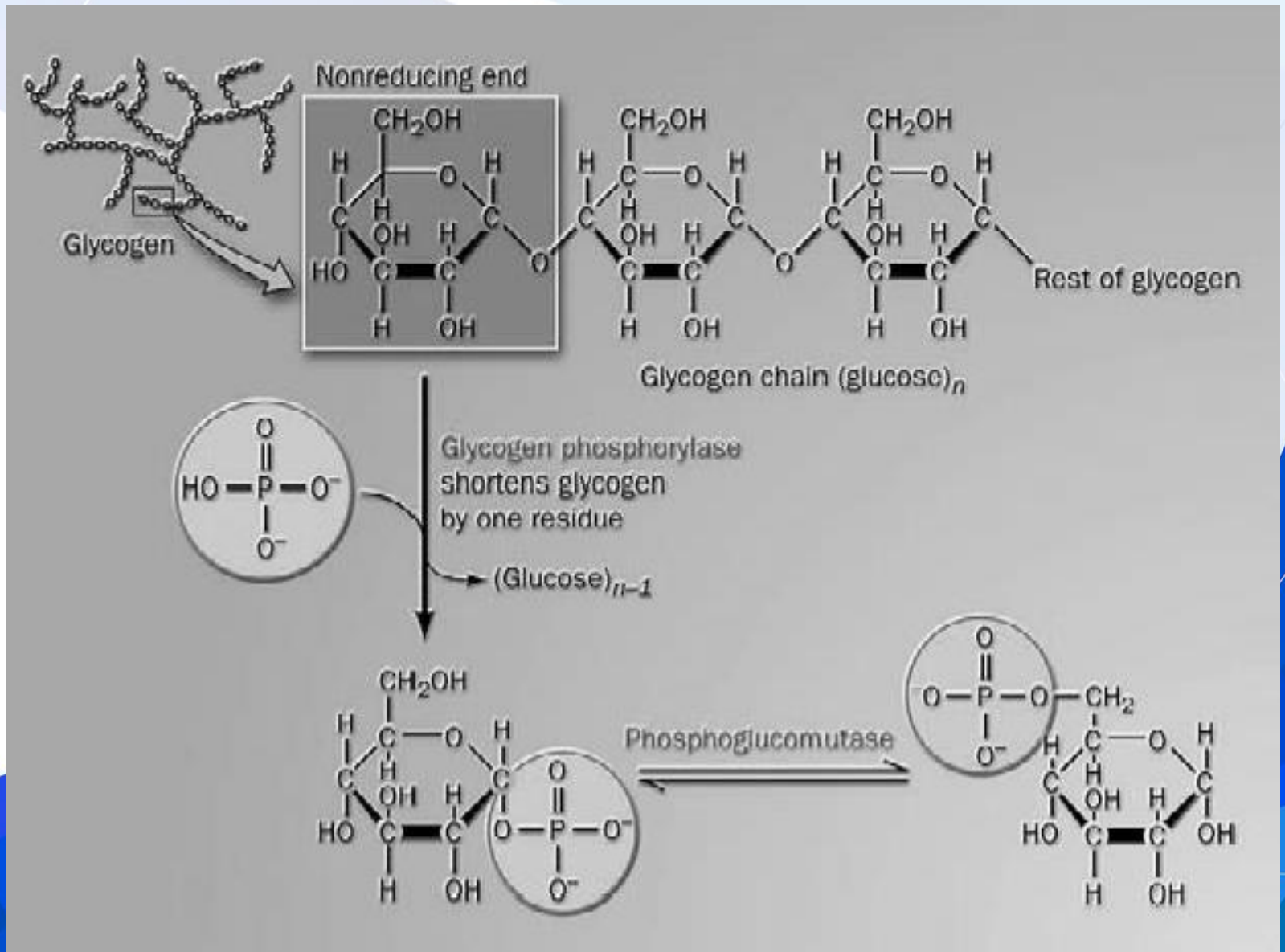


Glycogen
debranching
enzyme



These α -1,4 bonds
are now available for
hydrolysis by phosphorylase

Glikogenolisis

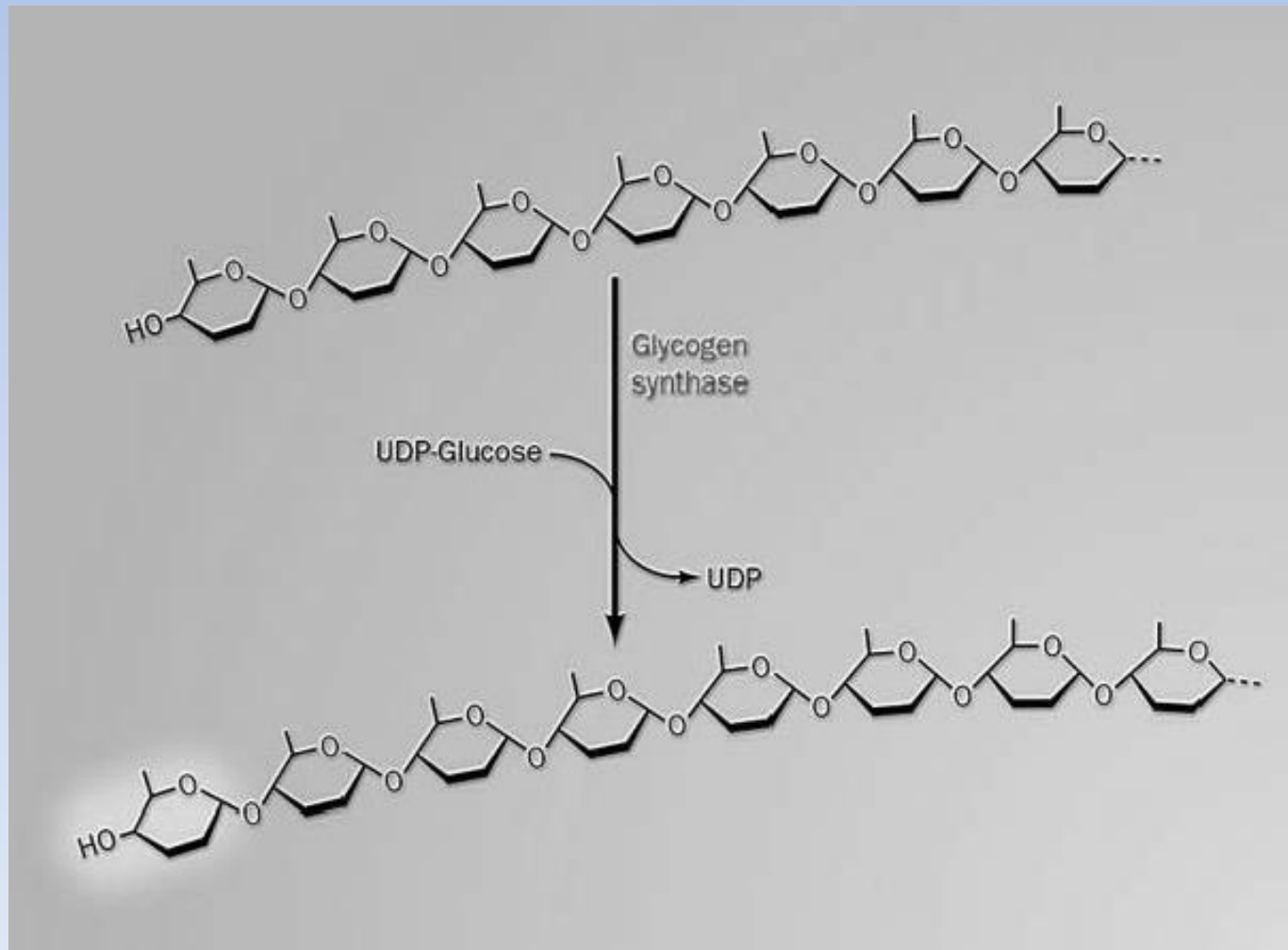


Glikogenesis

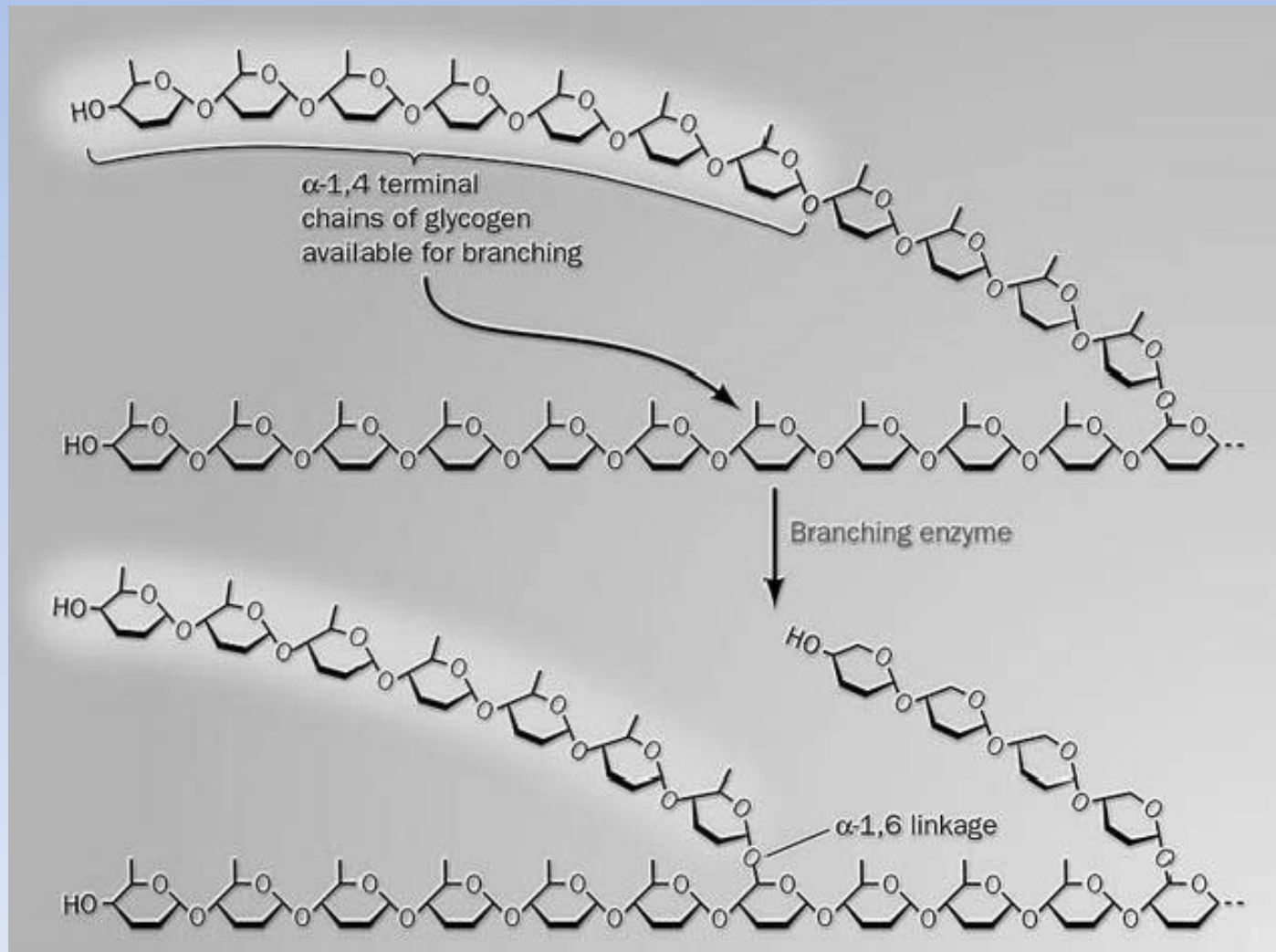
- **Pembentukan** glikogen dari glukosa
- Glukosa yang masuk ke dalam tubuh sebagian digunakan untuk pembentukan energi dan kelebihanannya disimpan dalam bentuk glikogen.
- Enzim yang berperan dalam glikogenesis terutama adalah: **glikogen sintase** dan *branching enzyme* (enzim percabangan)
- Glukosa yang akan diikat dalam molekul glikogen harus dalam bentuk **UDP glukosa**
- Note: Uridine diphosphate glucose is a nucleotide sugar; UDP-glucose is a key intermediate in carbohydrate metabolism. Serves as a precursor of glycogen

Glikogenesis

- **Glikogen sintase** mengkatalisis pembentukan ikatan α -1, 4 **glikosida** antar residu glukosa



Bila sudah terdapat **11 residu**, maka akan terjadi percabangan (ikatan **α -1,6-glikosidik**) yang dikatalisis oleh ***branching enzyme***

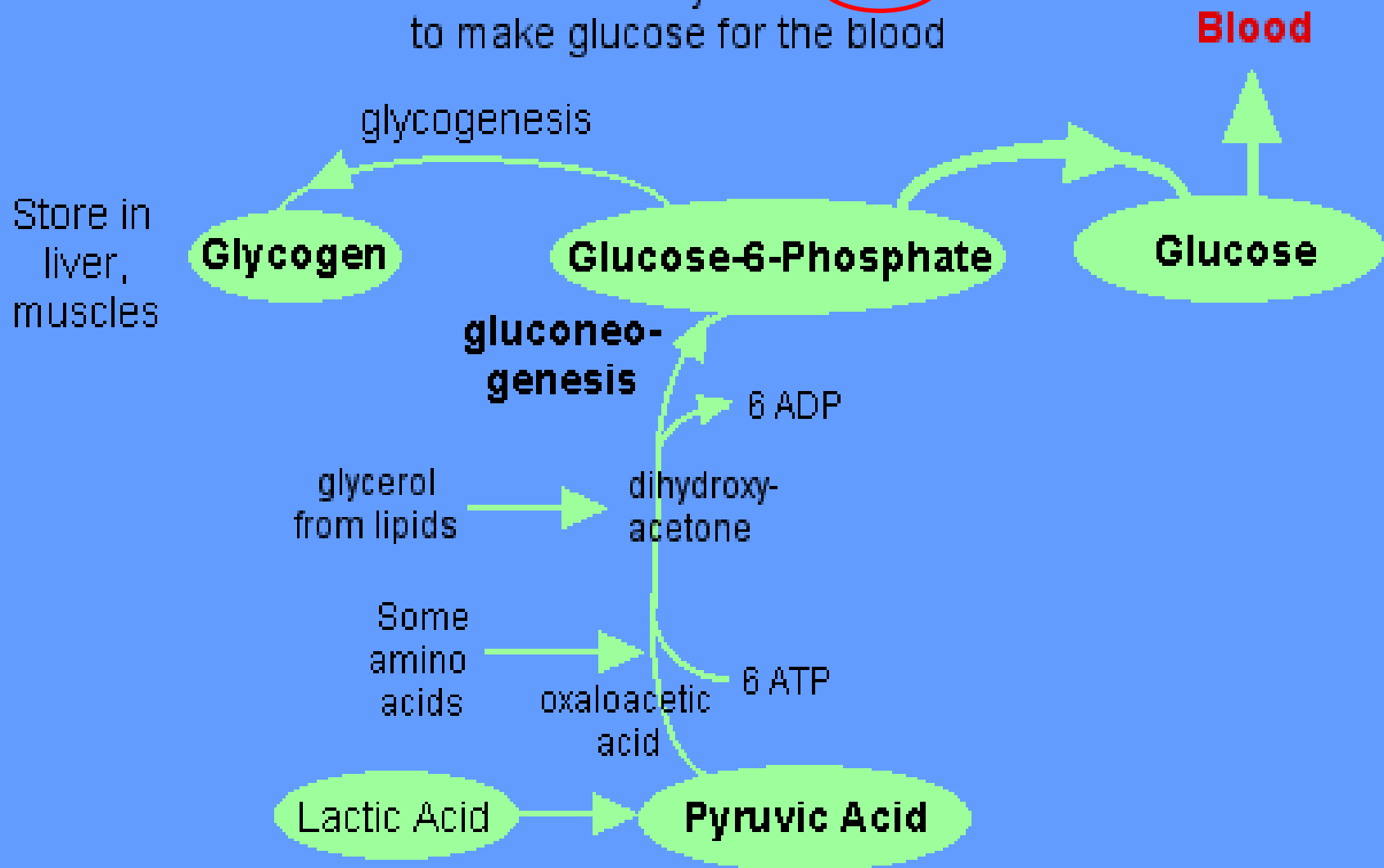


Glukoneogenesis

- Sintesis karbohidrat (glukosa) dari **senyawa-senyawa bukan karbohidrat**
- Substrat: **asam laktat, asam piruvat, asam amino glikogenik, gliserol, asam propionat**

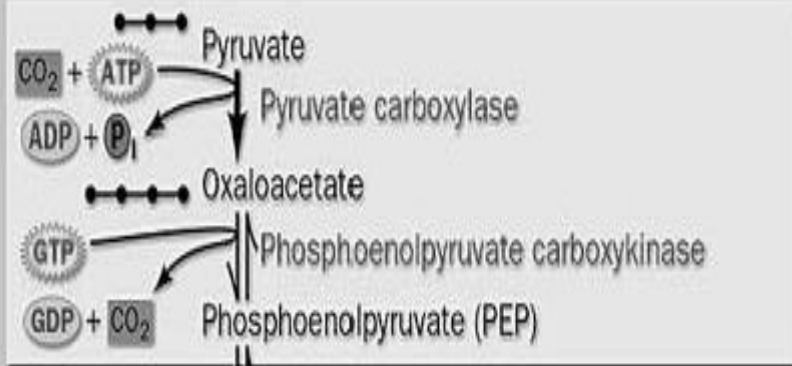
Gluconeogenesis

Occurs mainly in the liver
to make glucose for the blood



GLUCONEOGENESIS

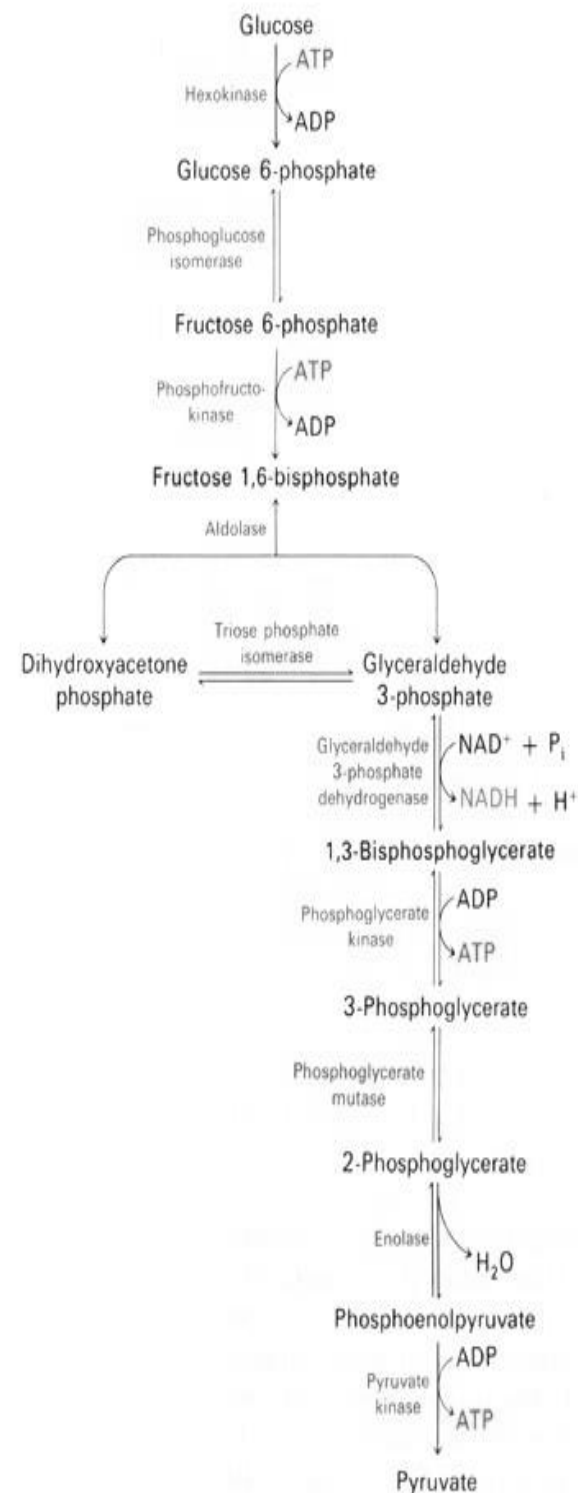
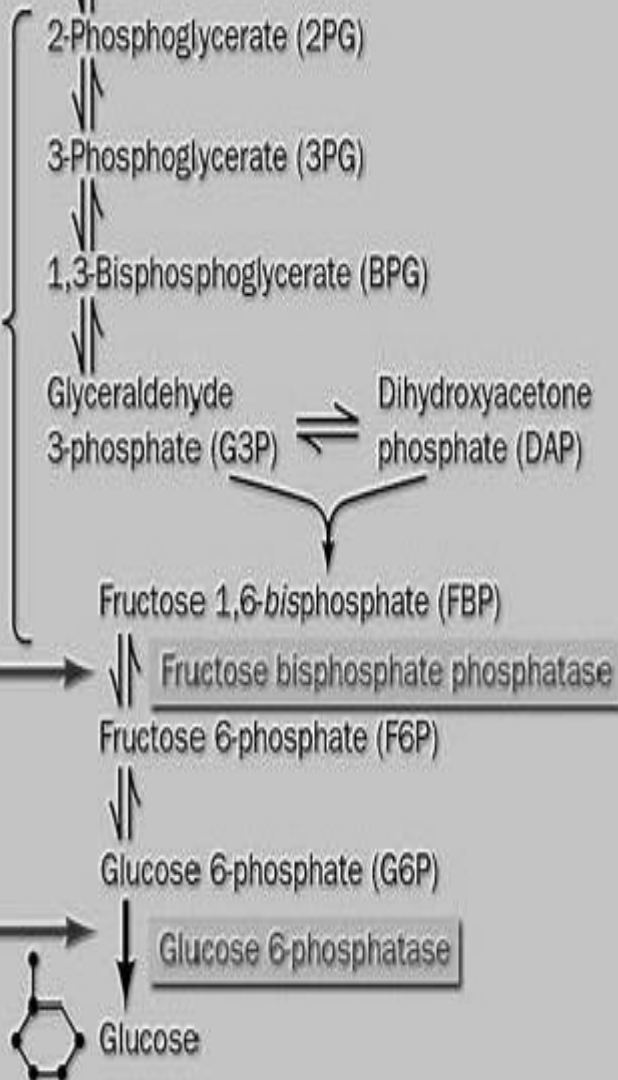
Not a reversal of glycolysis:
differences are shown
in boxes

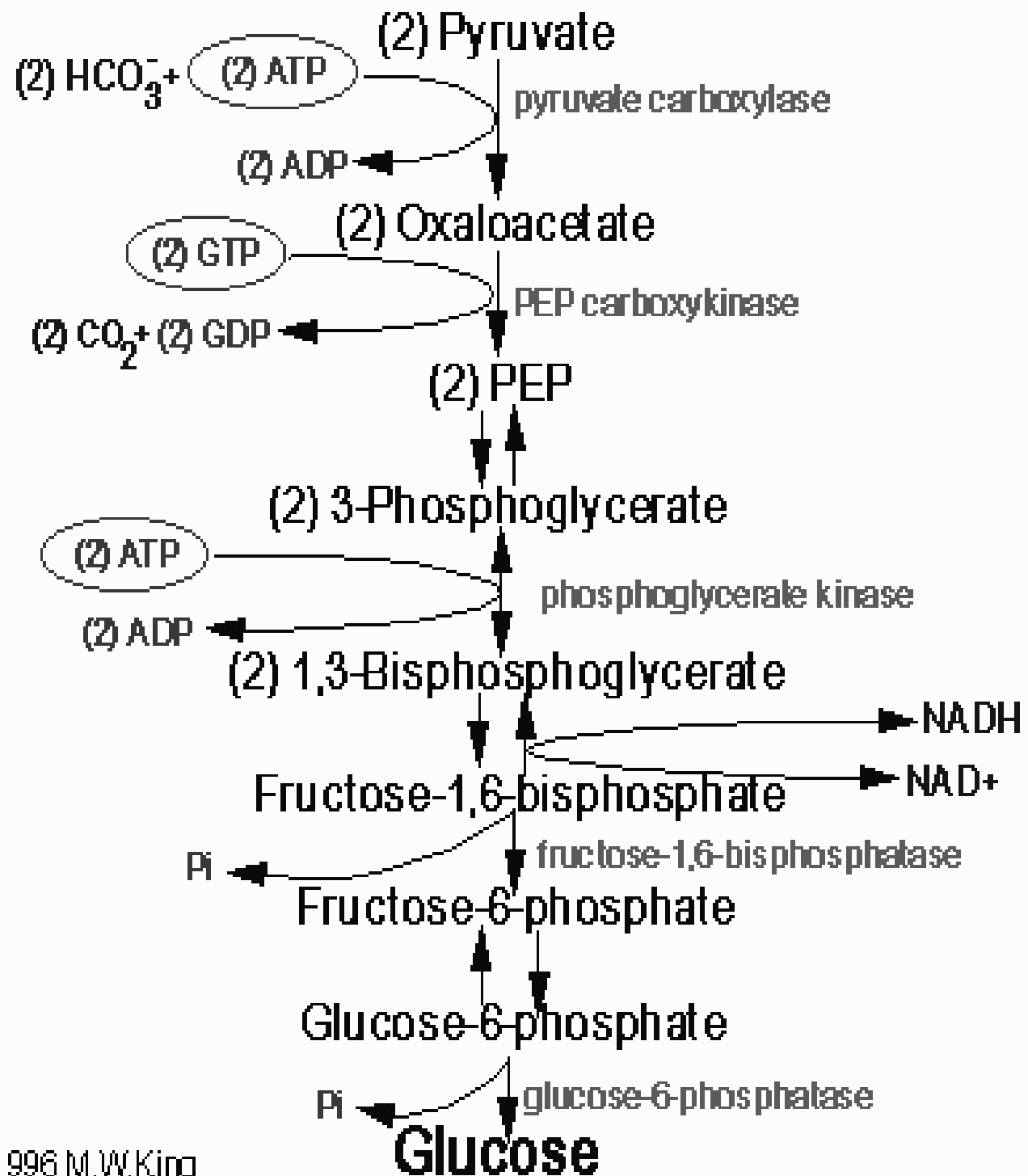


These steps are the reverse
of glycolysis.

Glycolysis uses
phosphofructokinase and
requires ATP.

Glycolysis uses hexokinase
and requires ATP.

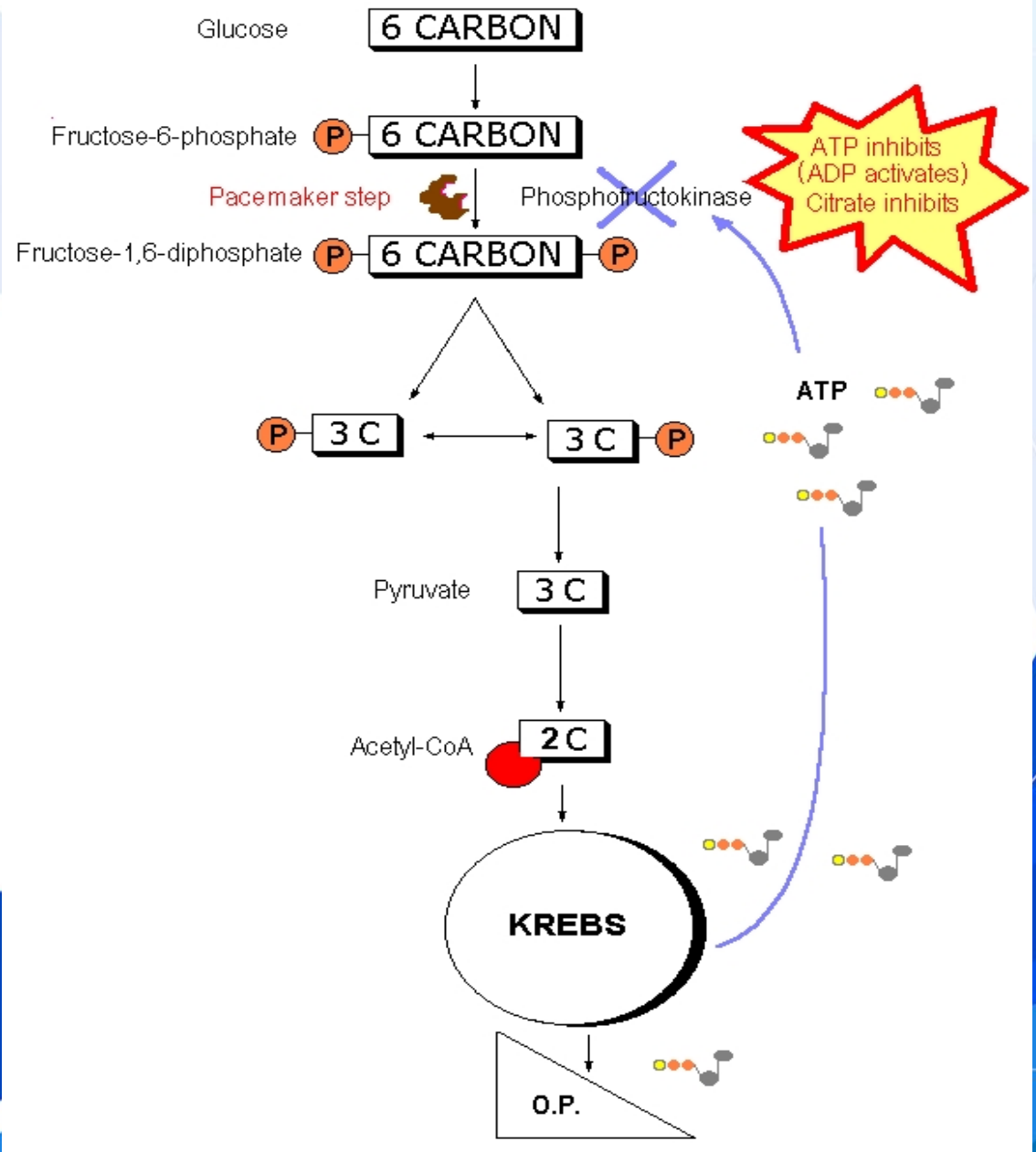




Pengaturan kadar glukosa

- Pengaturan **metabolik**, yaitu dengan enzim **glukokinase** yang memiliki **K_m yang tinggi**
- Pengaturan **hormonal** yaitu dengan :
 - **Insulin**
 - **Glukagon**
 - **Hormon lain: hormon pertumbuhan, ACTH, epinefrin, tiroid**

Control: Feed Back Inhibition





**UNIVERSITAS
PANCASILA**
"A PLACE TO CREATE YOUR SUCCESS"

Terakreditasi "A" BAN-PT



UP Green Campus

TERIMAKASIH



KAMPUS PROGRAM DIPLOMA (D3), SARJANA (S1) & PROFESI :

Srengseng Sawah, Jagakarsa Jakarta Selatan
Telp. 021 - 7270086 ext. 123, 126, 139 / 7270130 / 7874344

Fax. 021 7271868 / 78880305

Email. humas@univpancasila.ac.id

SEKOLAH PASCASARJANA (S2) & (S3) :

Jalan Borobudur No.7. Jakarta Pusat

www.univpancasila.ac.id