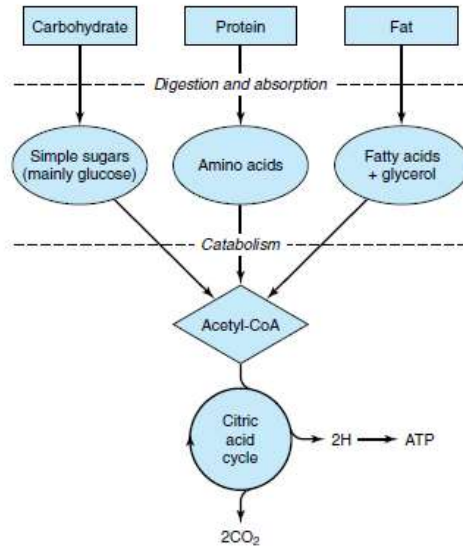


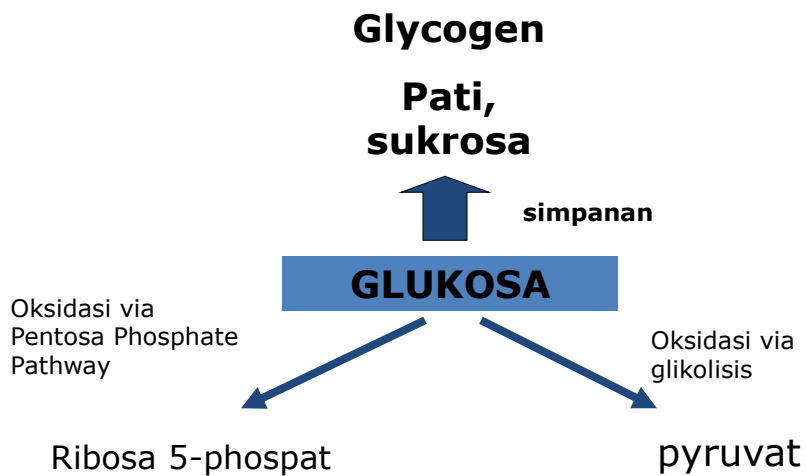
# Overview of Human Metabolism

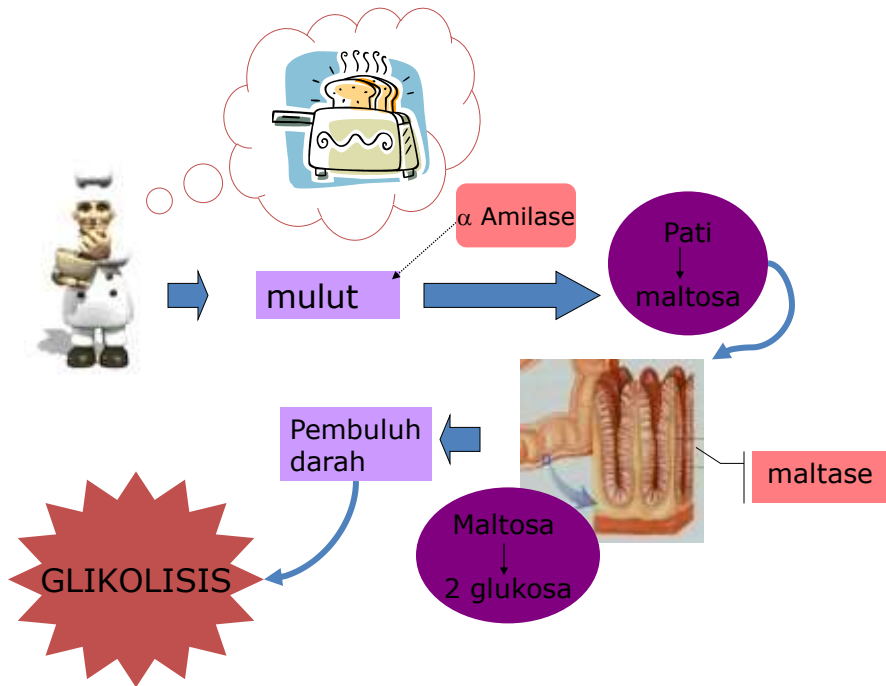


## Metabolisme Karbohidrat

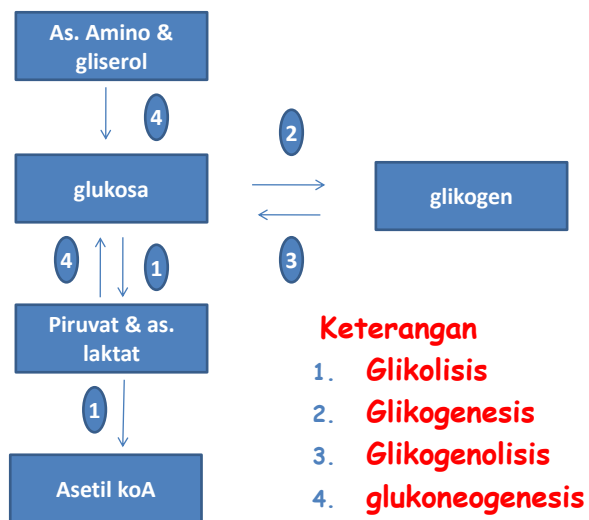
# KARBOHIDRAT

- Fungsi Karbohidrat: terutama sebagai **sumber energi**.
- Jenis karbohidrat:
  - monosakarida → dapat diabsorpsi
  - disakarida
  - polisakarida
- Monosakarida:
  - \* **GLUKOSA**
  - \* **FRUKTOSA**
  - \* **GALAKTOSA**





## Skema dasar metabolisme karbohidrat

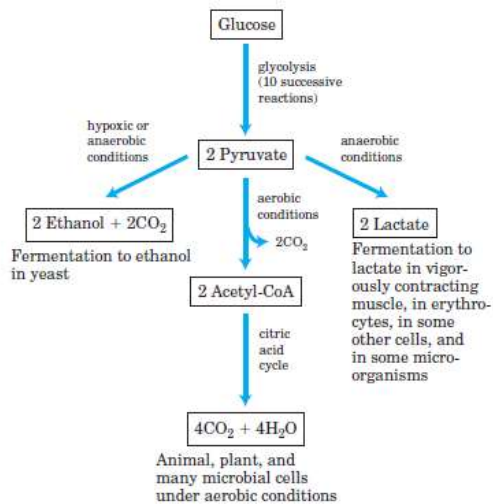


### Keterangan

1. **Glikolisis**
2. **Glikogenesis**
3. **Glikogenolisis**
4. **glukoneogenesis**

- Proses2 pada metabolisme karbohidrat :

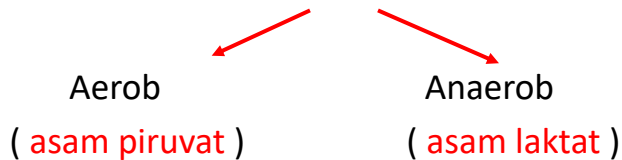
1. Glikolisis
2. Glikogenesis
3. Glikogenolisis
4. HMP Shunt
5. Glukoneogenesis



**FIGURE 14-3** Three possible catabolic fates of the pyruvate formed in glycolysis. Pyruvate also serves as a precursor in many anabolic reactions, not shown here.

# GLIKOLISIS

- Disebut juga **EMBDEN MEYER HOFF PATHWAY**
- Terjadi di dalam **sitosol**
- Glikolisis : oksidasi glukosa → energi ( ATP )

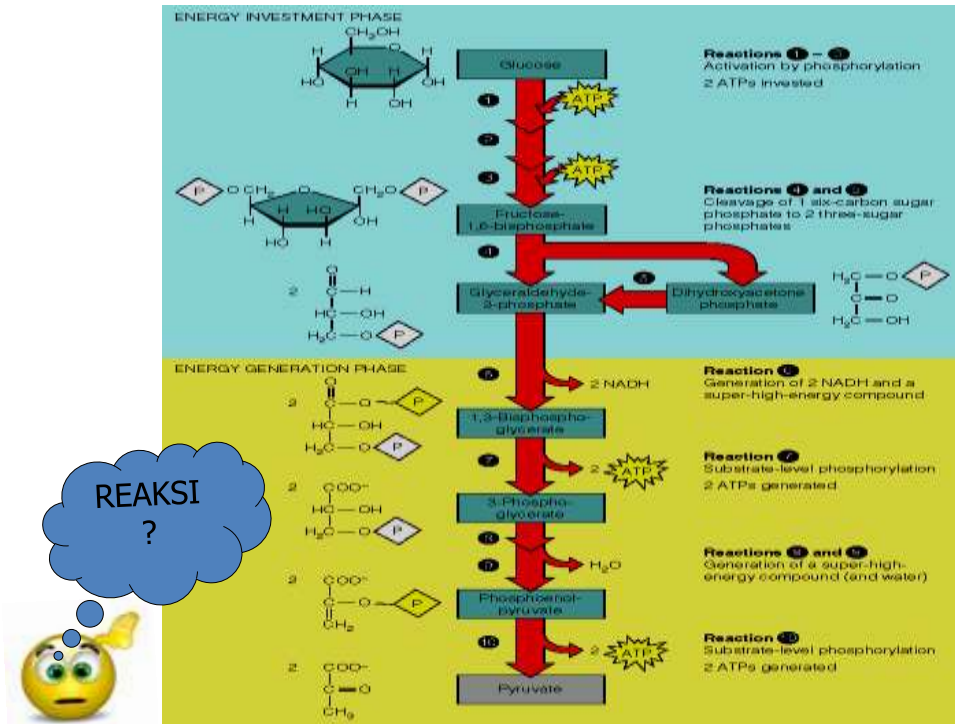


- Pada keadaan aerob :

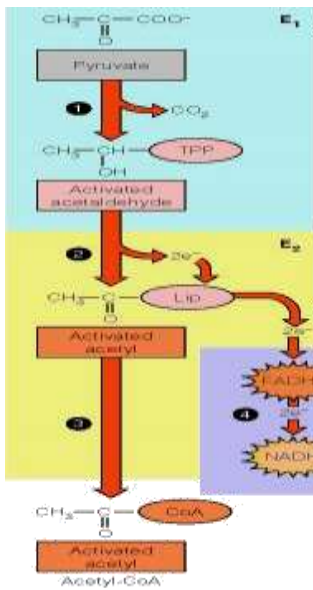


## Definisi

- Glikolisis adalah rangkaian reaksi yang mengubah glukosa menjadi dua molekul piruvat
- Pada proses ini juga dihasilkan ATP
- Dikenal sebagai **Embden-Meyerhof pathway**
- 10 langkah utk menjadi piruvat



**Overview of the reactions of the pyruvate dehydrogenase complex.**



- Reaksi yg dikatalisis: oksidatif dekarboksilasi
- Bersifat irreversibel. Menghilangkan gugus karboksi piruvat
- Memerlukan 3 enzim dan 5 koenzim
- Dihasilkan NADH2 → 3 ATP



Key to coenzymes:	
	Thiamine pyrophosphate
	Lipoic acid
	Reduced form of FAD, flavin adenine nucleotide
	Reduced form of NAD+, nicotinamide adenine dinucleotide
	Coenzyme A

- Reaksi2 pd Glikolisis pada umumnya berjalan 2 arah, kecuali reaksi berikut berjalan searah

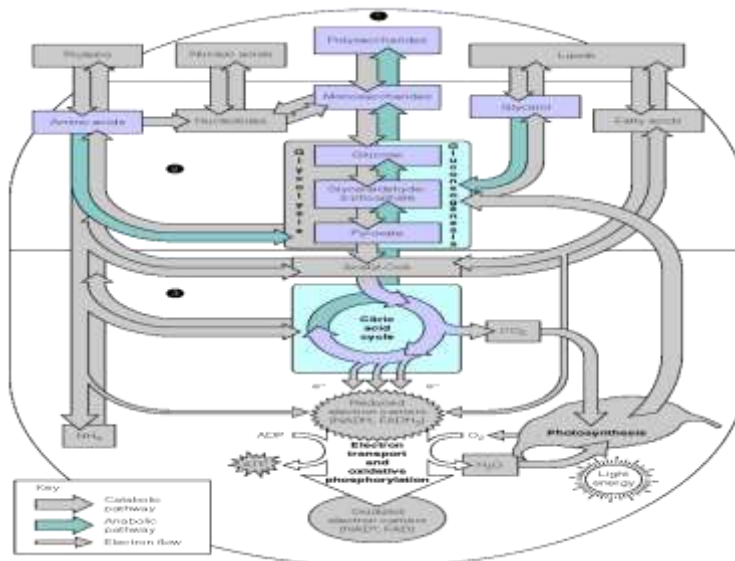
↓

**GLIKOLISIS DI ERITROSIT :**

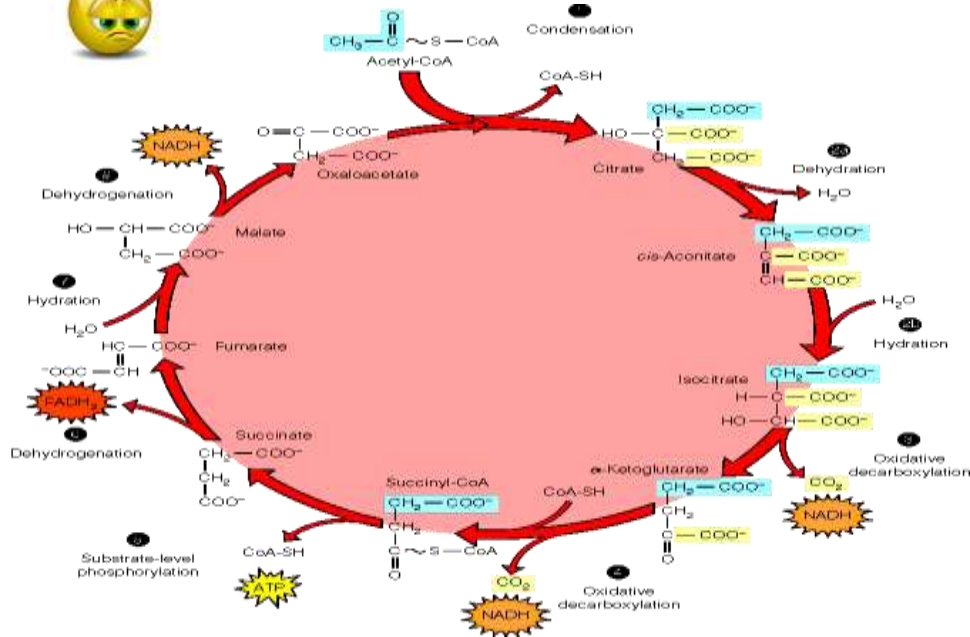
- \* Eritrosit dewasa tidak mempunyai inti sel dan organel sel ( mitokondria ) → **Rantai Respirasi** dan **Siklus Asam Sitrat tidak dapat terjadi**

- ↓
- \* oksidasi glukosa di eritrosit selalu menghasilkan → **asam laktat**

Intermediary metabolism, emphasizing pathways in carbohydrate biosynthesis.



# Daur Krebs (TCA)



- Berfungsi mengoksidasi hasil glikolisis mjd  $\text{CO}_2$  dan juga menyimpan energi ke bentuk molekul berenergi tinggi spt **ATP, NADH, FADH<sub>2</sub>**
- Sentral dalam siklus oksidatif dlm respirasi → dimana semua makromolekul dikatabolis (Karbohidrat, Lipid dan Protein)
- Untuk kelangsungannya membutuhkan :  
**NAD, FAD, ADP, Pyr dan OAA**
- Menghasilkan senyawa intermedier yg penting → **asetil Co A,  $\alpha$  KG & OAA**
- Merupakan prekursor untuk biosintesis makromolekul – makromolekul



- Berfungsi dalam katabolisme dan juga anabolisme → **amfibolik**
- Katabolisme → memproduksi molekul berenergi tinggi
- Anabolisme → memproduksi intermedier untuk **prekursor biosintesis makromolekul**
- Berbagai daur mengambil senyawa antara dlm siklus kreb → berkurang → hrs ada mekanisme utk mengganti senyawa antara tadi → **daur anaplerotik**

## Overview the reaction

Dalam setiap siklus:

- 1 gugus asetil (molekul 2C) masuk dan keluar sebagai 2 molekul **CO<sub>2</sub>**
- Dalam setiap siklus : OAA digunakan untuk membentuk sitrat → setelah mengalami reaksi yang panjang → kembali diperoleh OAA
- Terdiri dari **8 reaksi** : 4 mrpkn oksidasi → dimana energi → digunakan utk mereduksi NAD dan FAD
- **Dihasilkan:**
  - 2 ATP, 8 NADH, 2 FADH<sub>2</sub>
- Tidak diperlukan O<sub>2</sub> pada TCA, tetapi digunakan pada Fosforilasi oksidatif → untuk memberi **pasokan NAD**, shg piruvat dapat di ubah menjadi Asetil Co A

## Glikolisis vs TCA

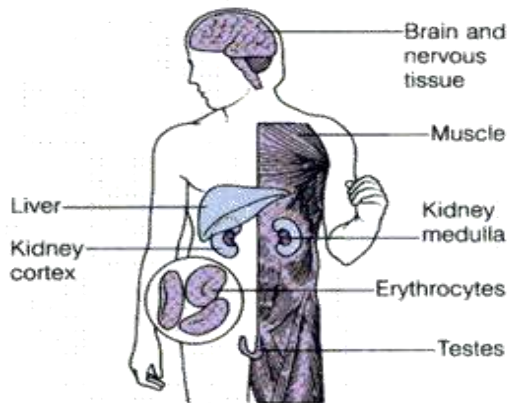
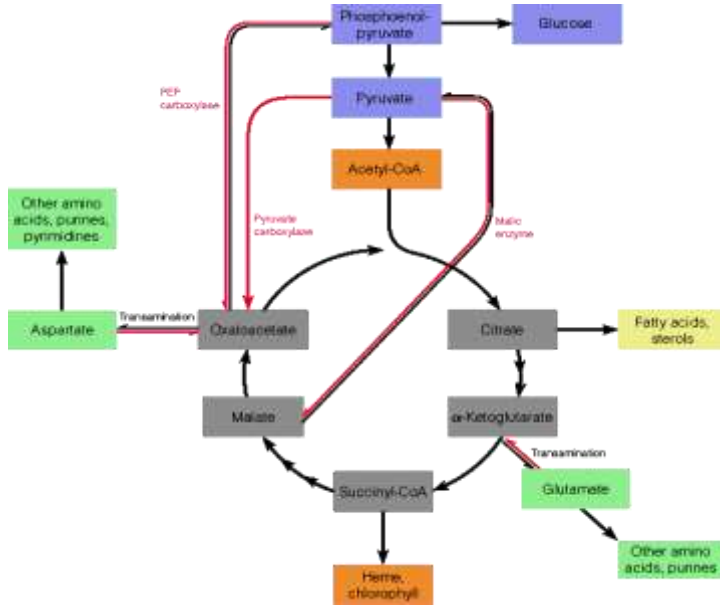


Glikolisis	TCA
1. Reaksi berjalan linier	1. Reaksi siklis
2. Lokasi di sitoplasma	2. Letak di matriks mitokondria

## Reaksi Anaplerotik

- Ketika produk intermedier TCA digunakan sbg prekursor biosintesis lainnya
- Konsentrasi intermedier → turun → memperlambat kecepatan TCA
- Ada 5 reaksi ???

**Major biosynthetic roles of some citric acid cycle intermediates.**



Tissues that synthesize glucose

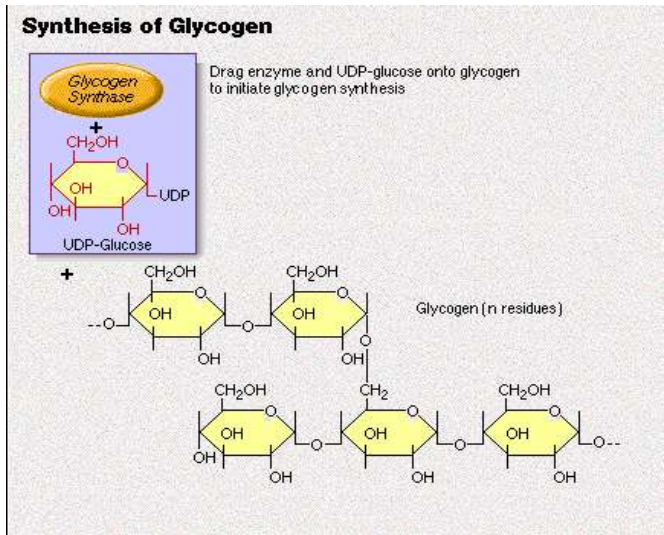
Tissues that use glucose as their primary energy source

**Sintesis glukosa sangat penting krn otak dan sistem saraf kita membutuhkan glukosa sebagai sumber energi utama**

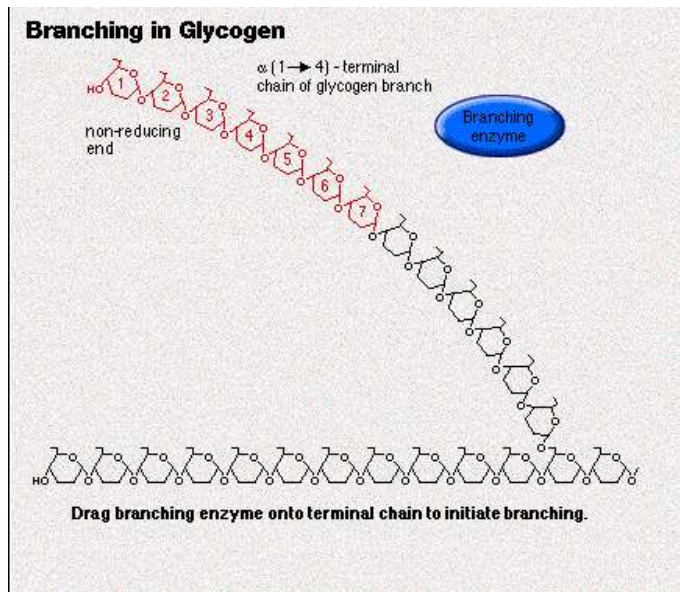
## GLIKOGENESIS

- Sintesis glikogen dari glukosa
- Terjadi di dalam **hati dan otot**
- Reaksi 1 :  $\text{Mg}^{++}$   
Glukosa + ATP  $\xrightarrow{\hspace{1cm}}$  Glukosa 6-p + ADP  
**Glukokinase / Heksokinase**
- Reaksi 2 :  
Glukosa 6-p  $\xleftrightarrow{\hspace{1cm}}$  Glukosa 1-p  
**Fosfoglukomutase**
- Reaksi 3 :  
Glukosa 1-p + UTP  $\xrightarrow{\hspace{1cm}}$  UDPG + Pirofosfat  
**UDPG Pirofosforilase**
  
- **Enzim Glikogen sintetase ( sintase )**  $\xrightarrow{\hspace{1cm}}$   
membentuk **ikatan  $\alpha$ -1,4 Glikosidik ( rantai lurus )** dr glikogen
- **Enzim Pencabang ( Branching Enzyme )**  $\xrightarrow{\hspace{1cm}}$   
membentuk **ikatan  $\alpha$ -1,6 Glikosidik ( rantai cabang )** dr glikogen

**Molekul glikogen seperti pohon + cabang + rantingnya**

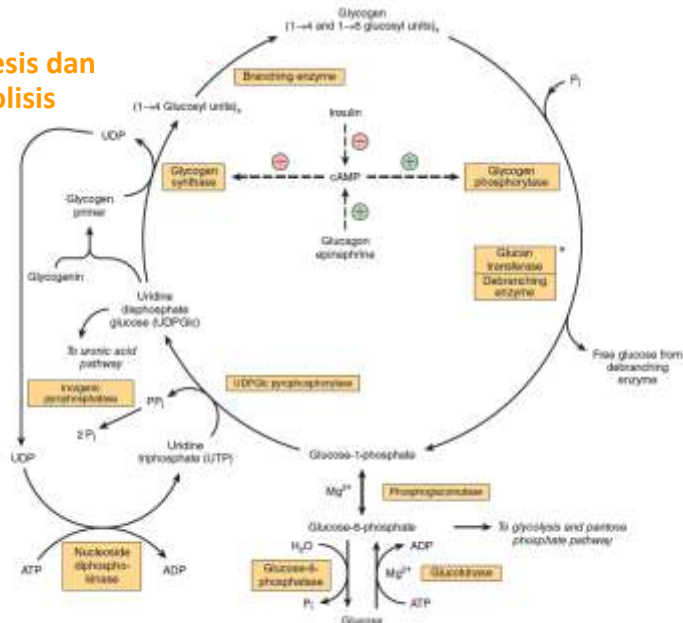


SINTESIS GLIKOGEN



SINTESIS GLIKOGEN

## Jalur glikogenesis dan glikolisis



**FIGURE 18-1** Pathways of glycogenesis and glycogenolysis in the liver. (⊕, Stimulation; ⊖, inhibition.) Insulin decreases the level of cAMP only after it has been raised by glucagon or epinephrine; that is, it antagonizes their action. Glucagon is active in heart muscle but not in skeletal muscle. \*Glucan transferase and debranching enzyme appear to be two separate activities of the same enzyme.

## GLIKOGENOLISIS

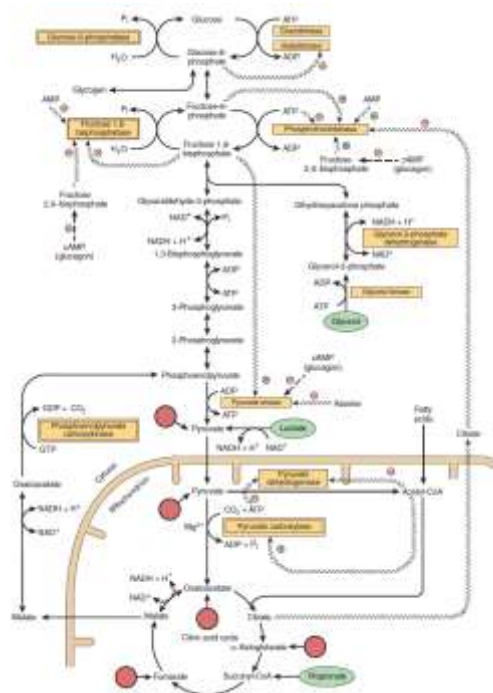
- Proses pemecahan glikogen
  - Dalam otot :
    - \* tujuannya untuk mendapat energi bagi otot
    - \* hasil akhirnya : piruvat / laktat → sebab glukosa 6-p yg dihasilkan dr glikogenolisis masuk ke jalur glikolisis di otot
  - Dalam hati :
    - \* tujuannya : untuk mempertahankan kadar glukosa darah di antara dua waktu makan
    - \* Glukosa 6-p akan diubah menjadi glukosa
- $$\text{Glukosa 6-p} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Glukosa 6-fosfatase}} \text{Glukosa} + \text{P}_i$$

- **Enzim Glukosa 6-fosfatase** terdapat di : **hati, ginjal** dan **epitel usus** ( tetapi tidak terdapat di otot )
- **Enzim Glikogen fosforilase** → **memutus ikatan  $\alpha$ -1,4 glikosidik** dr glikogen
- **Debranching enzyme** → **memutus ikatan  $\alpha$ -1,6 glikosidik**

## GLUKONEOGENESIS

- **Pembentukan glukosa dari bahan bukan karbohidrat**
- Pada mmalia terutama terjadi di : hati dan ginjal
- Substrat :
  1. **Asam laktat** → dr otot, eritrosit
  2. **Gliserol** → dr hidrolisis Triasilgliserol dlm. jar. lemak ( adiposa )
  3. **Asam amino glukogenik**
  4. **Asam propionat** → pd ruminansia
- Glukoneogenesis penting sekali untuk penyediaan glu kosa bila karbohidrat tidak cukup dlm diet

- Jaringan perlu pasokan glukosa kontinu sebagai sumber energi terutama **sistem saraf dan eritrosit**
- **Enzim bantuan :**
  1. Piruvat karboksilase
  2. Fosfoenolpiruvat karboksikinase
  3. Fruktosa 1,6 bifosfatase
  4. Glukosa 6-fosfatase

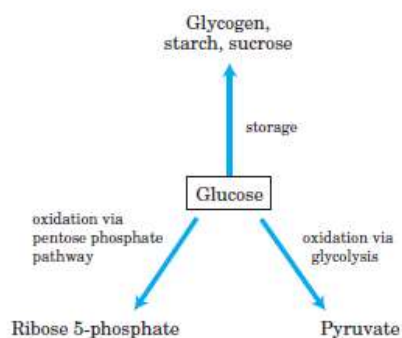


**Jalur Glukoneogenesis**

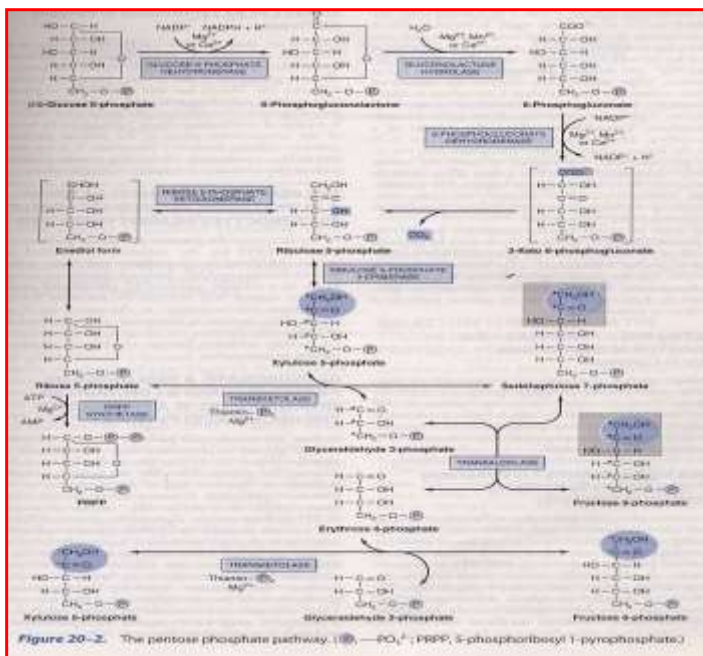


## HMP SHUNT (HEKSOSA MONO PHOSPHAT SHUNT)

- Disebut juga : **Pentose Phosphate Pathway**
- Merupakan **jalan lain untuk oksidasi glukosa**
- **Tidak bertujuan menghasilkan energi ( ATP )**
- Aktif dalam :
  1. Hati
  2. Jar. Lemak
  3. Klj. Korteks adrenal
  4. Klj. Tiroid
  5. Eritrosit
  6. Klj. Mammae ( laktasi )

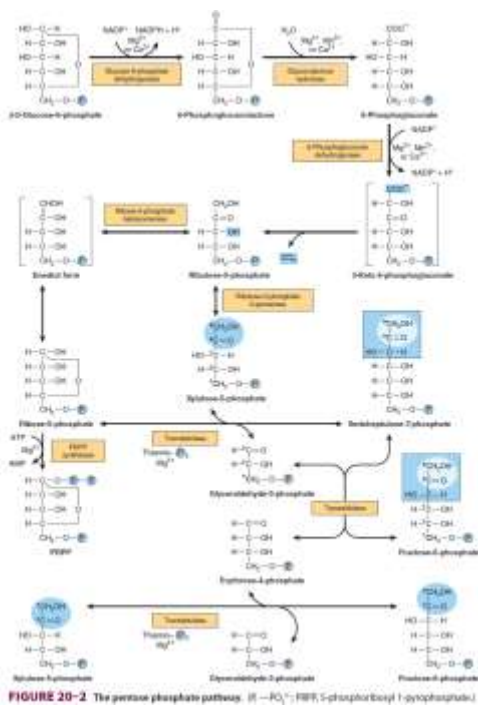


**FIGURE 14-1 Major pathways of glucose utilization.** Although not the only possible fates for glucose, these three pathways are the most significant in terms of the amount of glucose that flows through them in most cells.



### Jalur HMP Shunt

### Jalur HMP Shunt



# GLUKOSA DARAH

- Glukosa dapat dipakai oleh semua jaringan tubuh, disimpan :
  - \* hati dan otot → Glikogen
  - \* jaringan lemak → Triasilgliserol ( TG )
- Sumber glukosa darah :
  1. Karbohidrat Makanan
  2. Glikogenolisis hepar
  3. Glukoneogenesis
- Hormon yg mengatur glukosa darah :
  - \* Insulin
  - \* Hormon dr. klj. Hipofisa anterior : Growth Hormone
  - \* Hormon klj. Medula adrenal : epinefrin, glukagon

## • PENGARUH HORMON :

- \* Keadaan kadar glukosa darah ↓ → merangsang sekresi hormon glukagon
- \* Keadaan kadar glukosa darah ↑ → merangsang sekresi hormon insulin
- \* Keadaan darurat → merangsang sekresi hormon adrenal

- **Glukagon** (hati) }
  - **Epinefrin** (otot) }
- Pembentukan cAMP
1. cAMP menghambat Glikogen sintase → menghambat glikogenesis
  2. cAMP memacu fosforilase → memacu glikogenolisis
- **INSULIN** :
    1. Memacu glikogen sintase
    2. Memacu fosfodiesterase yg akan memecah cAMP menjadi 5'AMP →
- efek** : memacu glikogenesis  
menghambat glikogenolisis