



Metabolisme : Enzim & Respirasi

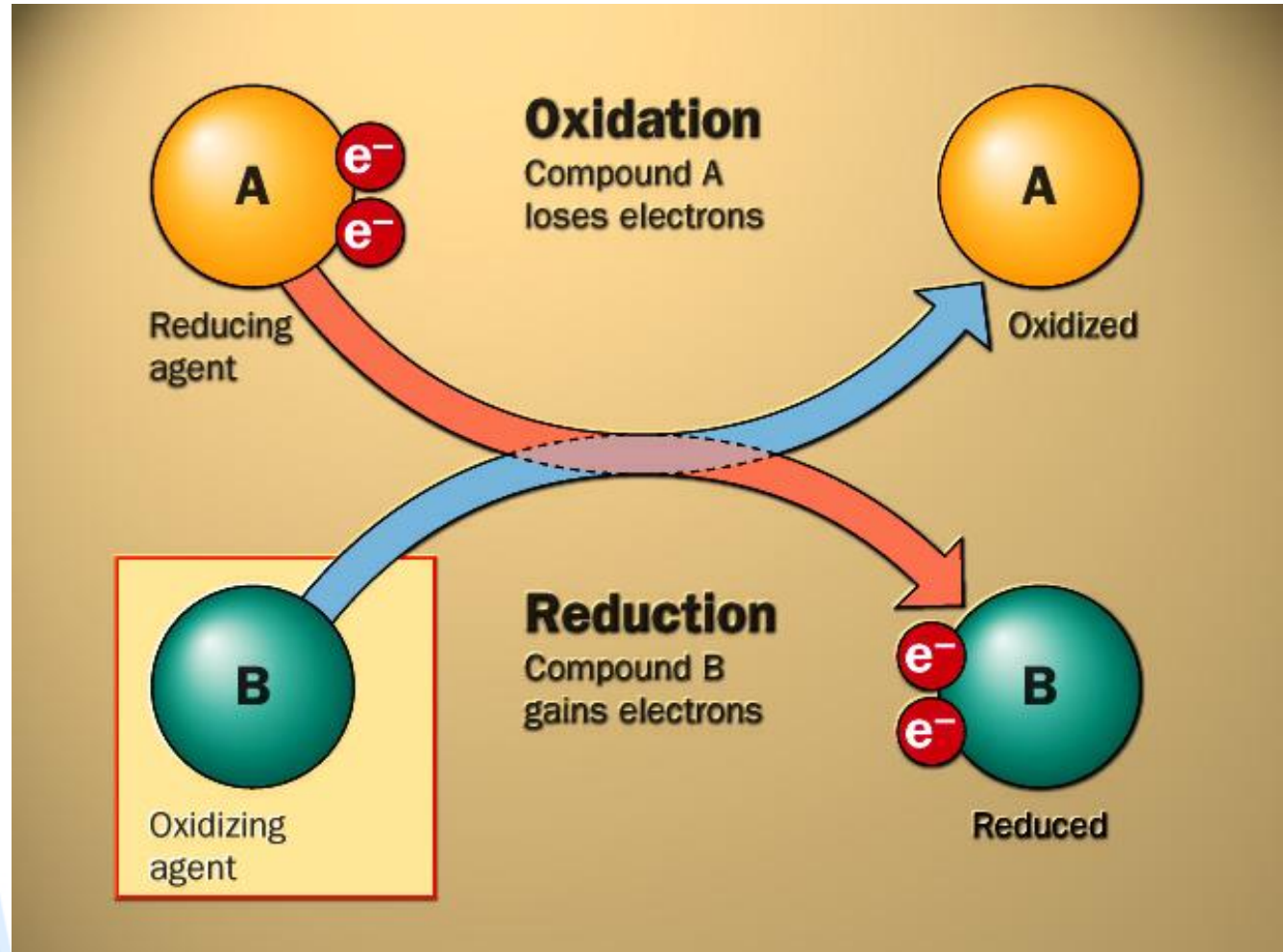


SMA Regina Pacis – Ms. Evy Anggraeny

Pengantar Metabolisme

- Yaitu modifikasi reaksi biokimia dalam sel makhluk hidup
- Aktivitas sel
- Metabolit
- Enzim/fermen
- Macamnya :
 1. **Anabolisme** : proses pembentukan senyawa sederhana  senyawa kompleks, ex :fotosintesis
 2. **Katabolisme** : proses perombakan senyawa kompleks  senyawa sederhana, ex : respirasi

- Oksidasi dan reduksi



Perbedaan Anabolisme & Katabolisme

Anabolisme	Perbedaan	Katabolisme
Penyusunan molekul	Proses	Penguraian molekul
Molekul kecil sederhana	Substrat awal	Molekul kompleks
Molekul besar	Produk akhir	Molekul kecil
Endergonik (membutuhkan energi)	Sifat	Eksergonik (membebaskan energi)
Endoterm	Reaksi	Eksoterm
Fotosintesis	Contoh	Respirasi
Energi cahaya dan kimia	Energi yang digunakan	Energi yang tersimpan dalam ATP atau ADP

- Biokatalisator
- Menurunkan energi aktivasi
- Holoenzim :
 1. Apoenzim : bagian berupa protein, cirinya thermolabil
 2. Gugus prostetik : bagian bukan enzim, cirinya aktif, ex : logam (Fe, Cu, Zn)
- Koenzim : antara apoenzim dan gugus prostetik tidak menyatu. Ex : vitamin/bagian vitamin (B1, B2, B6, Niacin, Biotin)
- Kofaktor : gugus prostetik dari molekul anorganik

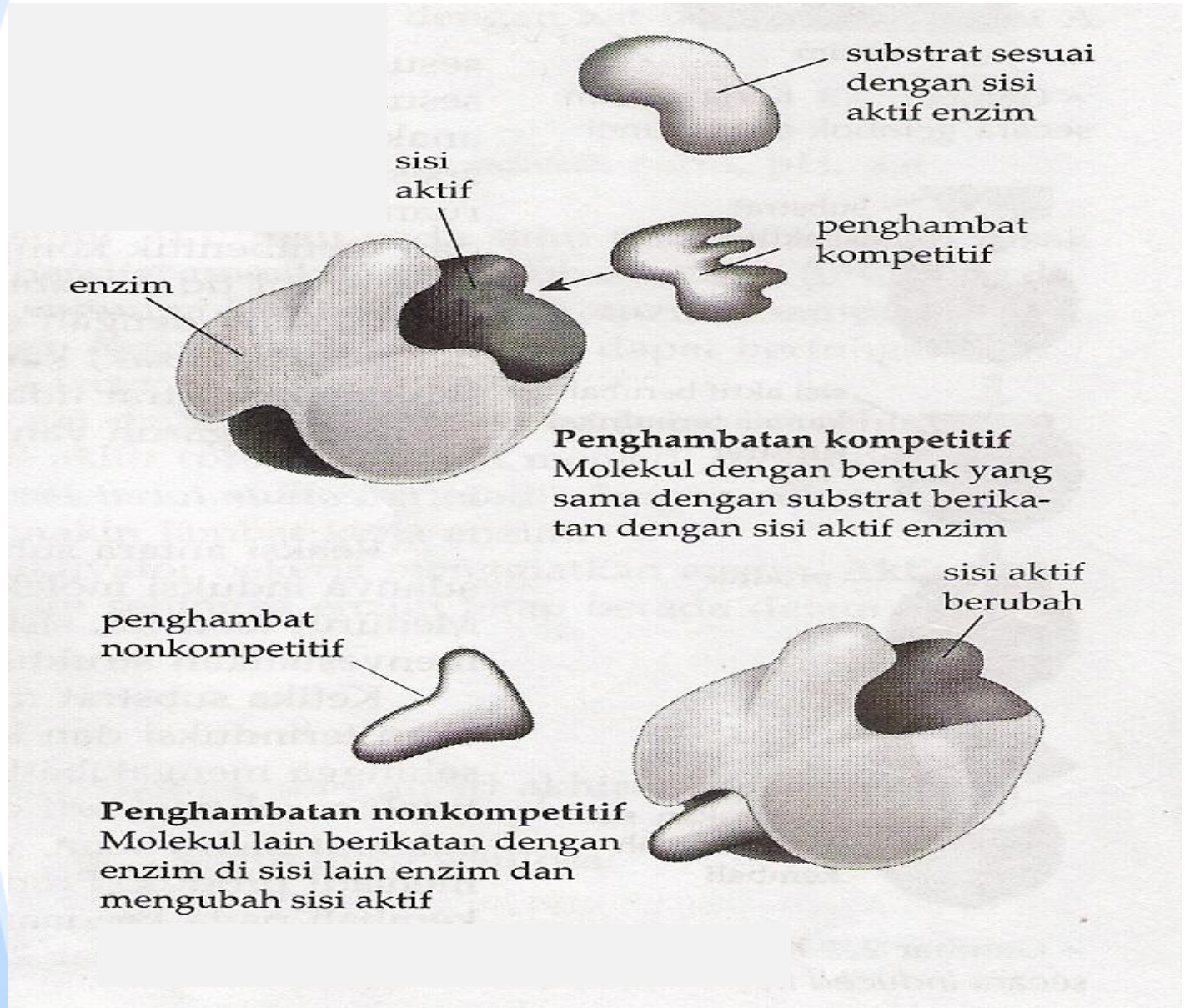
Ciri Enzim

1. Bahan protein (asam amino)
2. Tidak tahan suhu tinggi ($> 50^{\circ}\text{C}$)
3. Biokatalisator
4. Tidak ikut bereaksi
5. Bekerja secara khusus
6. Bekerja secara bolak balik
7. Digunakan berulang-ulang

1. Suhu : optimal pada suhu 30°C
2. pH
3. Aktivator
4. Konsentrasi enzim : berbanding lurus
5. Konsentrasi substrat : berbanding lurus/linear
6. Inhibitor : **reversibel** (tidak berkaitan secara kuat dengan enzim) dan **irreversibel** (berkaitan dengan sisi aktif enzim secara kuat sehingga tidak dapat terlepas)

1. **Inhibitor kompetitif** : dengan cara menempati sisi aktif enzim sehingga enzim tidak dapat masuk
2. **Inhibitor non kompetitif** : senyawa kimia yang tidak mirip dengan substrat yang berkaitan dengan sisi selain sisi aktif enzim sehingga mengakibatkan perubahan bentuk enzim serta tidak sesuai lagi dengan substratnya lagi

Macam Inhibitor Reversibel



Sistem Penamaan Enzim

- Sesuai dengan substratnya
- Diberi akhiran **ase**
- Ex : amilase, lipase, karbohidrase, dll
- Ada dua tata cara penamaan :
 1. Sistematis : berdasarkan pada reaksi yang terjadi, ex : glukosa 6-fosfatase
 2. Trivial : berdasarkan pada nama singkat, ex : selulase

Cara Kerja Enzim

1. Teori gembok dan kunci
 - Setiap enzim mempunyai bentuk ruang yang hanya sesuai dengan satu substrat
 - Produk akhir berupa senyawa baru

2. Teori induced fit
 - Setiap reaksi enzim dipengaruhi oleh reduksi yang menyebabkan sisi aktif yang semula tidak sesuai menjadi sesuai
 - Produk akhir dilepaskan
 - Sisi aktif kembali seperti semula

Substrat + Enzim → Kompleks enzim-substrat → Enzim + Produk

- Menurut teori gembok dan kunci



- Menurut teori induced fit

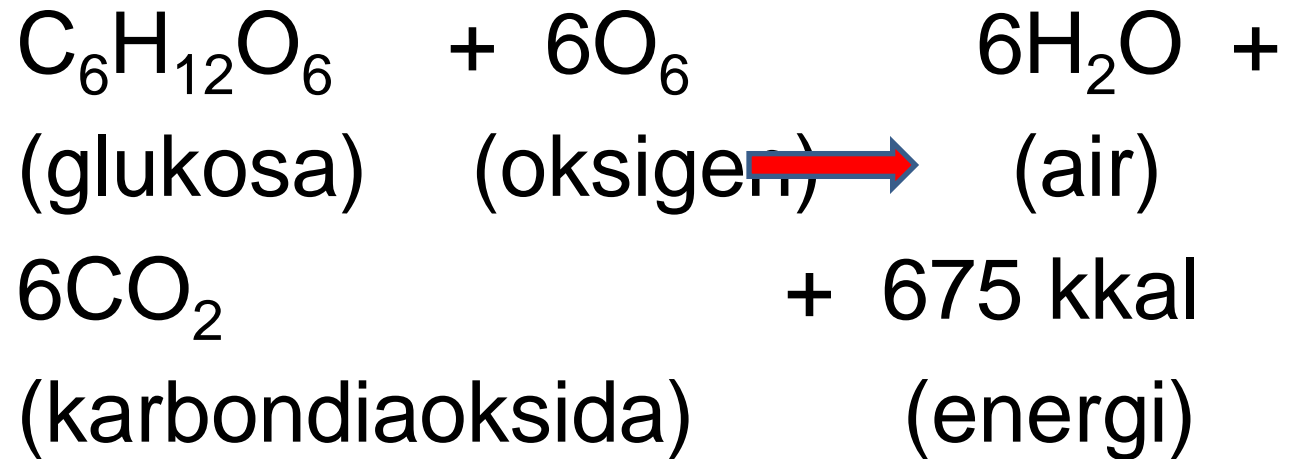


Katabolisme Karbohidrat

- Reaksi respirasi
- Bahan dasar glukosa
- Produk carbon, H₂O dan energi (ATP)
- Macamnya :
 1. Respirasi aerob
 2. Respirasi anaerob

Respirasi Areob

- Menggunakan oksigen bebas
- Menghasilkan energi
- Macamnya : glikolisis, siklus krebs dan transpor elektron
- Reaksi prosesnya :



Glikolisis

- Dalam sitosol/sitoplasma
- Penguraian satu molekul glukosa
- Hasil akhir :
 1. Dua NADH
 2. Dua molekul asam piruvat
 3. Dua ATP
- Ada 10 tahap (fase persiapan tahap 1 – 5 dan fase oksidasi tahap 6 – 10)
- Asam piruvat mengalami dekarboksilasi oksidatif menjadi Asetil CoA

Sifat Glikolisis

- Pengubahan molekul gula dengan 6 atom C menjadi asam piruvat dengan 3 atom C
- Disebut lintasan EMP (**Embden-Meyerhof pathway**)
- Berlangsung aerob maupun anaerob
- Melibatkan enzim
- ADP dan ATP berperan dalam pemindahan fosfat
- Berlangsung 10 proses, dibagi 2 fase yaitu fase investasi energi (1 – 5) dan fase pembelanjaan energi (6 – 10)

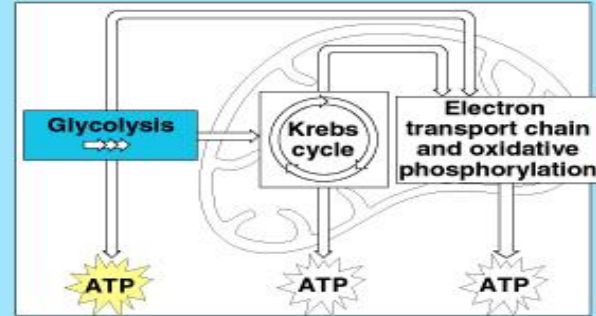
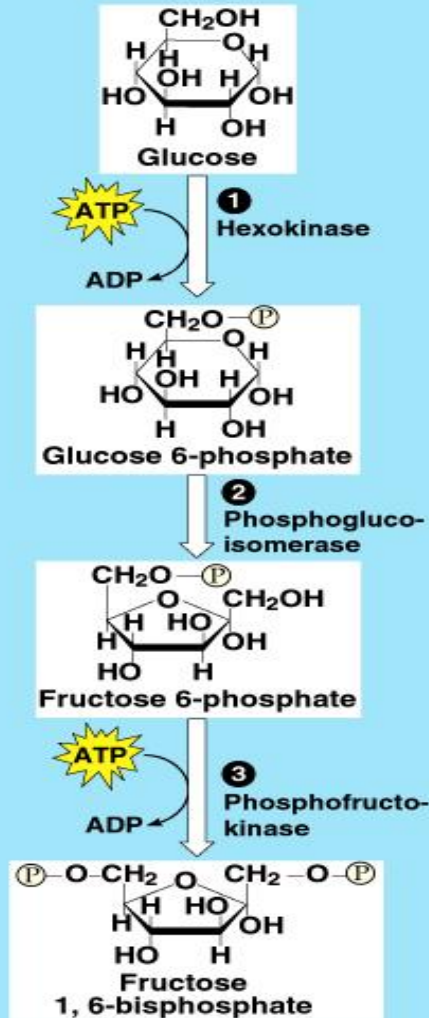
Proses Sederhana Glikolisis

1. Pemindahan gugus fosfat dari ATP ke atom nomor 6 dari glukosa menjadi senyawa glukosa 6 fosfat. Memperoleh energi bebas dari ATP (dengan lepasnya gugus fosfat)
2. Glukosa 6 fosfat di katalisis oleh enzim menjadi fruktosa 6 fosfat. ATP akan memindahkan gugus P (fosfat) untuk kedua kalinya kepada atom C nomor 1 dan dihasilkan senyawa fruktosa 1.6 bifosfat. Sehingga menambah kandungan energi.

Proses Sederhana Glikolisis

3. Pemecahan enzimatik dari fruktosa 1.6 bifosfat menjadi 2 senyawa beratom 3 buah, yaitu dihidroksiasetonfosfat dan 3-fosfogliseraldehide (PGAL)

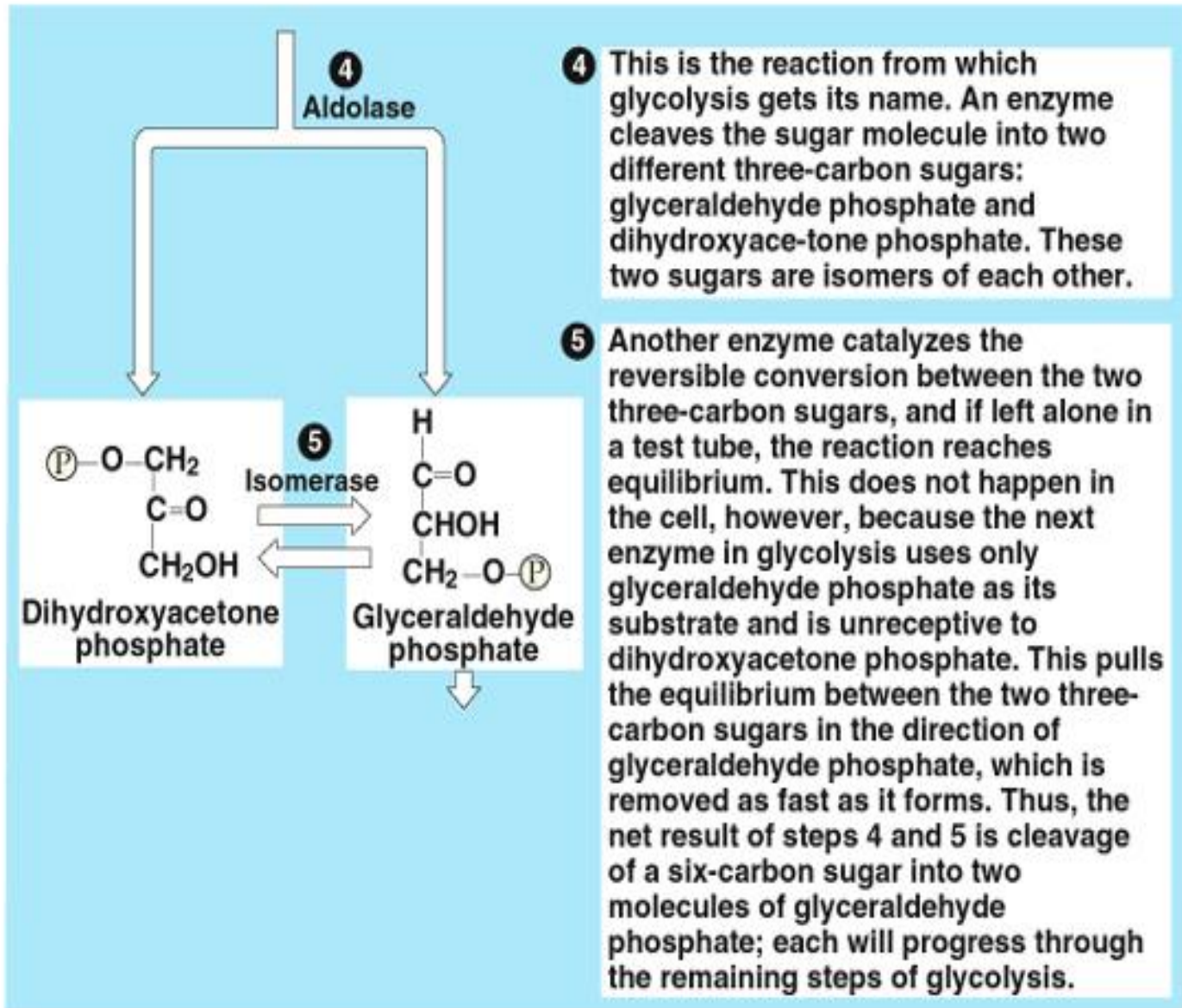
Tahap Glikolisis



ENERGY-INVESTMENT PHASE

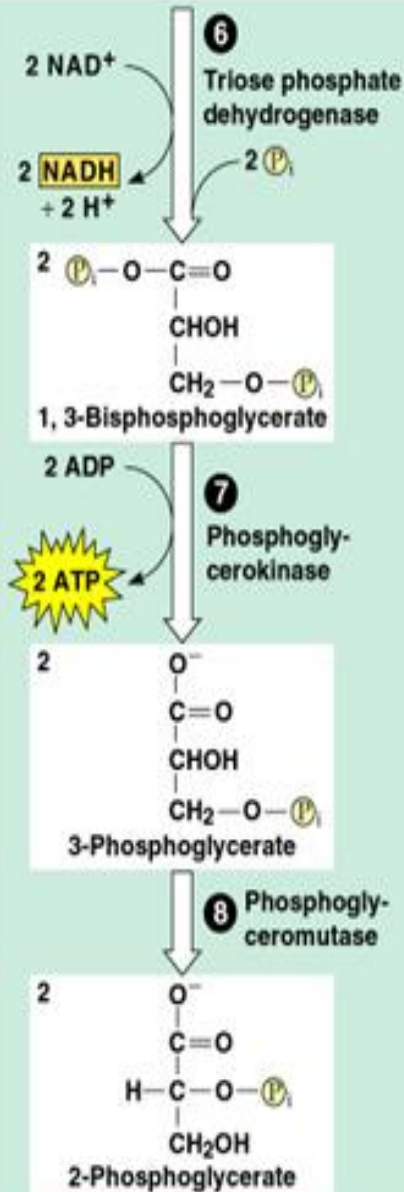
- 1** Glucose enters the cell and is phosphorylated by the enzyme hexokinase, which transfers a phosphate group from ATP to the sugar. The electrical charge of the phosphate group traps the sugar in the cell because of the impermeability of the plasma membrane to ions. Phosphorylation of glucose also makes the molecule more chemically reactive. In this diagram, the transfer of a phosphate group or pair of electrons from one reactant to another is indicated by coupled arrows: ↗ ↘
- 2** Glucose 6-phosphate is rearranged to convert it to its isomer, fructose 6-phosphate.
- 3** In this step, still another molecule of ATP is invested in glycolysis. An enzyme transfers a phosphate group from ATP to the sugar. So far, the ATP ledger shows a debit of 2. With phosphate groups on its opposite ends, the sugar is now ready to be split in half.

Tahap Glikolisis



©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

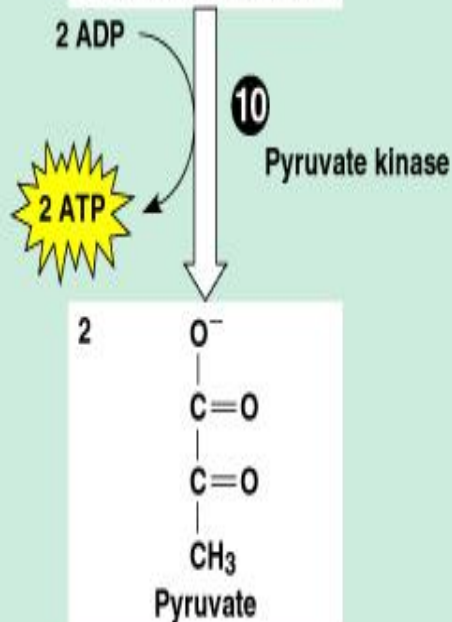
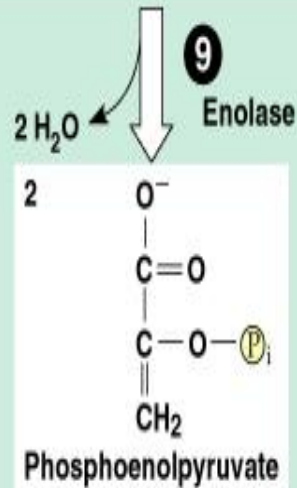
Tahap Glikolisis



ENERGY-PAYOFF PHASE

- 6** An enzyme now catalyzes two sequential reactions while it holds glyceraldehyde phosphate in its active site. First, the sugar is oxidized by the transfer of electrons and H^+ to NAD^+ , forming NADH . Here we see in metabolic context the type of redox reaction described earlier. This reaction is very exergonic, and the enzyme uses the energy released to attach a phosphate group to the oxidized substrate, making a product of very high potential energy. The source of the phosphate is inorganic phosphate, which is always present in the cytosol. Notice that the coefficient 2 precedes all molecules in the energy-payoff phase; these steps occur after glucose is split into two three-carbon sugars.
- 7** Finally, glycolysis produces some ATP. The phosphate group added in the previous step is transferred to ADP in an exergonic reaction. For each glucose molecule that began glycolysis, step 7 produces two molecules of ATP , since every product after the sugar-splitting step (step 4) is doubled. Of course, two ATP s were invested to get sugar ready for splitting. The ATP ledger now stands at zero. By the end of step 7, glucose has been converted to two molecules of 3-phosphoglycerate. This compound is not a sugar. The carbonyl group that characterizes a sugar has been oxidized to a carboxyl group, the hallmark of an organic acid. The sugar was oxidized in step 6, and now the energy made available by that oxidation has been used to make ATP .
- 8** Next, an enzyme relocates the remaining phosphate group. This prepares the substrate for the next reaction.

Tahap Glikolisis



9 An enzyme forms a double bond in the substrate by extracting a water molecule to form phosphoenolpyruvate, or PEP. This results in the electrons of the substrate being rearranged in such a way that the remaining phosphate bond becomes very unstable, preparing the substrate for the next reaction.

10 The last reaction of glycolysis produces more ATP by transferring the phosphate group from PEP to ADP. Since this step occurs twice for each glucose molecule, the ATP ledger now shows a net gain of two ATPs. Steps 7 and 10 each produce two ATPs for a total credit of four, but a debt of two ATPs was incurred from steps 1 and 3. Glycolysis has repaid the ATP investment with 100% interest. Additional energy was stored by step 6 in NADH, which can be used to make ATP by oxidative phosphorylation if oxygen is present. In the meantime, glucose has been broken down and oxidized to two molecules of pyruvate, the end-product of the glycolytic pathway.

©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

Siklus Krebs

- Disebut juga siklus asam sitrat
- Dalam mitokondria
- Terdiri dari 8 tahap
- Hasil akhir :
 1. 6 NADH
 2. 2 FADH₂
 3. 2 ATP
 4. 8 elektron dilepaskan
- Menggunakan Asetil Ko-A
- Menggunakan enzim khusus

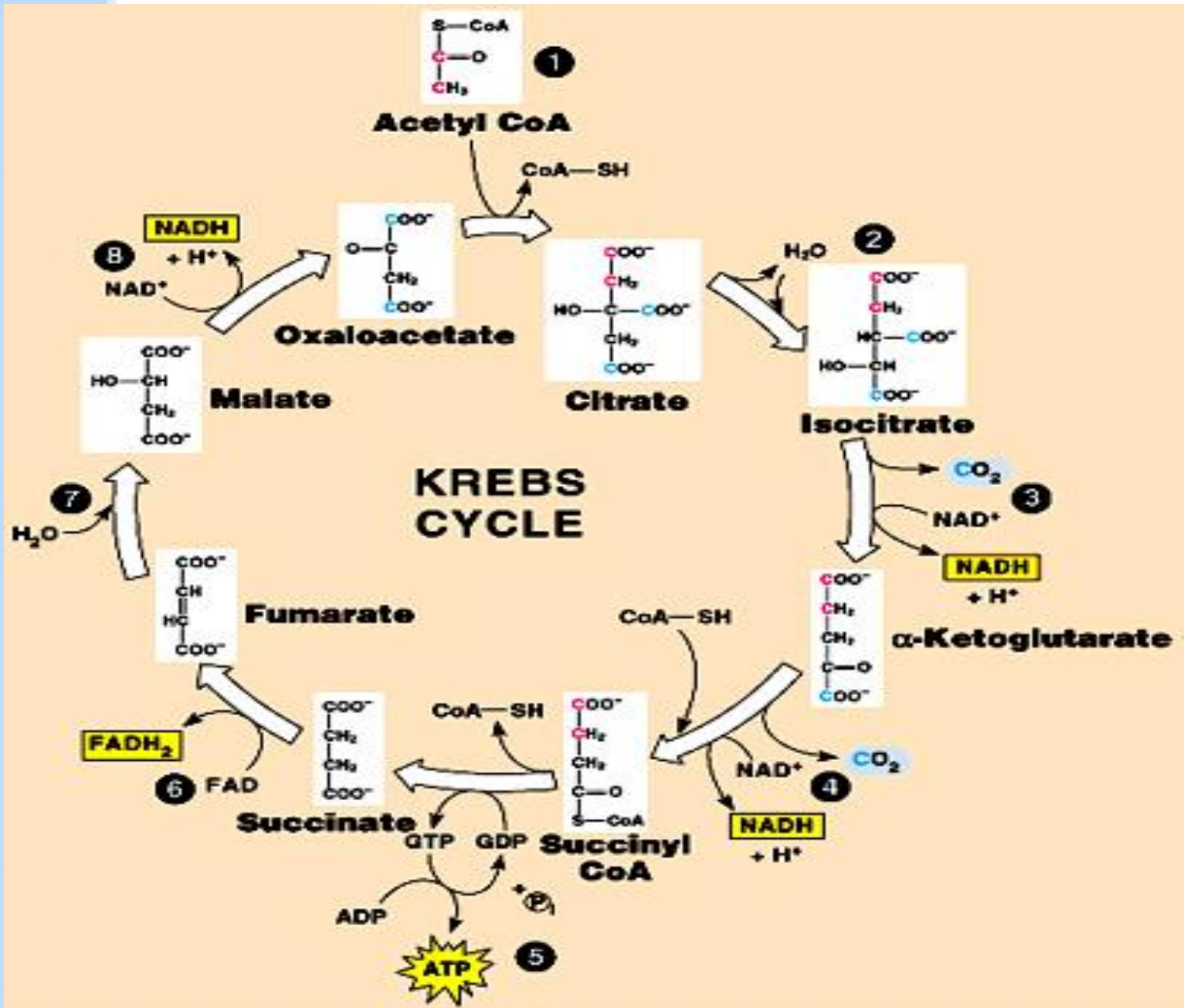
Proses Siklus Krebs

1. Asam piruvat (3C) masuk ke siklus krebs, bereaksi dengan NAD^+ (Nikotinamida adenine dinukleotida) dan Ko-A, membentuk asetil Ko-A (2C). CO_2 dan NADH dibebaskan.
2. Reaksi antara asetil Ko-A (2C) dengan asam oksaloasetat (4C) terbentuk asam sitrat (6C), Ko-A dibebaskan kembali.
3. Asam sitrat (6C) dengan NAD^+ membentuk asam alfa ketoglutarat (5C) dengan membebaskan CO_2 .

Proses Siklus Krebs

4. Pembentukan asam suksinat (4C) setelah bereaksi dengan NAD^+ dengan membebaskan NADH , CO_2 dan menghasilkan ATP setelah bereaksi dengan ADP dan asam fosfat anorganik.
5. Asam suksinat yang terbentuk, bereaksi dengan FAD (Flarine Adenine Dinucleotida) membentuk asam malat (4C) dan membebaskan FADH_2 .
6. Asam malat (4C) kemudian bereaksi dengan NAD dan membentuk asam oksaloasetat (4C) dengan membebaskan NADH .

Tahap Siklus Krebs



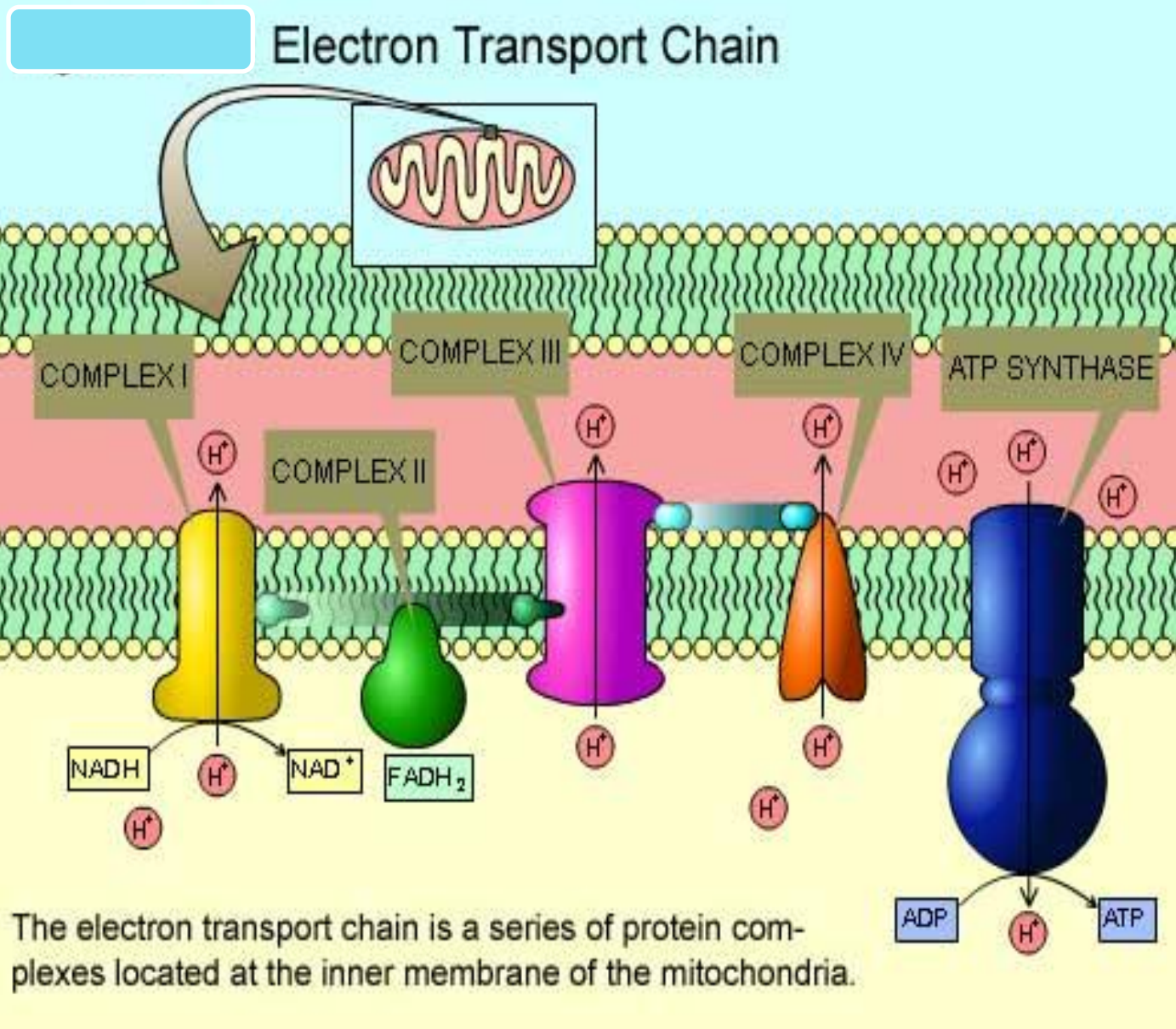
Transpor Elektron

- Terjadi di bagian krista, membran dalam mitokondria
- Molekul yang berperan NADH, FAD, O_2 , sebyawa Q (ubiquinone), enzim sitokrom
- Hidrogen dari siklus krebs diubah menjadi proton dan elektron
- O_2 berperan sebagai aseptor (penerima) elektron yang terakhir
- Setelah menerima elektron O_2 akan menerima (H^+) menjadi H_2O
- ATP yang dihasilkan 32 ATP

Proses Transpor Elektron

1. Elektron berenergi dari NADH ditransfer ke FADH, kemudian ke Koenzim Q, lalu ke sitokrom a, b, a
2. Elektron dari sitokrom a disampaikan ke O_2 . O_2 menangkap elektron dari sitokrom a, berikatan dengan H dari lingkungan.
3. Ikatan H membentuk H_2O , CO_2 , sebagai hasil samping respirasi, diangkut menuju alat respirasi untuk dikeluarkan.

Transpor Elektron



Respirasi Anaerob

- Disebut juga proses fermentasi
- Terjadi saat O_2 sangat rendah
- Macamnya :
 1. Fermentasi asam laktat
 2. Fermentasi alkohol
 3. Fermentasi asam cuka (masih ada O_2)
- Kerugian fermentasi :
 1. Senyawa alkohol (merusak sel)
 2. Dari jumlah mol zat yang sama, dihasilkan energi lebih rendah

Fermentasi Asam Laktat

- Dapat menurunkan pH
- Gangguan fungsi sel
- Menyebabkan kelelahan
- Proses :
 1. Glukosa diubah menjadi asam piruvat melalui glikolisis.
 2. Asam piruvat bereaksi dengan NADH_2 dalam keadaan anaerob dan dengan mengalami dehidrogenasi asam susu menjadi asam laktat + NAD + Energi

Fermentasi Alkohol

- Contohnya *Saccharomyces cereviceae*, organisme aerob fakultatif
- Prosesnya :
 1. Dalam anaerob Asam piruvat dalam proses glikolisis diubah menjadi asam asetat/etil alkohol ($2C_2H_5OH$) + $2CO_2$ + 2 ATP
 2. Asam asetat diubah menjadi alkohol
 3. Terjadi perubahan NADH menjadi NAD^+

Fermentasi Asam Cuka

- Berlangsung dalam aerob
- Bakteri asam cuka
- Substrat etanol
- Energi yang dihasilkan lebih besar dari fermentasi alkohol
- Prosesnya :
 1. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ (etanol) adakn dioksidasi dengan bakteri asam cuka
 2. Menghasilkan CH_3COOH (asam cuka) + H_2O + 116 Kal

See you the next sub chapter



♥© *ea/metabolisme : enzim-respirasi-ppt/bio xii_ipa/august/2014*

