

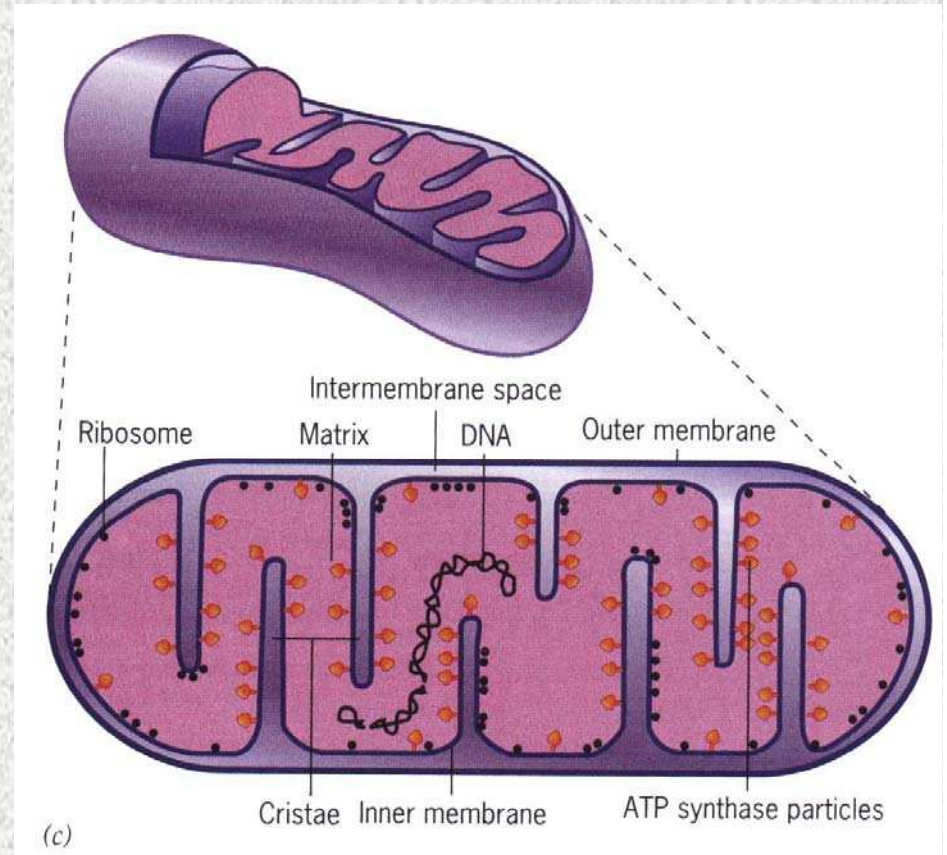
A black and white electron micrograph showing a large, elongated mitochondrion with a highly folded inner membrane (cristae) and a granular matrix. The organelle is surrounded by a cytoplasmic environment with various other cellular structures visible in the background.

STRUKTUR DAN FUNGSI MITOKONDRIA

Don Fawcett-Keith Porter/Photo Researchers, Inc.

Mitokondria

Mitokondria merupakan organel yang tersebar dalam sitosol organisme eukariot.

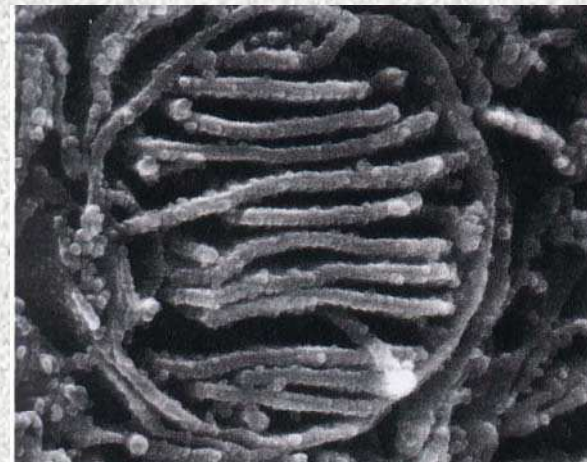
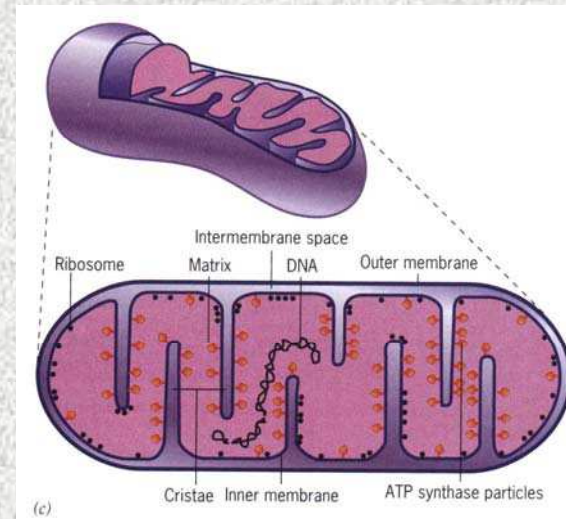


STRUKTUR MITOKONDRIA

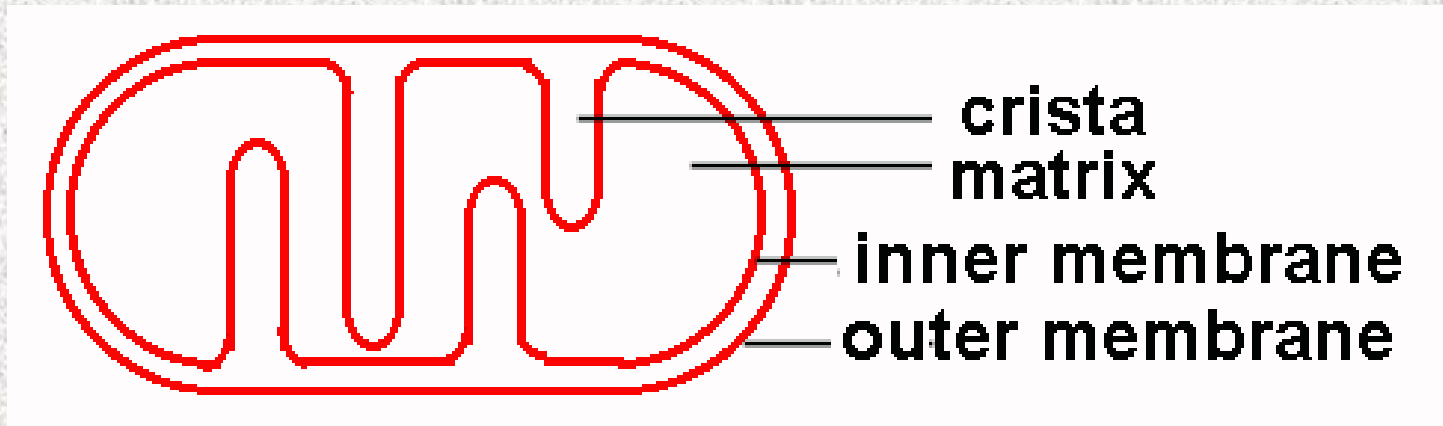
- Ukuran :
 - diameter 0.2 – 1.0 μm
 - panjang 1- 4 μm
- Σ mitokondria dalam \rightarrow bervariasi sesuai dengan fungsi dari sel tersebut
Contoh:
 - Sel hati \rightarrow mitokondria 15 – 20% volume sel
- Pada sel tumbuhan \rightarrow mitokondria sumber ATP untuk sel yang tidak fotosintesis

STRUKTUR MITOKONDRIA

- Memiliki membran 'lipid bilayer' ganda →
 - membran luar
 - sistem membran dalam yang kompleks → invaginasi → krista
 - Diantara kedua membran terdapat ruang antar/inter membran
- Matriks → berisi protein terlarut, berbentuk seperti gel
- **Matriks mitokondria**
 - Mengandung ribosom, enzim, DNA sirkular
 - Mengandung enzim untuk pengubahan piruvat → asetil CoA



Membran mitokondria



1. Membran luar

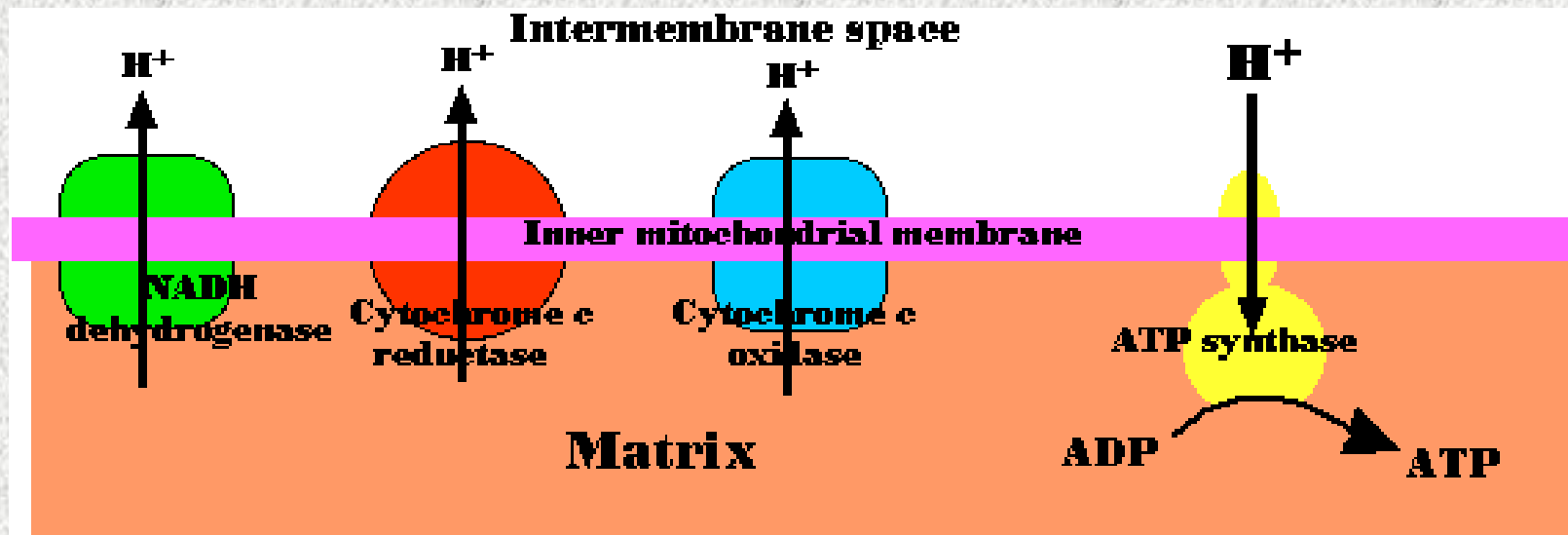
- mengelilingi struktur mitokondria secara keseluruhan
- memiliki protein integral pada membran, yang membentuk saluran untuk memfasilitasi berbagai macam molekul keluar masuk mitokondria

2. Membran dalam,

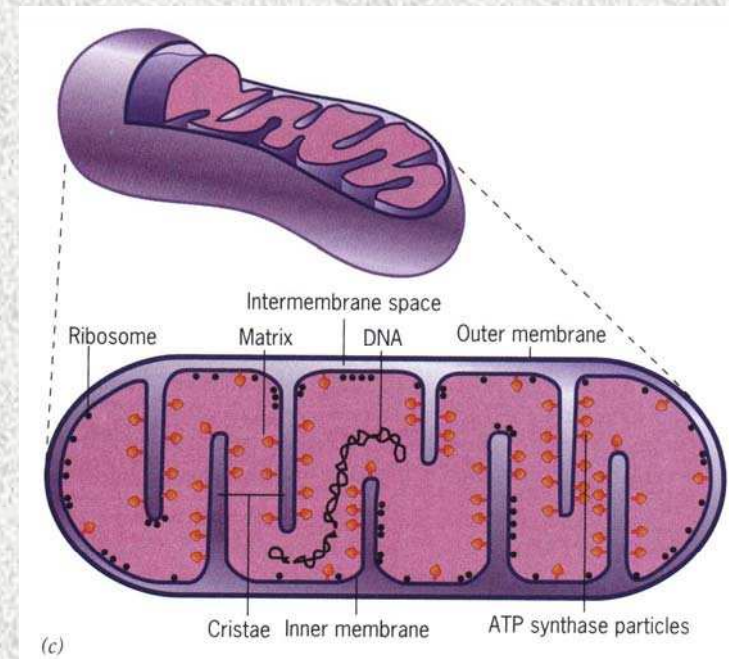
- mengelilingi matriks yang berisi cairan
- membentuk suatu lekukan ke dalam matriks → krista.
- Mengandung 5 kelompok protein integral membran

5 kelompok protein integral membran pada membran dalam mitokondria:

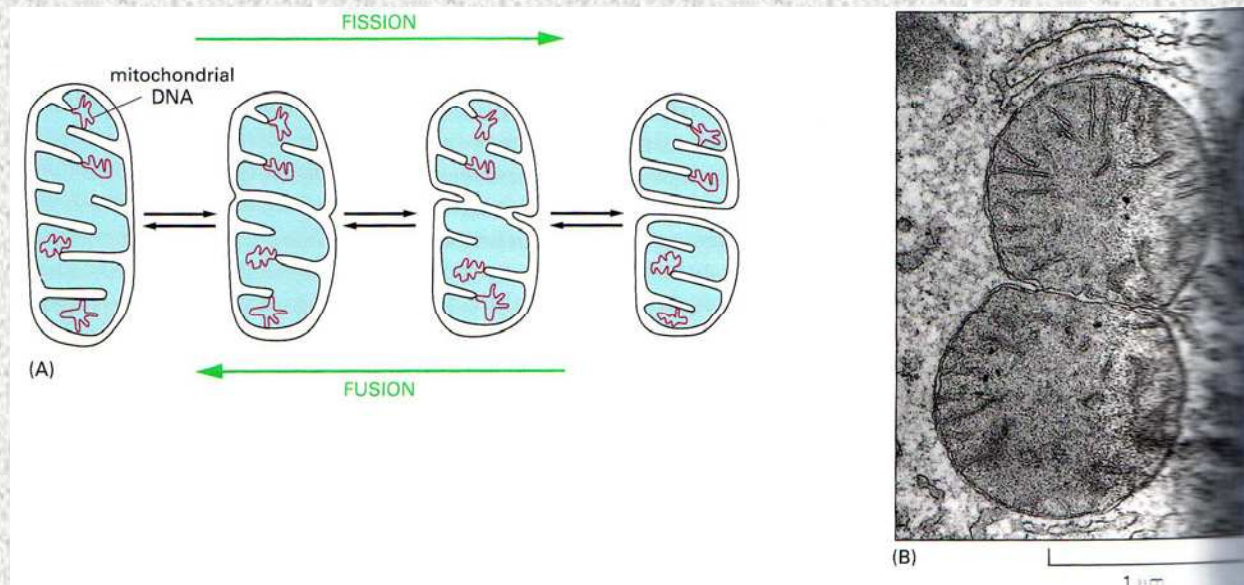
- *NADH dehidrogenase,*
- *suksinat dehidrogenase,*
- *sitokrom c reduktase (juga dikenal sebagai kompleks sitokrom b-c₁),*
- *sitokrom c oksidase,*
- *ATP sintase*



- Memiliki DNA sirkular yang mengkode enzim dan beberapa protein yang diperlukan mitokondria untuk menunjang aktivitas pada mitokondria
→ beberapa protein yang diperlukan mitokondria dikode oleh inti

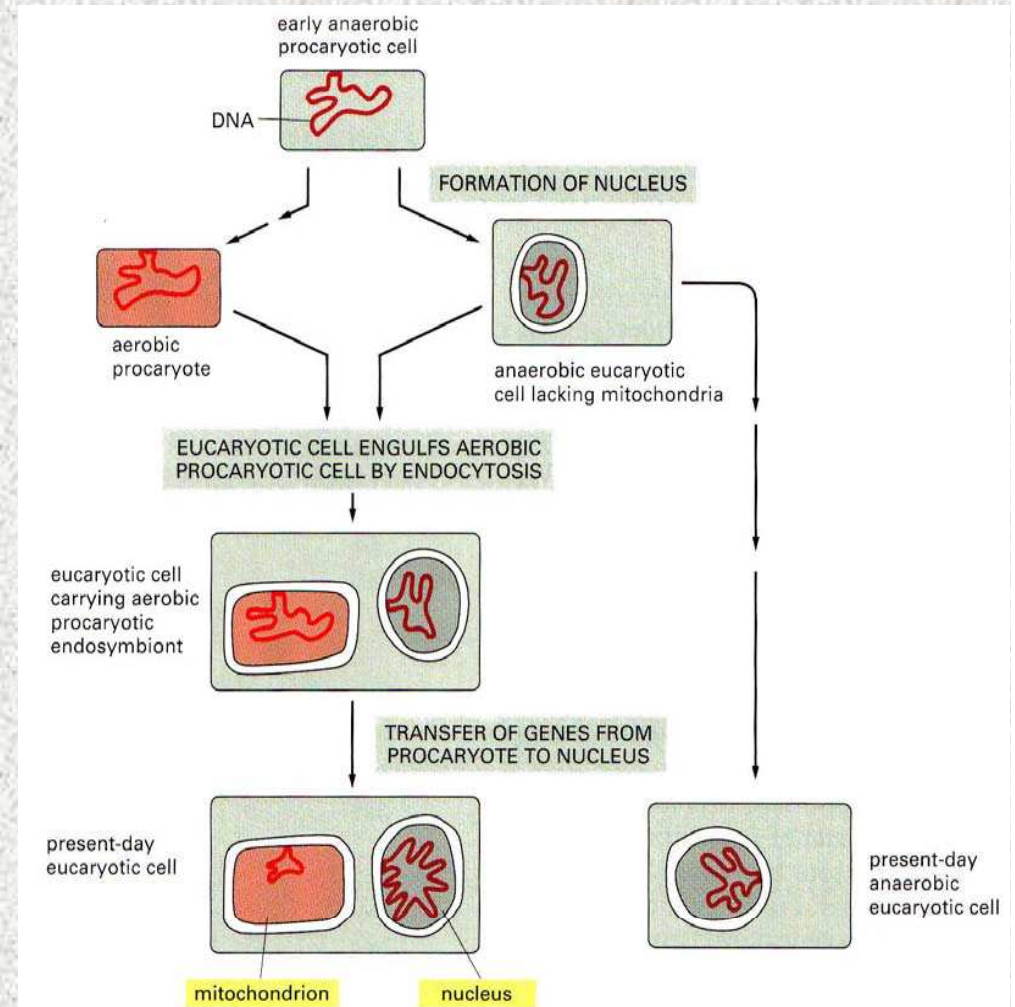
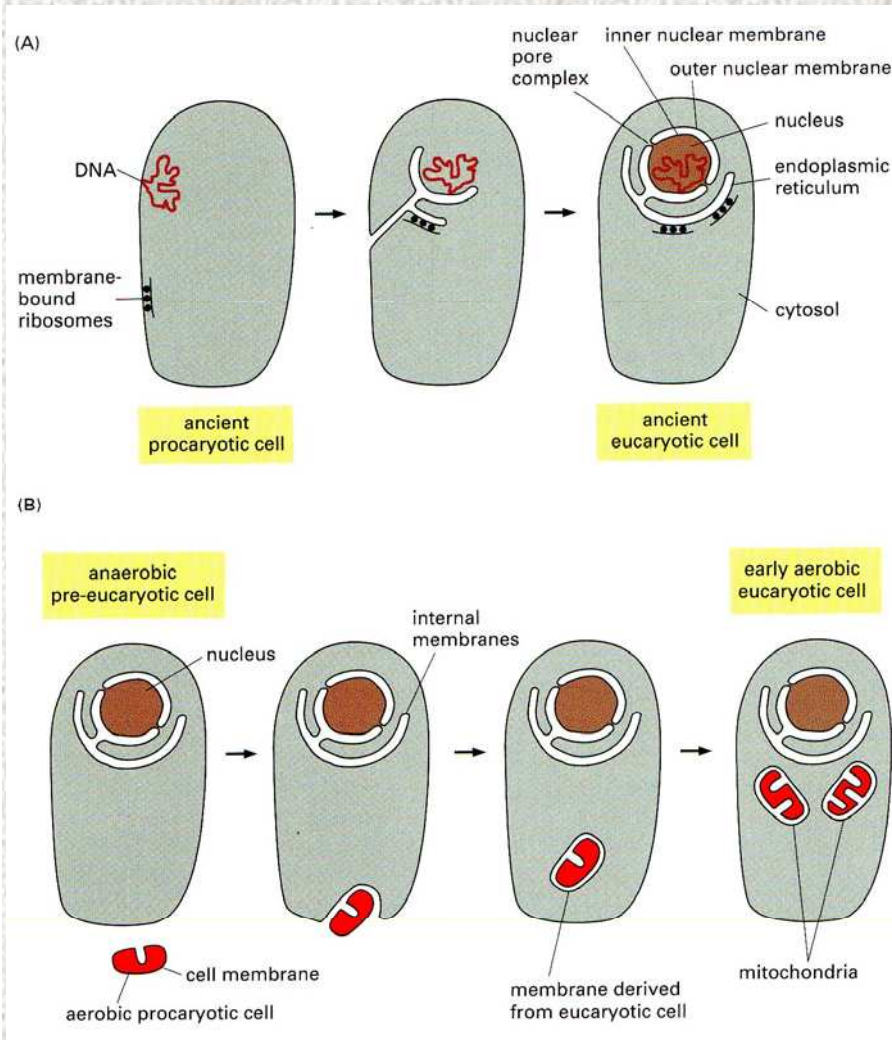


- **Mitokondria → dinamis :**
 - **Berpindah tempat dalam sitosol**
 - **Struktur dapat berubah**
 - **Fusi dan fisi**



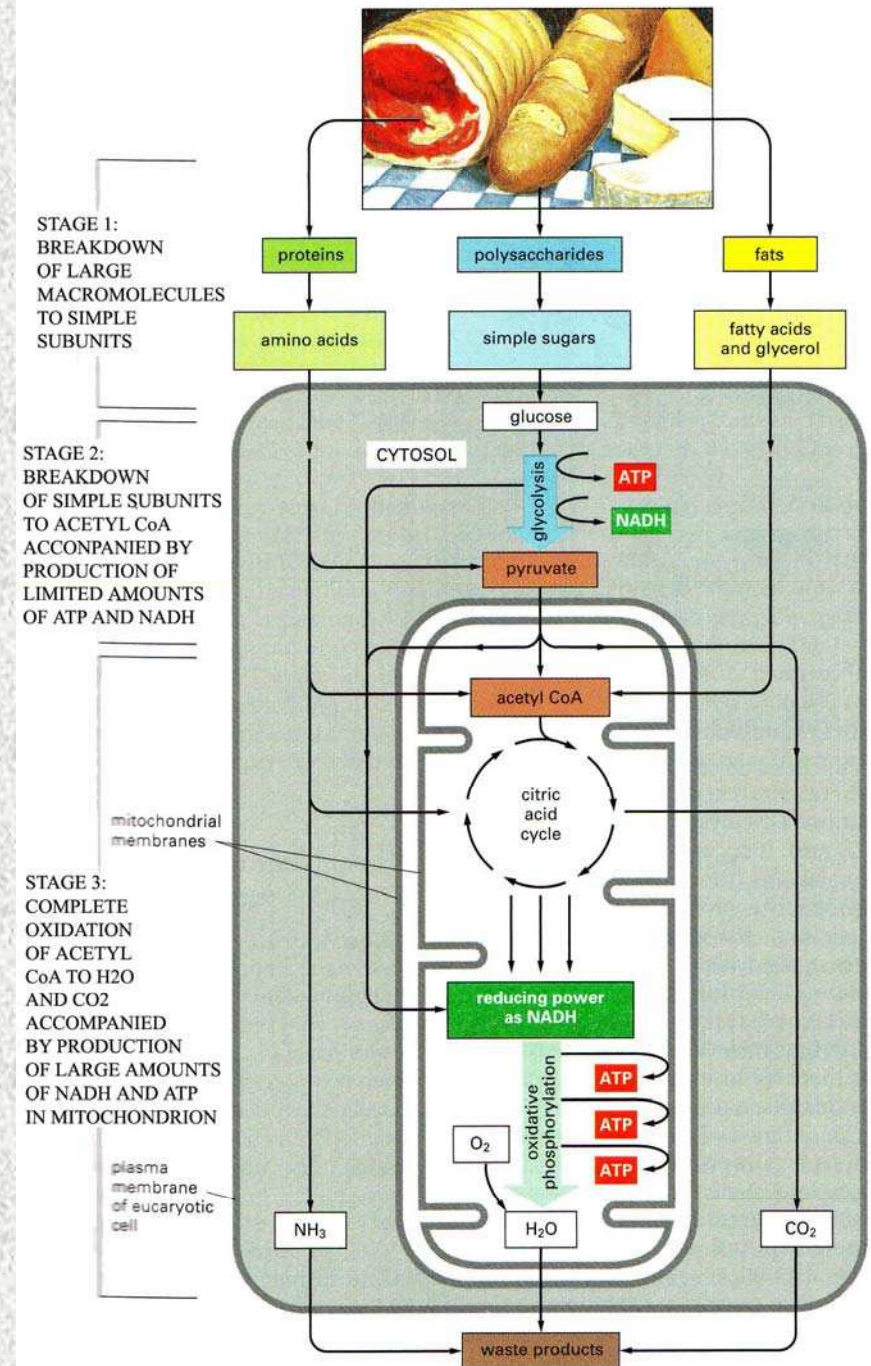
- **Berperan dalam respirasi sel, menghasilkan ATP → energi untuk metabolisme**

Mitokondria diperkirakan berasal dari organisme eukariot yang bersimbiosis dengan sel eukariot



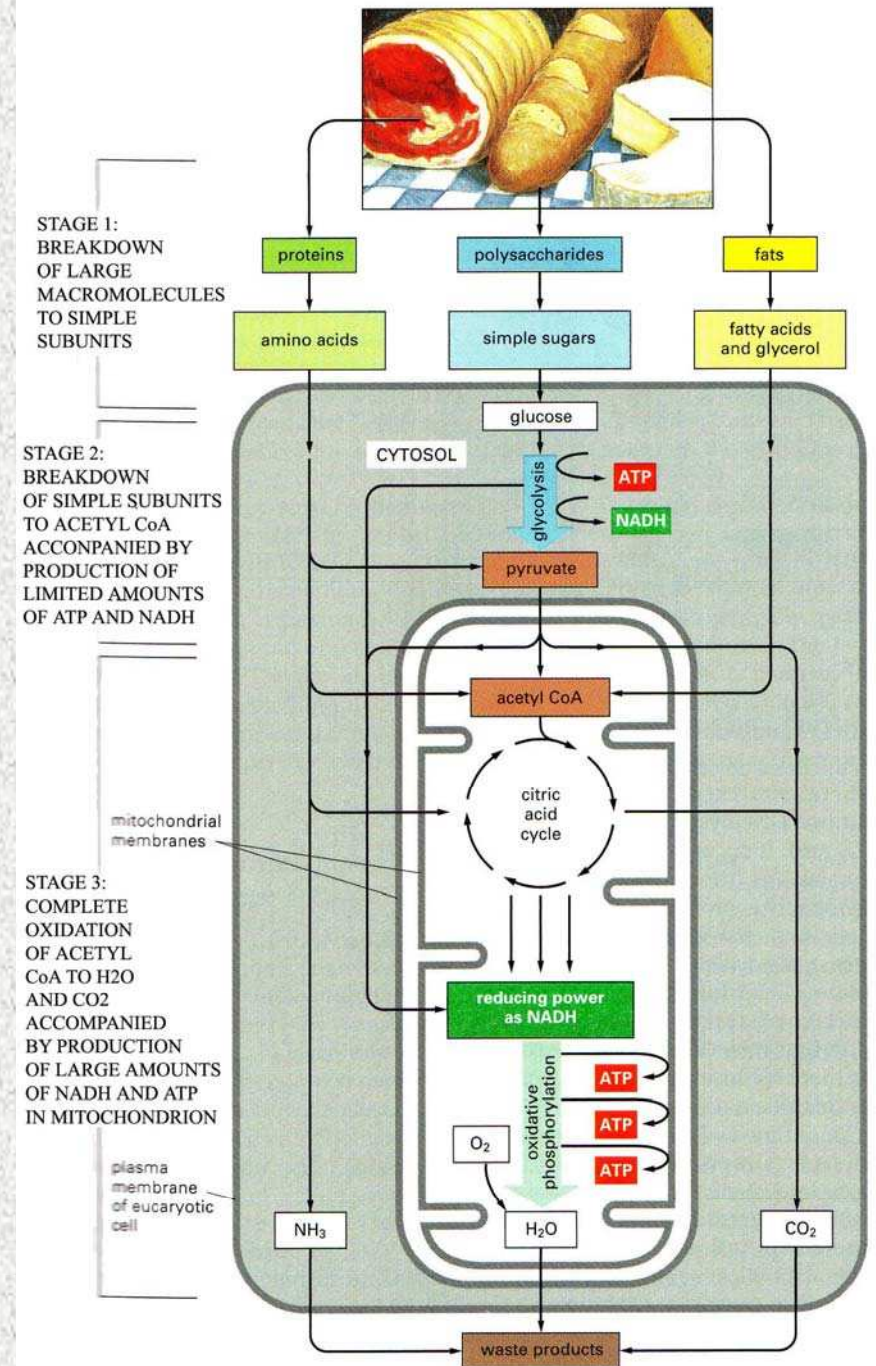
Fungsi Mitokondria

- ❖ perubahan energi potensial dalam bentuk makanan menjadi ATP
- ❖ Tempat terjadinya metabolisme oksidatif → respirasi seluler



Pemecahan molekul makanan

- 3 langkah pemecahan molekul makanan :
 - a) Stadium 1 :
 - makromolekul → subunit sederhana oleh enzim-enzim pencernaan :
 - Protein → asam amino
 - Polisakarida → gula
 - Lemak → asam lemak & gliserol
 - b) Stadium 2:
 - subunit sederhana → asetil CoA
 - Subunit sederhana → piruvat → sitoplasma sel
 - Piruvat → asetil CoA → mitokondria
 - → hasilkan sejumlah kecil ATP dan NADH
 - c) Stadium 3 :
 - Oksidasi asetil CoA menjadi H₂O dan CO₂ → mitokondria
 - Menghasilkan sejumlah besar ATP → fosforilasi oksidatif

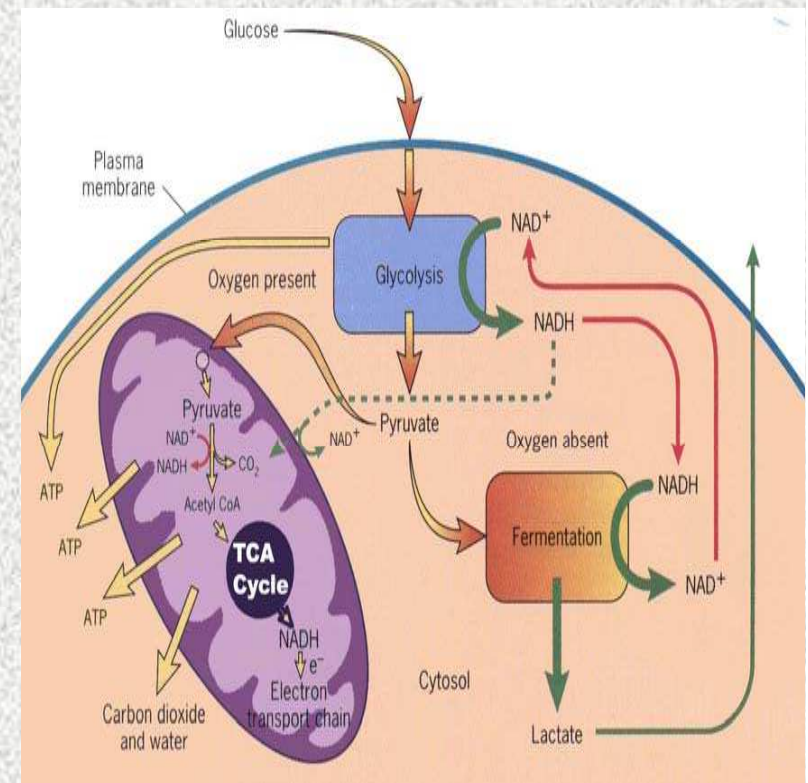


RESPIRASI SELULER

Respirasi seluler merupakan proses oksidasi molekul makanan, mis. glukosa, menjadi CO_2 dan H_2O → E dalam bentuk ATP → menunjang aktivitas sel yang memerlukan energi

Respirasi berlangsung dalam dua tahap :

- glikolisis, pemecahan glukosa → asam piruvat → berlangsung di dalam sitosol
- oksidasi asam piruvat → $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ → berlangsung di dalam mitokondria → siklus Krebs



Persamaan umum respirasi

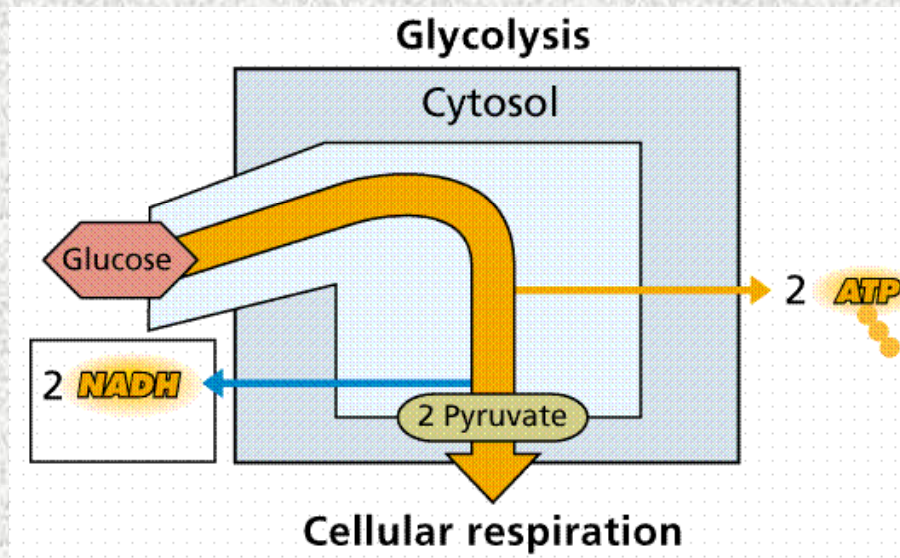
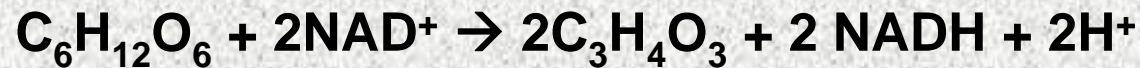


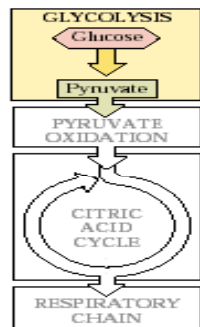
Glikolisis

Glikolisis merupakan proses katabolisme glukosa terjadi pada setiap jenis sel

- Berlangsung di dalam sitosol
- Degradasi 1 molekul gula menjadi 2 molekul piruvat
 - melalui suatu urutan reaksi & menggunakan enzim-enzim

Persamaan reaksi :



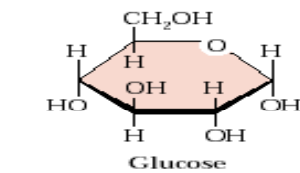


ENERGY-INVESTING REACTIONS

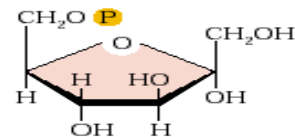
ENERGY-HARVESTING REACTIONS

7.6 Glycolysis Converts Glucose to Pyruvate Ten enzymes, starting with hexokinase, catalyze ten reactions in turn. Along the way, ATP is produced (reactions 7 and 10), and two NAD⁺ are reduced to two NADH + H⁺ (reaction 6).

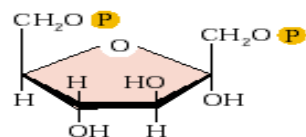
1 ATP transfers a phosphate to the 6-carbon sugar glucose.



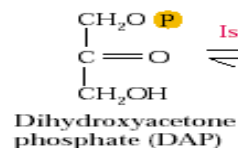
Phosphohexose isomerase



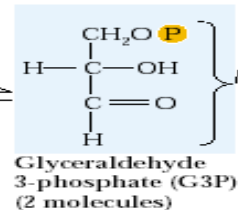
Phosphofructokinase



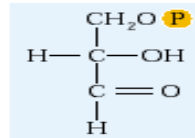
Fructose-1,6-bisphosphate (FBP)



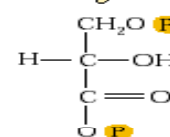
Isomerase



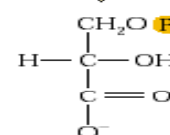
Glyceraldehyde 3-phosphate (G3P) (2 molecules)



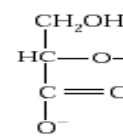
Triose phosphate dehydrogenase



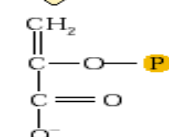
Phosphoglycerate kinase



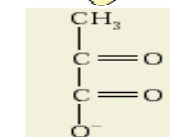
Phosphoglyceromutase



Enolase



Pyruvate kinase



6 The two molecules of G3P gain phosphate groups and are oxidized, forming two molecules of NADH + H⁺ and two molecules of 1,3-bisphosphoglycerate (BPG).

7 The two molecules of BPG transfer phosphate groups to ADP, forming two ATPs and two molecules of 3-phosphoglycerate (3PG).

8 The phosphate groups on the two 3PGs move, forming two 2-phosphoglycerates (2PG).

9 The two molecules of 2PG lose water, becoming two high-energy phosphoenolpyruvates (PEP).

10 Finally, the two PEPs transfer their phosphates to ADP, forming two ATPs and two molecules of pyruvate.

From every glucose molecule, glycolysis nets two molecules of ATP and two molecules of the electron carrier NADH. Two molecules of pyruvate are produced.

Pada glikolisis terdapat 9 reaksi, masing-masing dibantu oleh enzim yang spesifik.

- ➔ Pada tahap 1 dan 3 ATP diubah menjadi ADP dan terjadi proses fosforilasi
- ➔ Pada tahap 5 NAD diubah menjadi $\text{NADH} + \text{H}^+$
- ➔ Pada tahap 6 dan 9 ADP diubah menjadi meolekul berenergi tinggi ➔ ATP
- ➔ Pada tahap 4, gula 6 – C dipecah menjadi 2 senyawa 3 – C, yaitu :
 - Fosfogliseraldehid (PGAL)
 - Dihidroksiaseton ➔ dapat diubah menjadi PGAL dengan bantuan enzim isomerase

Akhir dari proses glikolisis

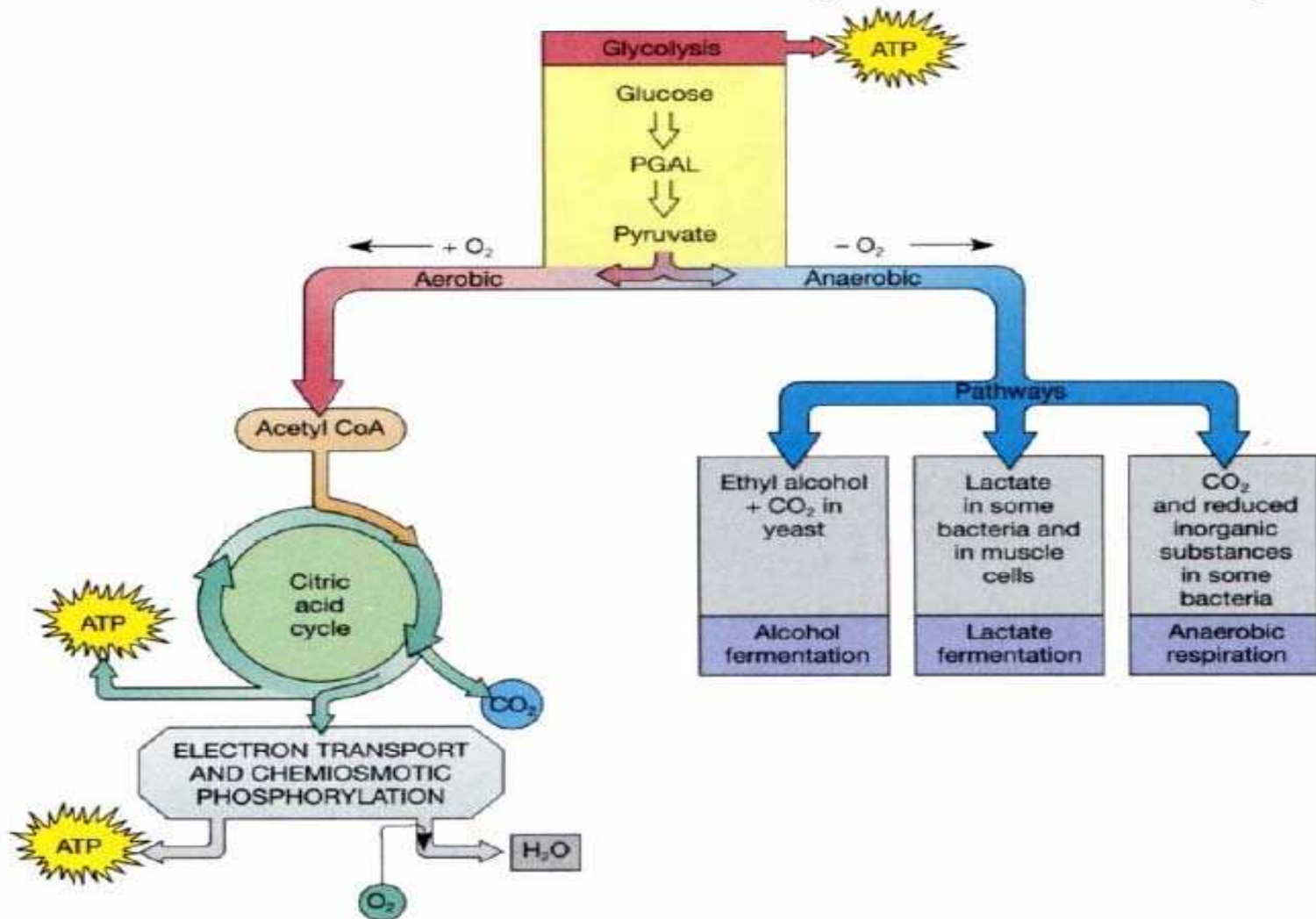
- ➔ dua molekul asam piruvat (3 – C),
- ➔ dihasilkan 2 ATP dan 2 NADH per molekul glukosa

Pada kondisi anaerob (tanpa kehadiran oksigen), asam piruvat dapat masuk ke jalur :

- Fermentasi alcohol
- Fermentasi asam laktat

Jalur Respirasi Aerobik dan Anaerobik

Aerobic and Anaerobic Respiration Pathways



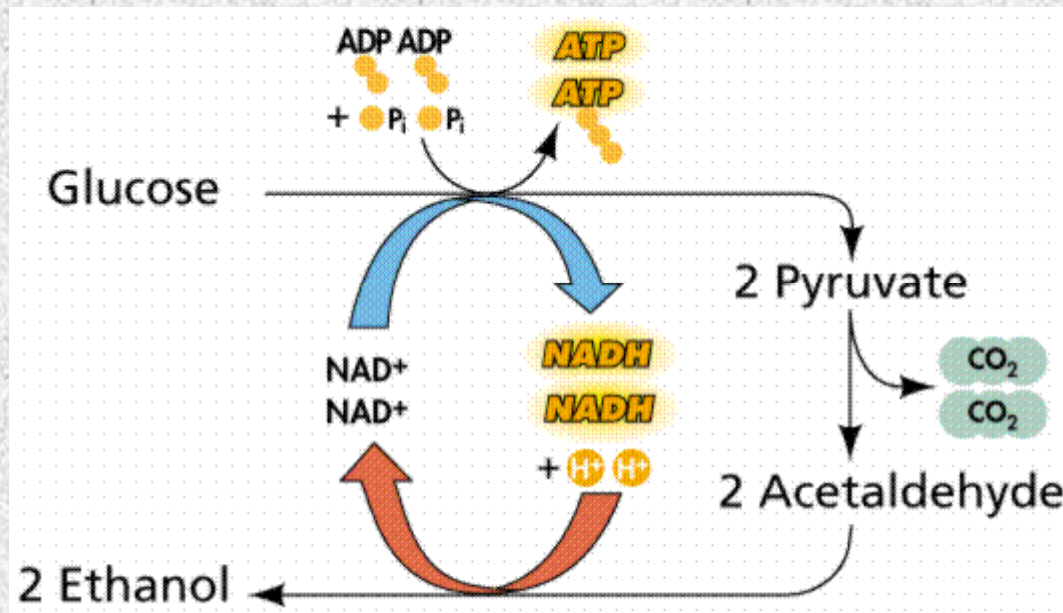
Fermentasi alkohol → pada ragi

→ asam piruvat didekarboksilasi dan direduksi oleh NADH membentuk CO₂ dan ethanol

→ Persamaan reaksi



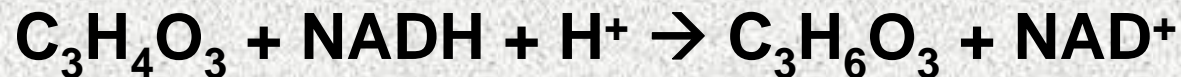
→ Proses dinamakan fermentasi alkoholik



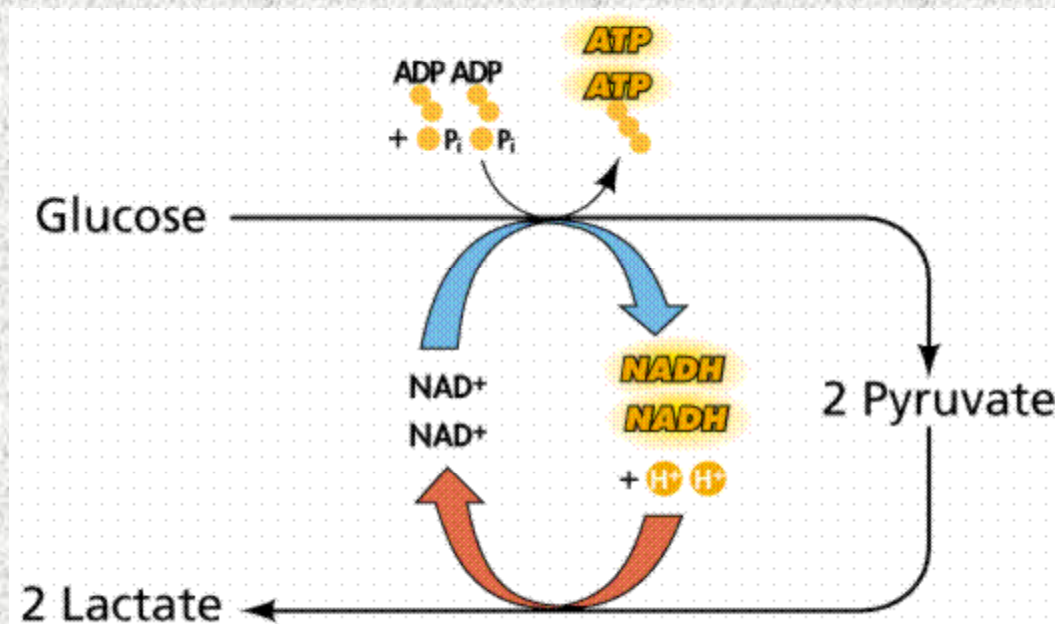
Pada otot yang sedang berkontraksi

→ Asam piruvat direduksi oleh NADH membentuk molekul asam laktat

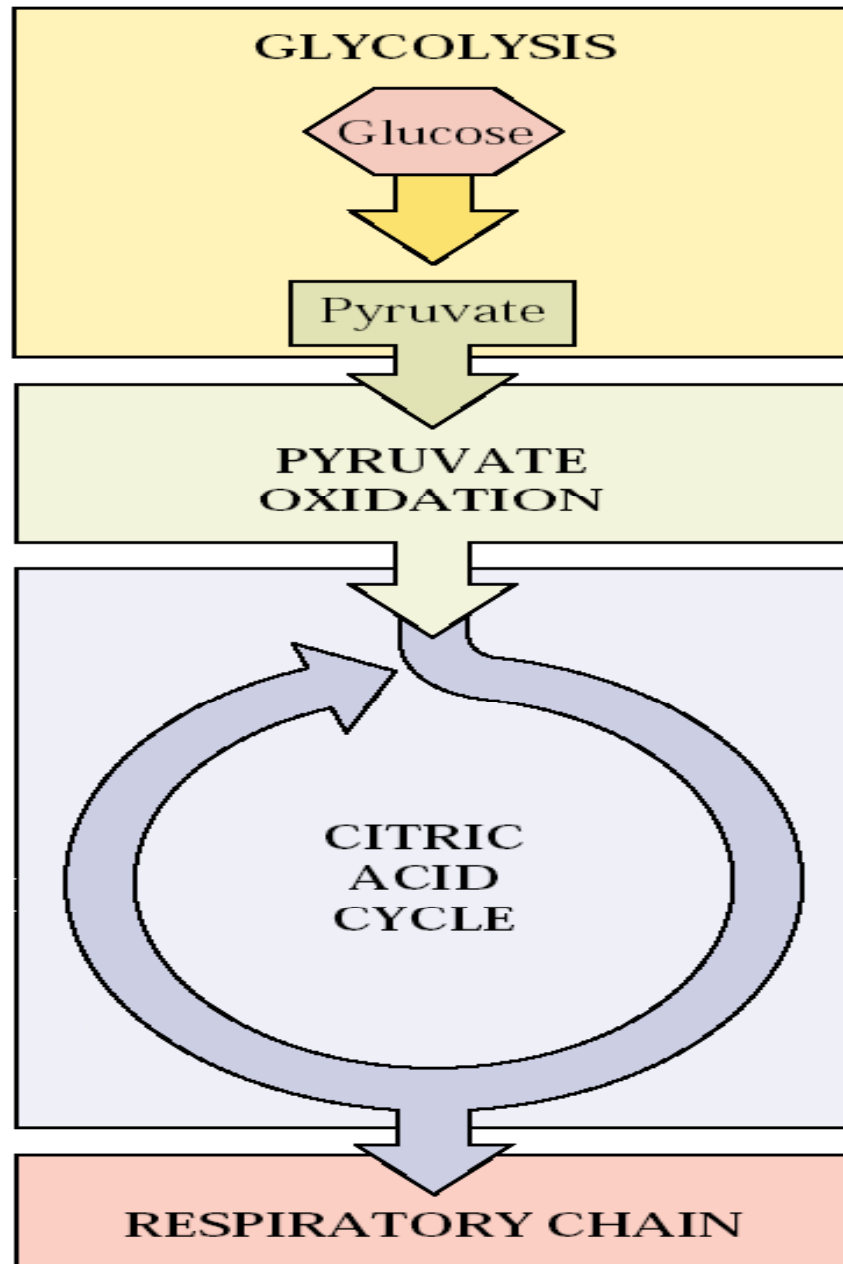
→ Persamaan reaksi



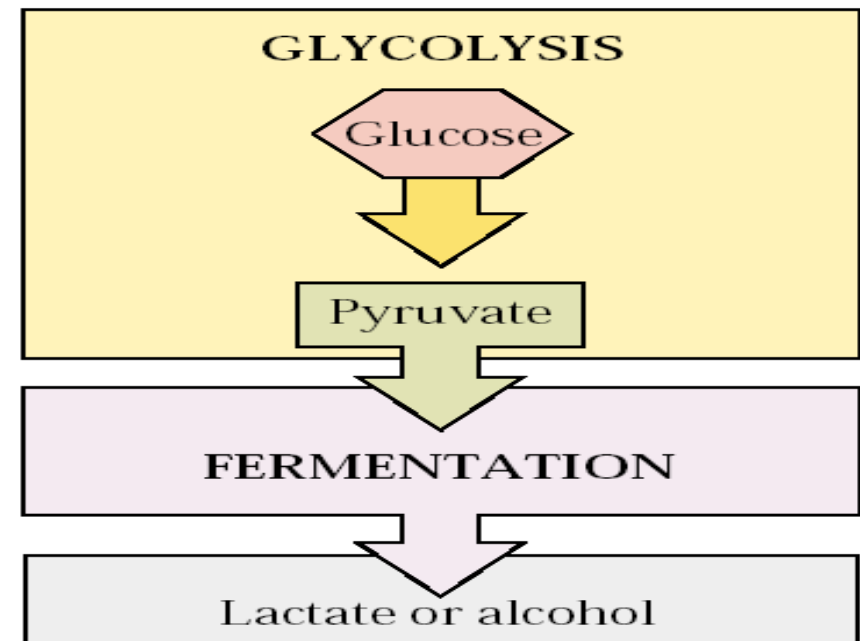
→ Proses dinamakan fermentasi asam laktat



(a) Glycolysis and cellular respiration



(b) Glycolysis and fermentation

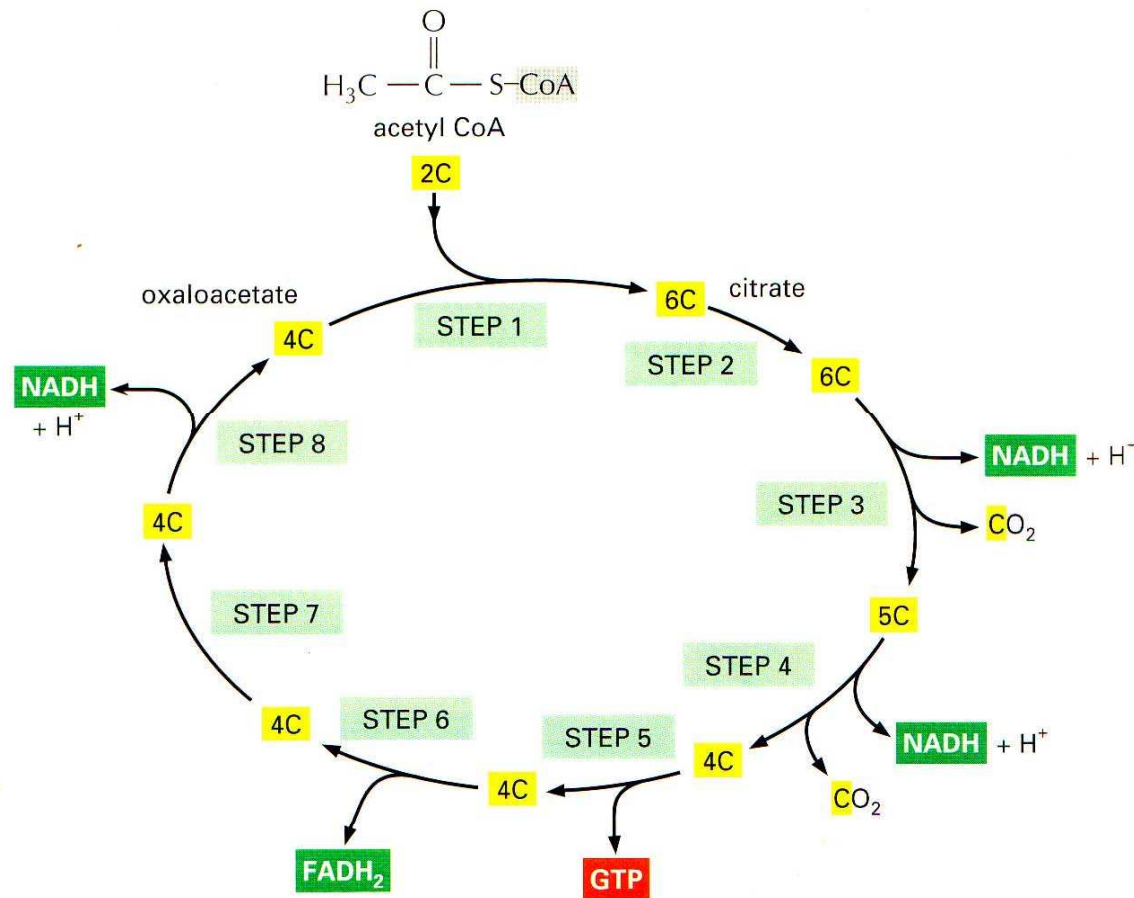


7.5 Energy-Producing Metabolic Pathways

Energy-producing reactions can be grouped into five metabolic pathways: glycolysis, pyruvate oxidation, the citric acid cycle, the respiratory chain, and fermentation. The three middle pathways occur only in the presence of O_2 and are collectively referred to as cellular respiration (a). When O_2 is unavailable, glycolysis is followed by fermentation (b).

Siklus Krebs/Siklus asam sitrat

- Oksidasi asetil CoA \rightarrow CO₂



NET RESULT: ONE TURN OF THE CYCLE PRODUCES THREE NADH, ONE GTP, AND ONE FADH₂, AND RELEASES TWO MOLECULES OF CO₂

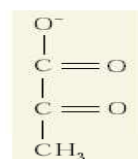
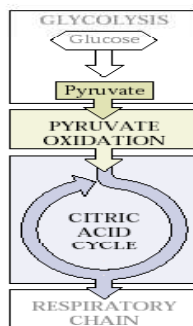
Siklus Krebs & transfer elektron

- menghasilkan 3 NADH & FADH₂ → ATP ?
- elektron dari NADH & FADH₂ ditransfer ke electron carrier – berlangsung pada membran dalam mitokondria
- Akseptor elektron : O₂ yang akan direduksi dan membentuk H₂O
- Pergerakan proton kembali melewati membran oleh ATP-synthase

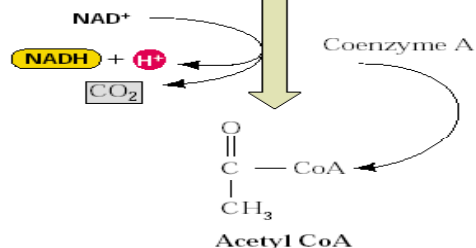


7.8 Pyruvate Oxidation and the Citric Acid Cycle

Pyruvate diffuses into the mitochondrion and is oxidized to acetyl CoA, which enters the citric acid cycle. Reactions 3, 4, 6, and 8 accomplish the major overall effects of the cycle—the trapping of energy—by passing electrons to NAD or FAD. Reaction 5 traps energy directly in ATP.



Pyruvate

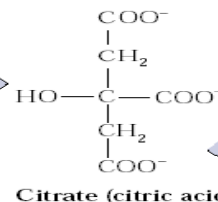
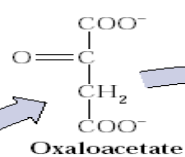
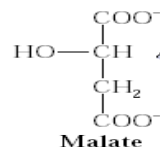
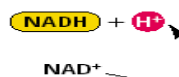


Mitochondrion

PYRUVATE OXIDATION

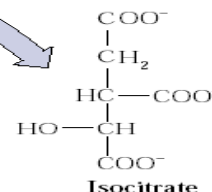
Pyruvate is oxidized to acetate, with the formation of $\text{NADH} + \text{H}^+$ and the release of CO_2 ; acetate is activated by combination with coenzyme A, yielding acetyl CoA.

8 Malate is oxidized to oxaloacetate, with the formation of $\text{NADH} + \text{H}^+$. Oxaloacetate can now react with acetyl CoA to reenter the cycle.

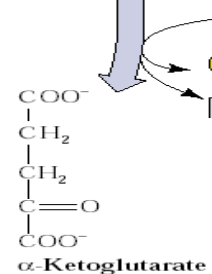


1 The two-carbon acetyl group and four-carbon oxaloacetate combine, forming six-carbon citrate.

2 Citrate is rearranged to form its isomer, isocitrate.

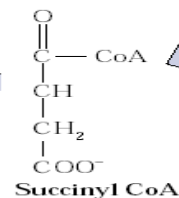
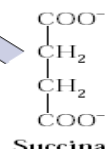


3 Isocitrate is oxidized to α -ketoglutarate, yielding $\text{NADH} + \text{H}^+$ and CO_2 .

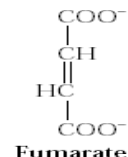


4 α -Ketoglutarate is oxidized to succinyl CoA, with the formation of $\text{NADH} + \text{H}^+$ and CO_2 ; this step is almost identical to pyruvate oxidation.

CITRIC ACID CYCLE



7 Fumarate and water react, forming malate.



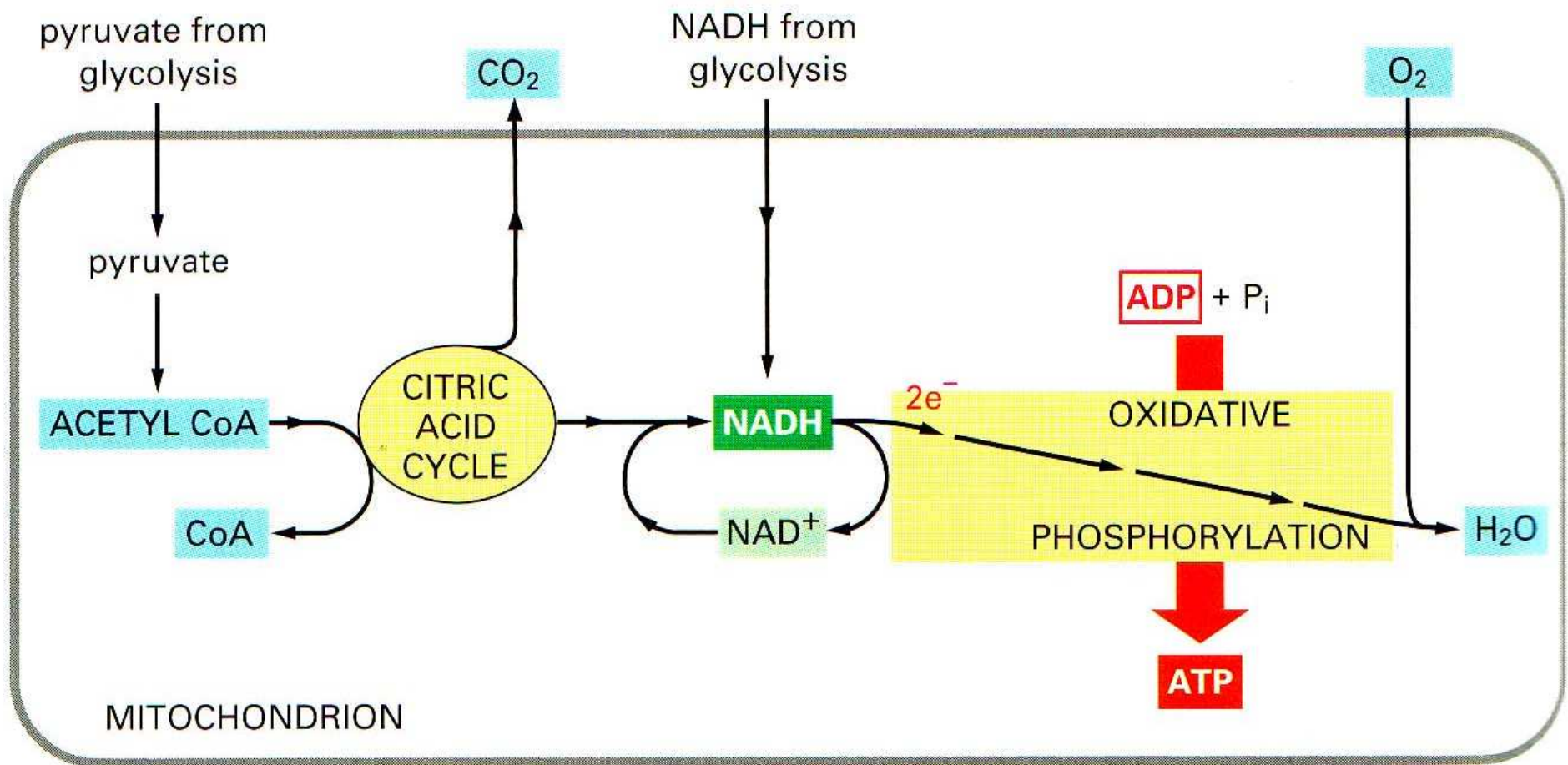
6 Succinate is oxidized to fumarate, with the formation of FADH_2 .



5 Succinyl CoA releases coenzyme A, becoming succinate; the energy thus released converts GDP to GTP, which in turn converts ADP to ATP.

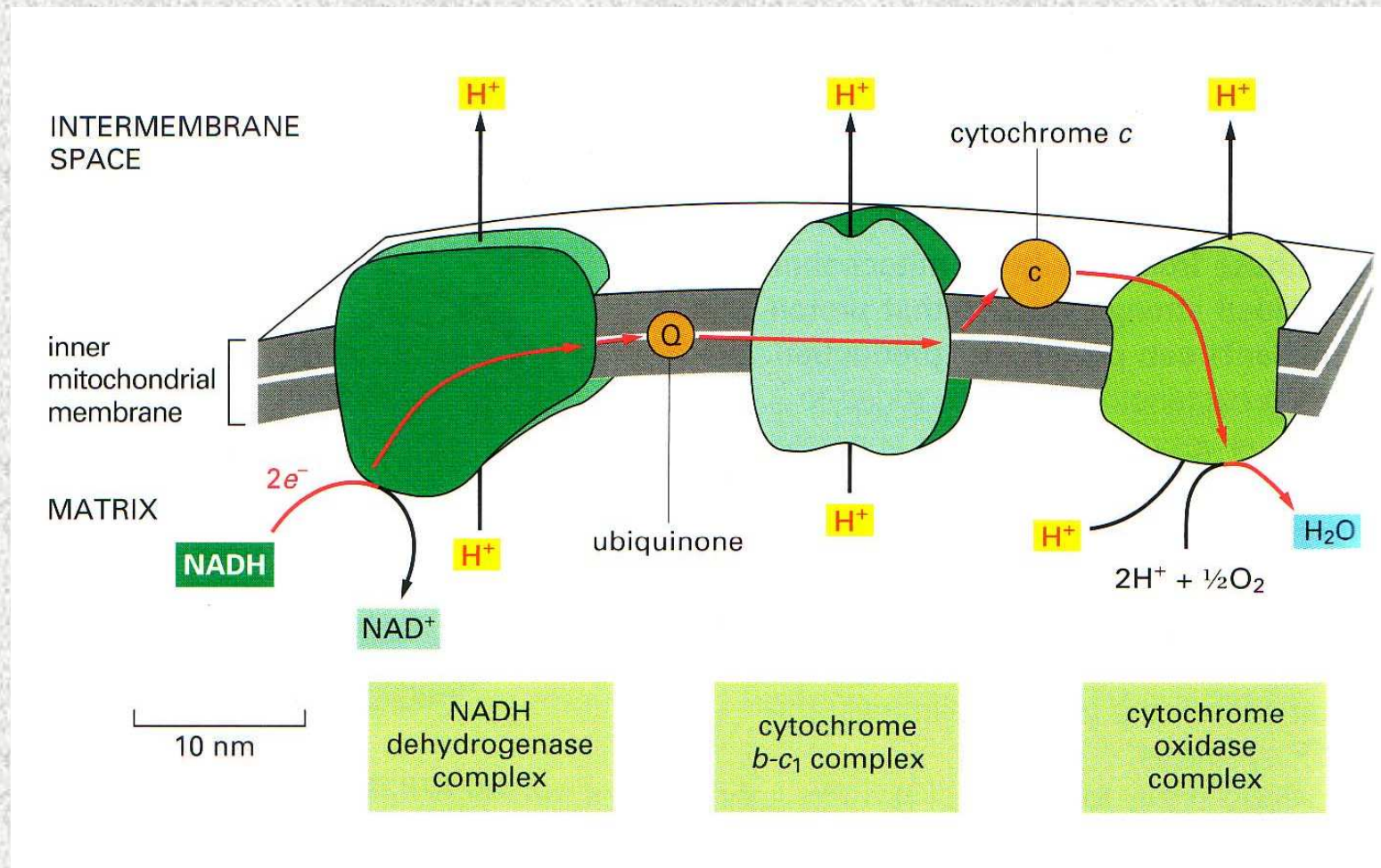
Transport elektron

- Dari molekul NADH dan FADH₂
- Perlu oksigen



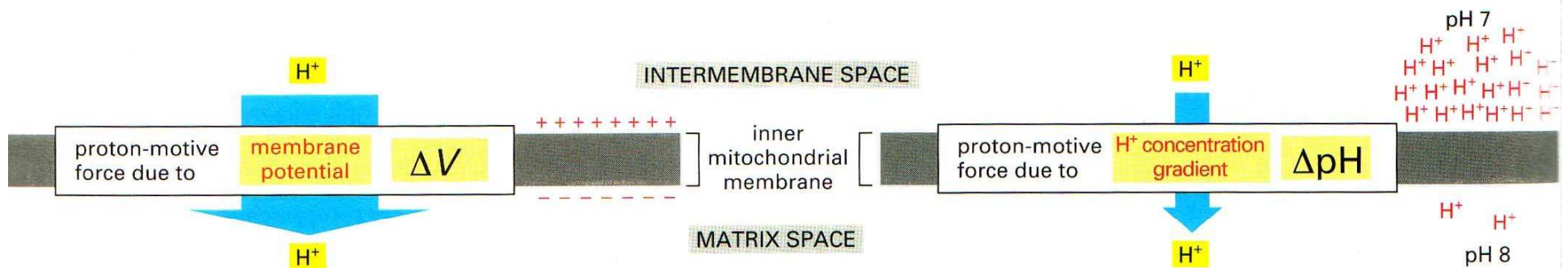
Transfer elektron

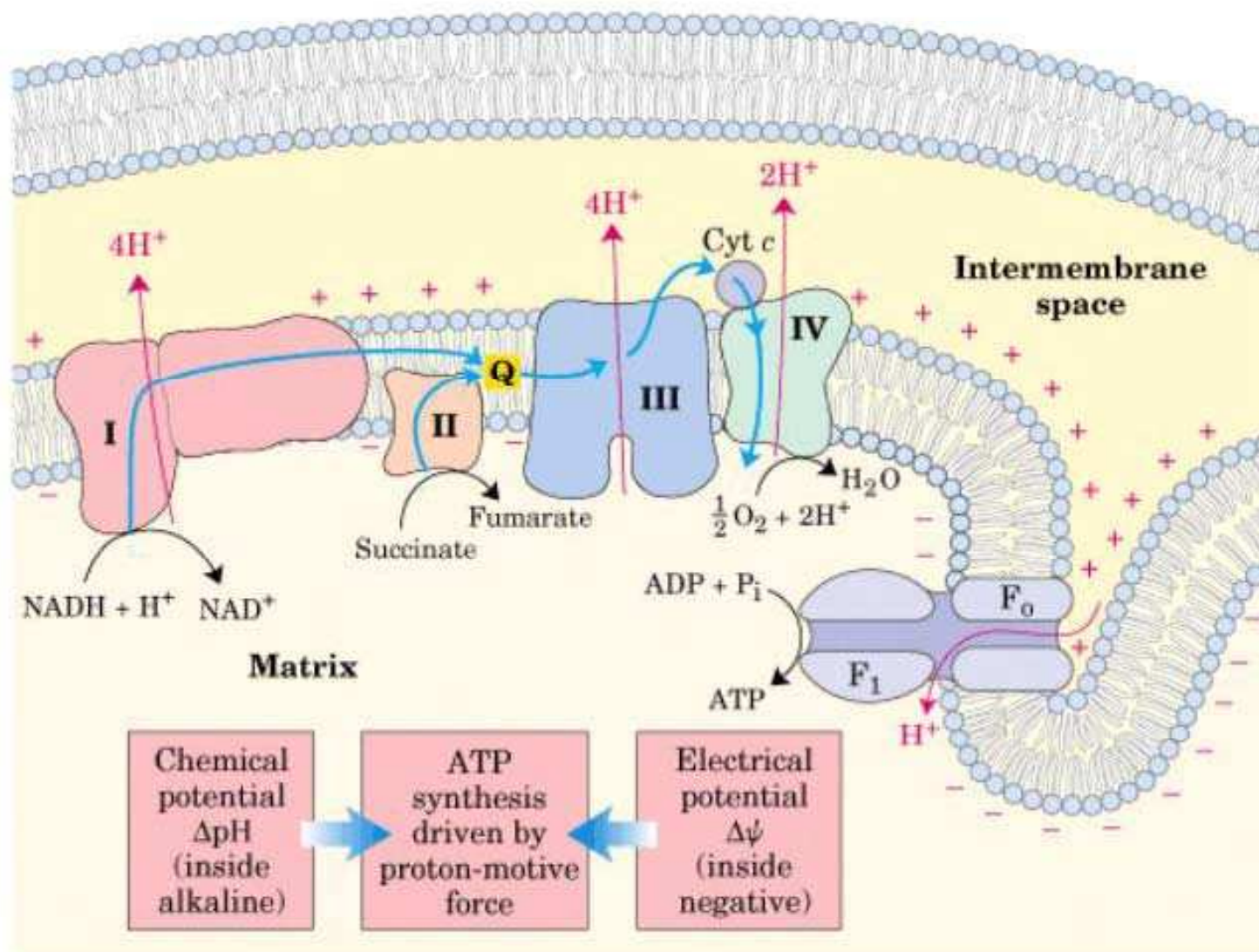
- Memanfaatkan kompleks enzim respirasi pada membran dalam mitokondria

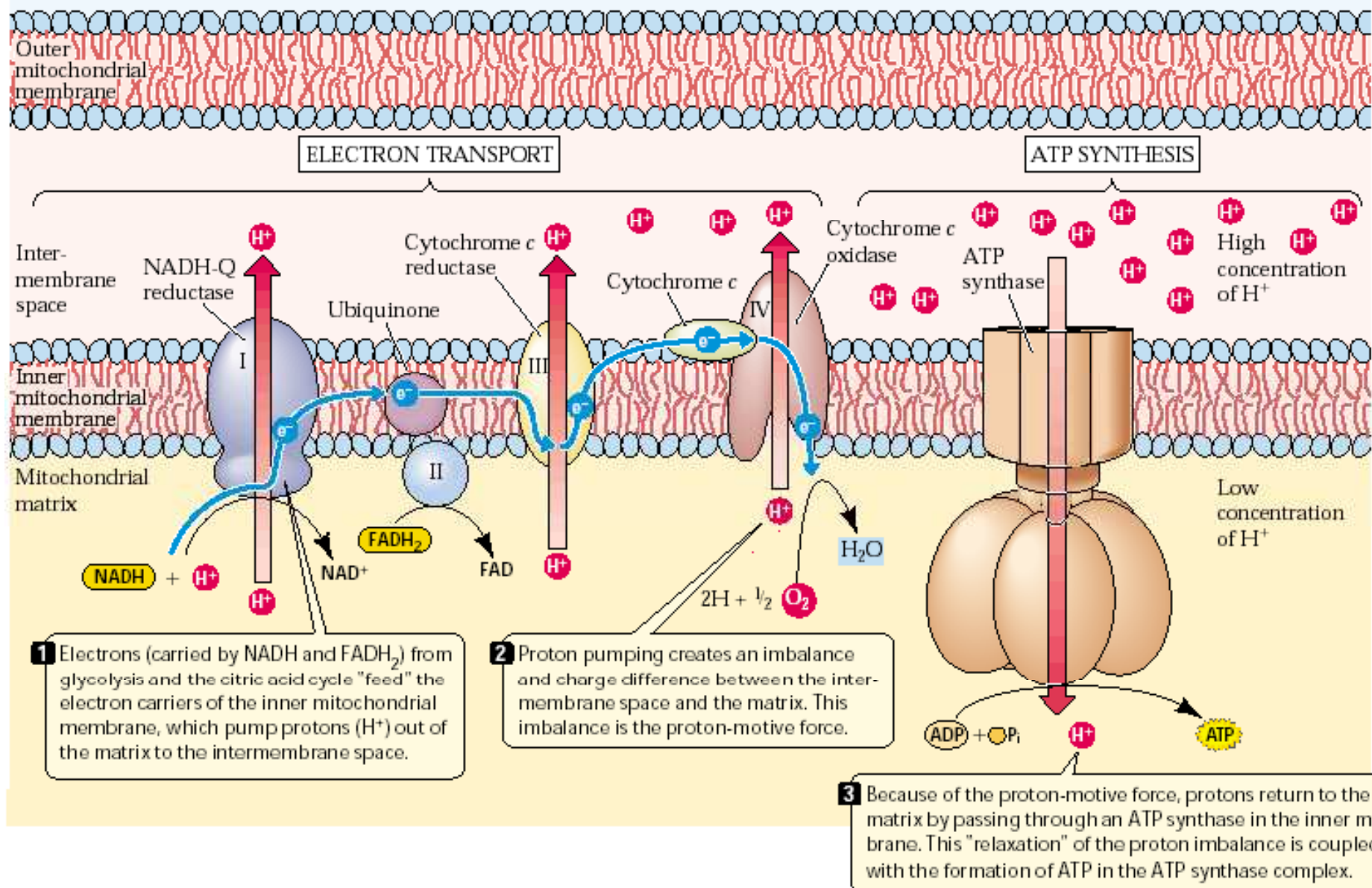


Transport elektron

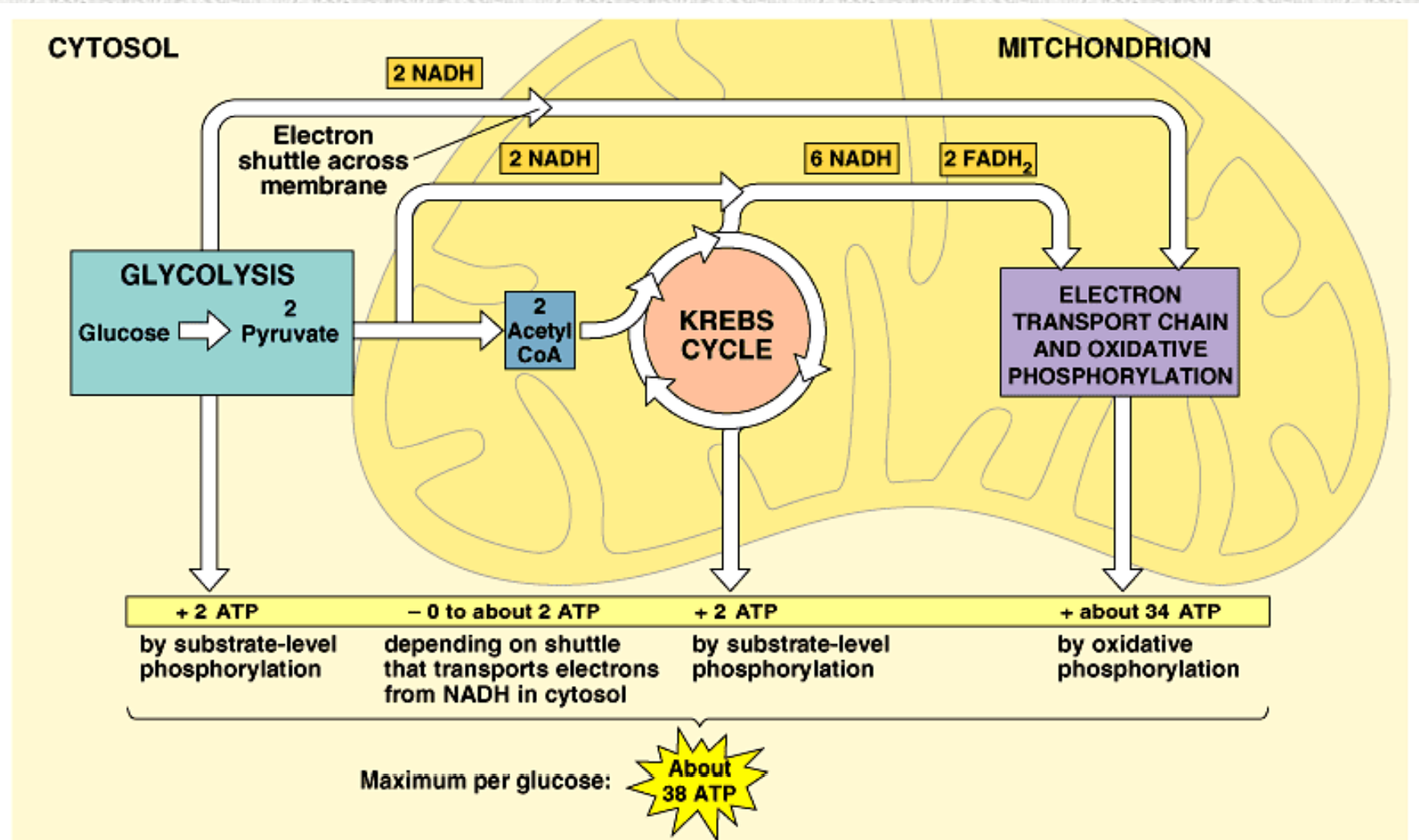
- Menyebabkan terjadinya gradien proton
 - perbedaan pH di matriks dengan ruang intermembran mitokondria
 - Terjadi perbedaan potensial membran
 - Kedua akibat ini menimbulkan energi untuk mengembalikan proton H^+ kembali ke matriks
- Gradien proton \rightarrow digunakan untuk sintesis ATP oleh ATP sintase







Ringkasan



Senyawa penghambat aktivitas respirasi seluler

