



BIOKIMIA

Oksidasi Biologi, Rantai Pernafasan & Transfer energi

DOSEN PENGAMPU

Dr. apt. Dian Ratih Laksmiawati, 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

Reaksi Redoks

- Melibatkan **transfer elektron**
 - **Reduksi** : Pengikatan/mendapatkan elektron
 - **Oksidasi** : pelepasan/kehilangan elektron
- Reaksi reduksi selalu berlangsung berpasangan (*coupled*) dengan reaksi oksidasi → Reaksi **REDOKS**

- Higher forms of lives – completely rely on **O₂ for life processes** i.e. **respiration** – a process by which **cells derive energy** with a controlled reaction between **H⁺** and **O₂**; **the end product being water**.
- The reactions are catalyzed by a set of enzymes called as ***Dehydrogenases***.
- However there do occur large no. of reactions in living system **without** the involvement of molecular O₂.

Redox reaction = reduction-oxidation reaction

Several forms of Biological Reduction

1. Gain of electrons
2. Hydrogenation
3. Deoxygenation

Several forms of Biological Oxidation

1. Loss of electrons
2. Dehydrogenation
3. Oxygenation

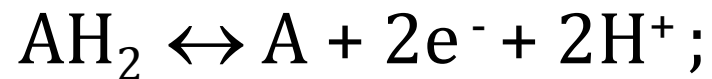
Transfer elektron

Dapat berlangsung dengan salah satu dari 4 cara berikut:

1. Transfer langsung sebagai e^- :

Transfer e^- dari Fe^{2+}/Fe^{3+} ke $Cu^+/Cu^{2+} \rightarrow (Fe^{2+} + Cu^{2+} = Cu^+ + Fe^{3+})$

2. Transfer sebagai atom H :



dimana AH_2 & A merupakan pasangan redoks konjugat dan memiliki kecenderungan untuk mereduksi senyawa berikutnya B ($B/BH_2 =$ pasangan redoks) $\rightarrow AH_2 + B \leftrightarrow A + BH_2$

Transfer elektron

3. Transfer sebagai ion hidrida (:H^-) yang memiliki 2 elektron : $\text{AH} + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{A}^+ + \text{:H}^- + \text{H}^+$
4. Kombinasi langsung dengan **oksigen** molekuler:
 $\text{A} - \text{H} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \leftrightarrow \text{A} - \text{OH}$
 $\text{A} + \text{O}_2 \leftrightarrow \text{AO}_2$

Enzim yang Terlibat pada Reaksi Redoks/Oksidasi Biologi

Dikenal sebagai enzim-enzim **Oksidoreduktase**

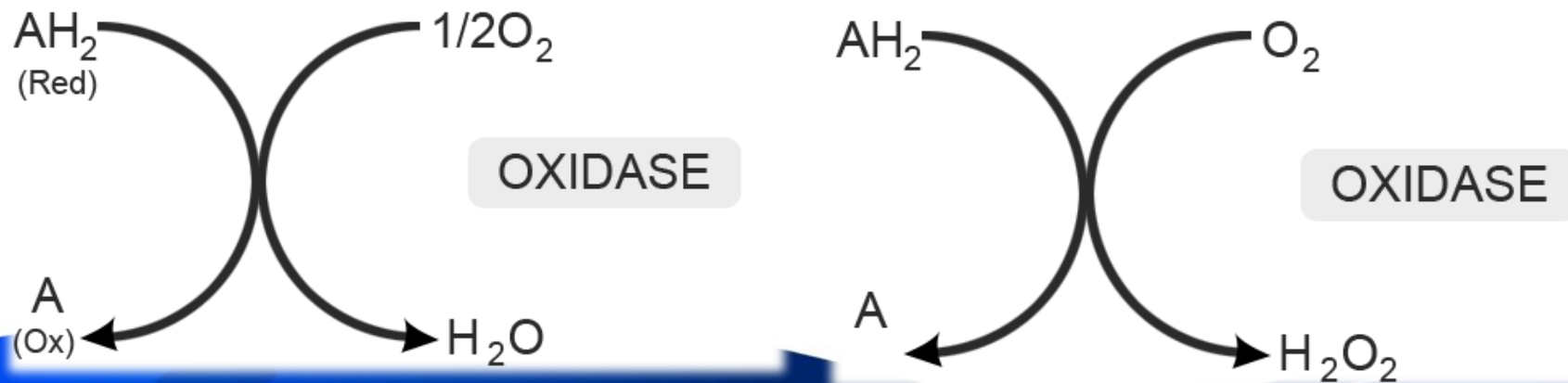
1. Enzim-enzim **Oksidase**: menggunakan Oksigen sebagai akseptor elektron
2. Enzim-enzim **dehidrogenase** (transfer elektron dalam bentuk ion hidrida (H^-) :
 - a. Aerobik
 - b. Anaerobik
3. Enzim-enzim **Hidroperoksidase**: menggunakan H_2O_2 sebagai substrat
4. Enzim-enzim **Oksigenase**: transfer langsung O_2 ke substrat

Enzim yang Terlibat pada Reaksi Redoks/Oksidasi Biologi

1. Enzim-enzim **Oksidase** dan **Dehidrogenase** berperan dalam reaksi-reaksi redoks di jalur rantai pernafasan sel (**respirasi sel**)
2. **Hidroperoksidase** berperan dalam **netralisasi radikal bebas**
3. **Oksigenase** berperan dalam proses **biotransformasi**

Enzim-enzim Oksidase

- Mengkatalisis **transfer elektron** (dalam bentuk hidrogen) dari substrat dengan menggunakan **Oksigen sebagai akseptor elektron** → membentuk H_2O atau H_2O_2



Contoh enzim Oksidase

- Sitokrom oksidase → rantai pernafasan
- Glukosa oksidase
- Monoamine oksidase
- NADPH oksidase
- Xanthine oksidase
- L-gluconolakton oksidase

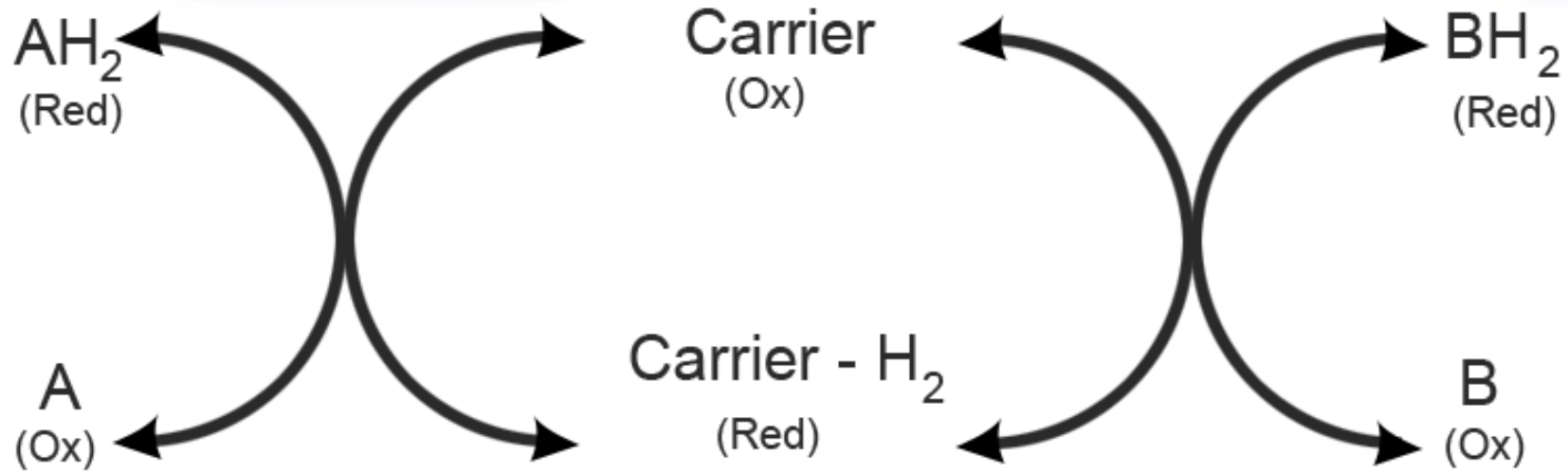
Sitokrom Oksidase

- **Mitokondria**
- **Transfer elektron dari NADH/substrat lain langsung kepada oksigen membentuk air**
- **Komponen terminal rantai pernafasan**
- **Inhibitor: monooksida, sianida, hidrogen sulfida**

Enzim-enzim Dehidrogenase

- Disebut juga **DHO**, adalah enzim yang mengoksidasi substrat dengan jalan **mentransferkan satu atau lebih ion hidrida (H^-)** ke akseptor
- Ada dua tipe:
 1. Enzim-enzim dehidrogenase **aerobik** (katalisis pelepasan ion hidrida (H^-) dari substrat, menggunakan oksigen sebagai akseptor)
 2. Enzim-enzim dehidrogenase **anaerobik** (katalisis pelepasan ion hidrida (H^-) dari substrat, menggunakan substrat lain selain oksigen sebagai akseptor)
- Menggunakan **koenzim** – **nikotinamida & riboflavin** – sebagai pembawa hidrogen (*hydrogen carriers*); (umumnya adalah $NAD^+/NADP^+$ atau koenzim flavin seperti misalnya FAD atau FMN)

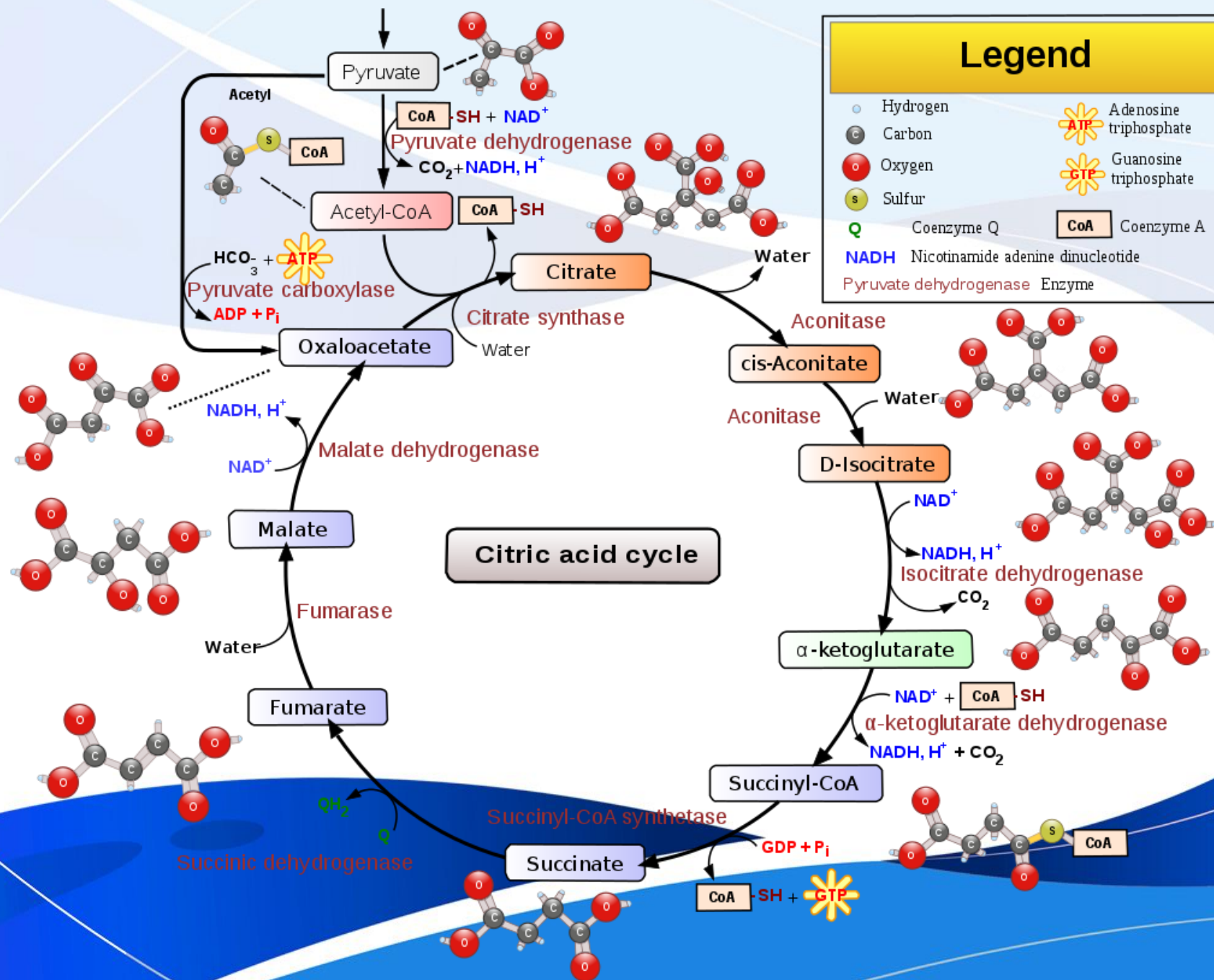
Dehidrogenase



Contoh Enzim Dehidrogenase

TCA cycle:

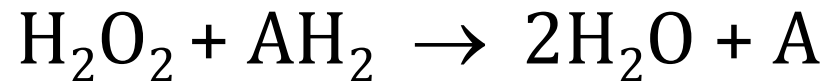
- isocitrate dehydrogenase
- alpha-ketoglutarate dehydrogenase
- succinate dehydrogenase
- malate dehydrogenase



Hidroperoksidase

Ada dua tipe : katalase dan peroksidase

- **Peroksidase** mereduksi H_2O_2 dengan menggunakan berbagai senyawa lain sebagai oksidator (akseptor elektron)



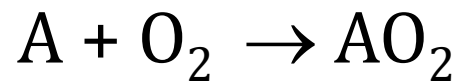
- o **Katalase** menggunakan H_2O_2 baik sebagai akseptor maupun donor elektron



Oksigenase

Ada 2 jenis oksigenase:

1. **Dioksigenase**: menginkorporasikan kedua atom Oksigen kepada substrat



2. **Monooksigenase**: menginkorporasikan salah satu atom Oksigen kepada substrat, dan satu atom Oksigen lainnya direduksi menjadi air



Dioksigenase (Oksigen transferase)

- **Adisi 2 atom oksigen molekuler (O_2) ke atom karbon & nitrogen suatu senyawa organik**
- **Contoh:**
 - Indolamine-2,3-dioxygenase
 - 3-hydroxy-2-methylpyridinecarboxylate dioxygenase
 - Cysteine dioxygenase
 - Pyrimidine-deoxynucleoside 1'-dioxygenase

Monooksigenase = *Mixed Function Oxidase*

- Transfer 2 elektron secara **sekuensial** dari NADH/NADPH ke salah satu atom oksigen dari O₂ membentuk H₂O dan R-OH



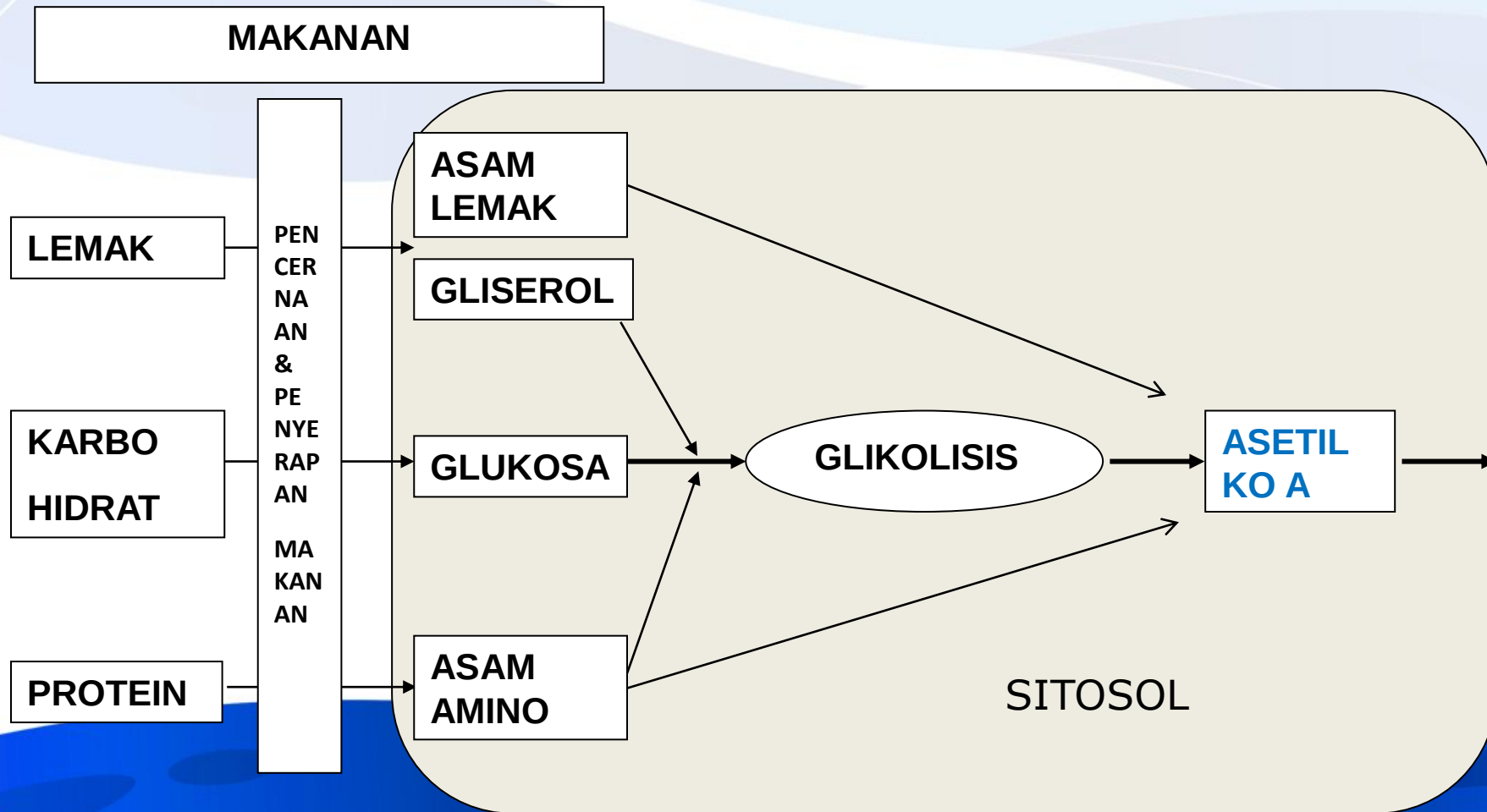
Contoh Enzim Monooksigenase

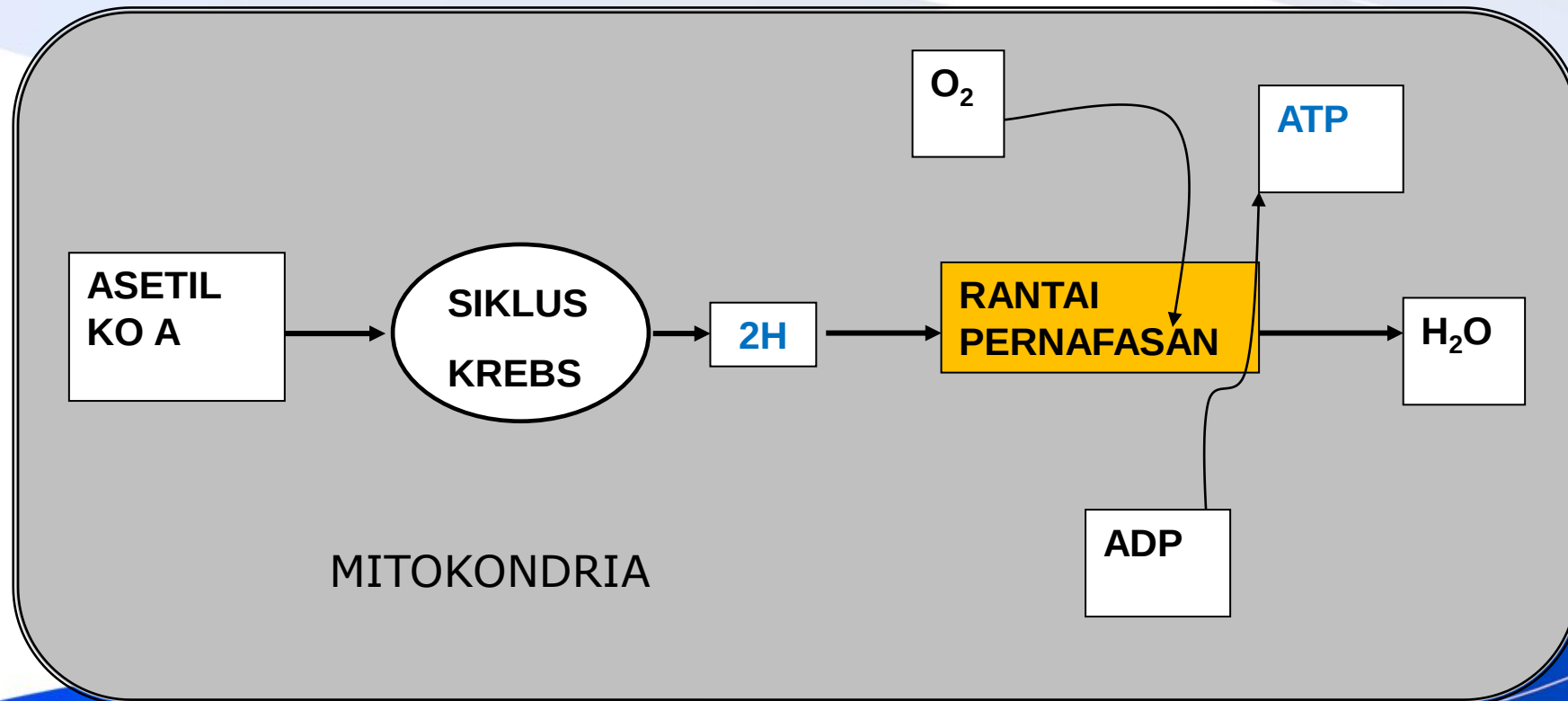
- Sitokrom P450 (CYP)
- Steroid-21-monooksigenase
- Skualen monooksigenase
- Fenilalanin monooksigenase
- Tirosin-3-monooksigenase



Salah satu contoh proses **Oksidasi Biologi**
adalah
Rantai Pernafasan

- Oksidasi bahan makanan seperti asam lemak, asam amino, glukosa, selain menghasilkan **asetil ko A**, **ATP** secara langsung, juga menghasilkan sejumlah *reducing equivalent* (ekuivalen pereduksi)
- **Ekuivalen pereduksi** adalah **elektron** atau **atom hidrogen**. Biasanya **terikat** dengan **koenzim NAD** (Nikotinamid Adenin Dinukleotida) atau **FAD** (Flavin Adenin Dinukleotida) → sehingga sering ditulis **:NADH + H** atau **FADH₂**





- Ekuivalen pereduksi ini terkumpul dalam **matriks mitokondria**
- Di dalam mitokondria ekuivalen pereduksi mengalir melalui beberapa kompleks protein enzim (***mitochondrial electron transport protein***)

Rantai Pernafasan

- Rantai Transport Elektron
- Fosforilasi oksidatif

- Aliran elektron bergerak dari senyawa dengan potensial redoks yang lebih rendah ($\text{NADH} + \text{H}^+$ dan ubikinon) ke O_2 yang potensial redoksnya lebih tinggi
Pernyataan tsb dikenal dengan **Rantai pernafasan**
- Pada akhirnya aliran elektron mengakibatkan terbentuknya sejumlah energi yang digunakan untuk **sintesis ATP melalui fosforilasi ADP** sehingga proses ini disebut juga dengan **fosforilasi oksidatif**

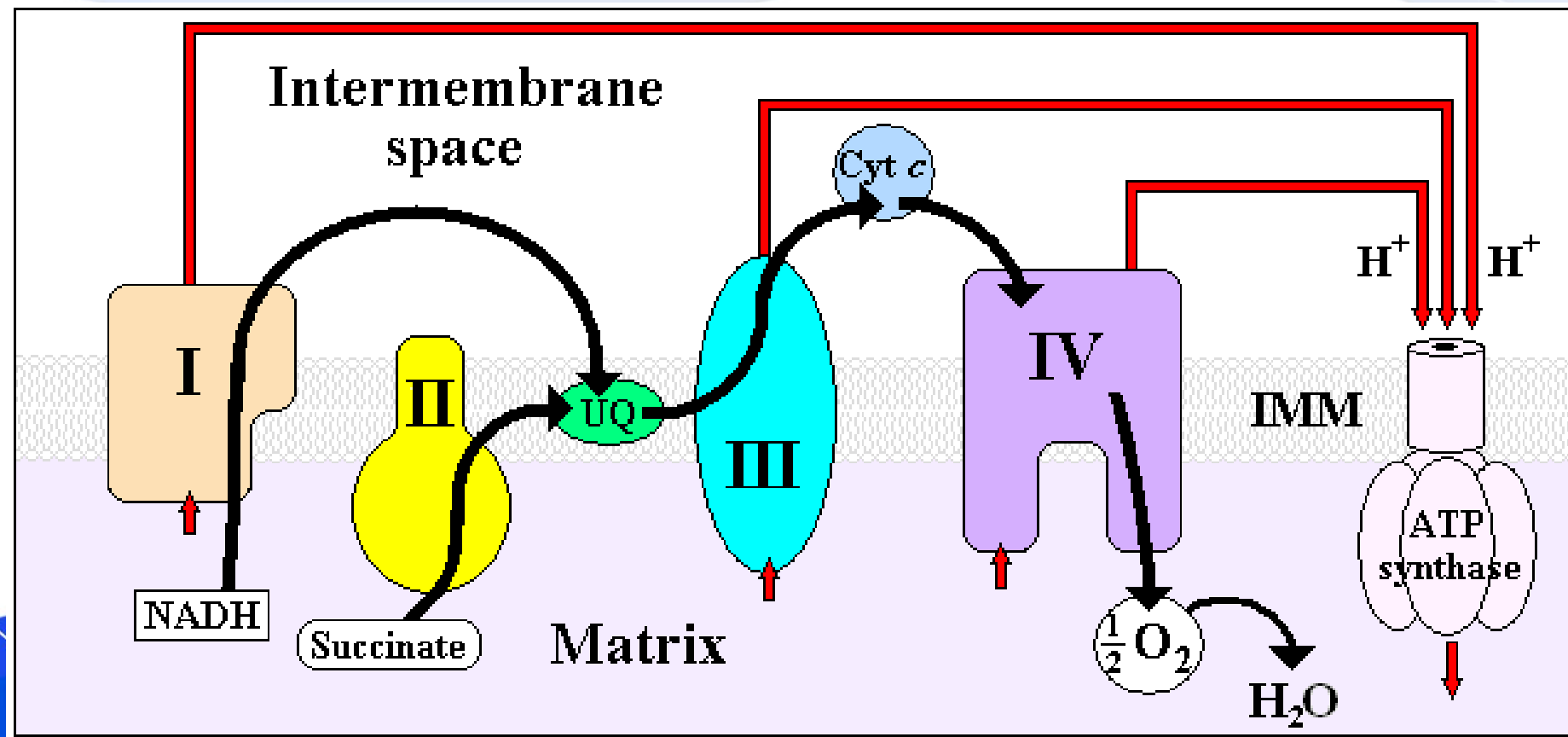
Komponen Rantai Pernafasan

- NADH dehydrogenase (complex I)
- Succinate coenzyme Q reductase (complex II)
- Coenzyme Q (CoQ) (also called ubiquinone)
- Cytochrome bc1 complex (complex III)
- Cytochrome c (Cyt c)
- Cytochrome oxidase (complex IV)
- ATP Synthetase (Complex V)

Transport Elektron

Fosforilasi oksidatif

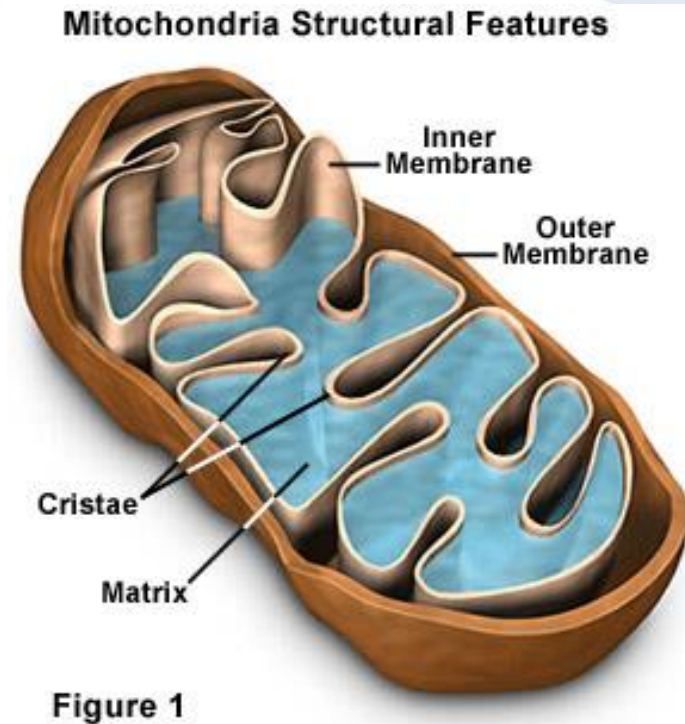
Mitochondrial redox carriers



Dimanakah proses fosforilasi oksidatif terjadi?

Mitokondria

- Membran mitokondria terdiri dari 2 lapis luar dan dalam. Membrannya berlipat-lipat (krista) sehingga permukaannya lebih luas.
- Mitokondria dikenal sebagai *power house* karena disinilah **pembentukan ATP** terbesar terjadi.
- Proses2 yang terjadi di mitokondria adalah : **Fosforilasi oksidatif, siklus krebs dan oksidasi asam lemak**

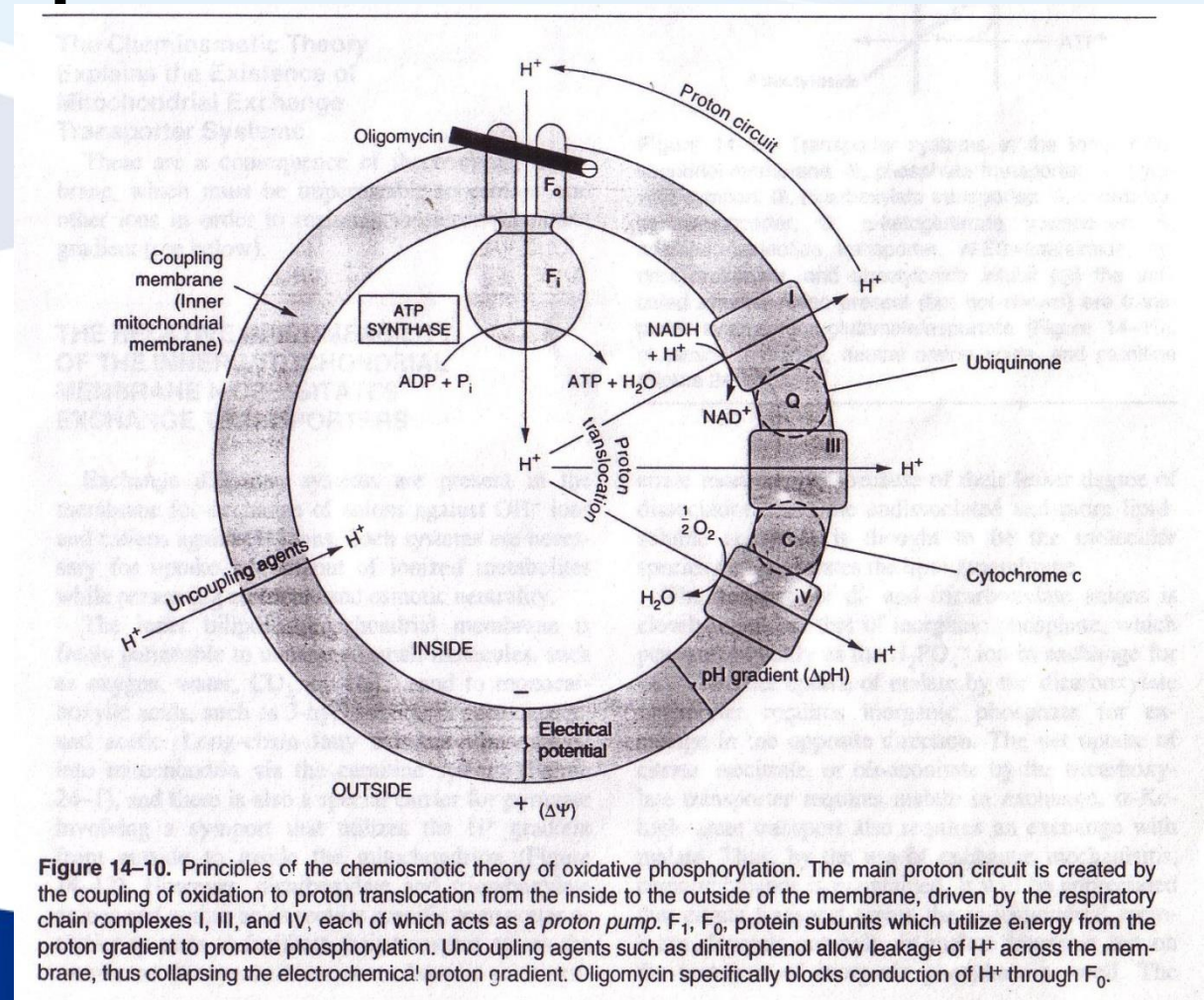


- Pada saat elektron mengalir melalui kompleks protein, maka sejumlah proton (H^+) dipompakan ke dalam ruang antar membran dalam dan luar (intramembrane space) mitokondria, sehingga terjadi perbedaan konsentrasi proton.
- Pada suatu saat proton di ruang antar membran ini kembali ke matrix mitokondria menghasilkan energi yang mampu menggerakkan ATP synthase
- Model penggabungan aliran elektron dengan produksi ATP seperti ini disebut :

chemiosmotic coupling

Prinsip Teori Chemiosmotic pada fosforilasi oksidatif

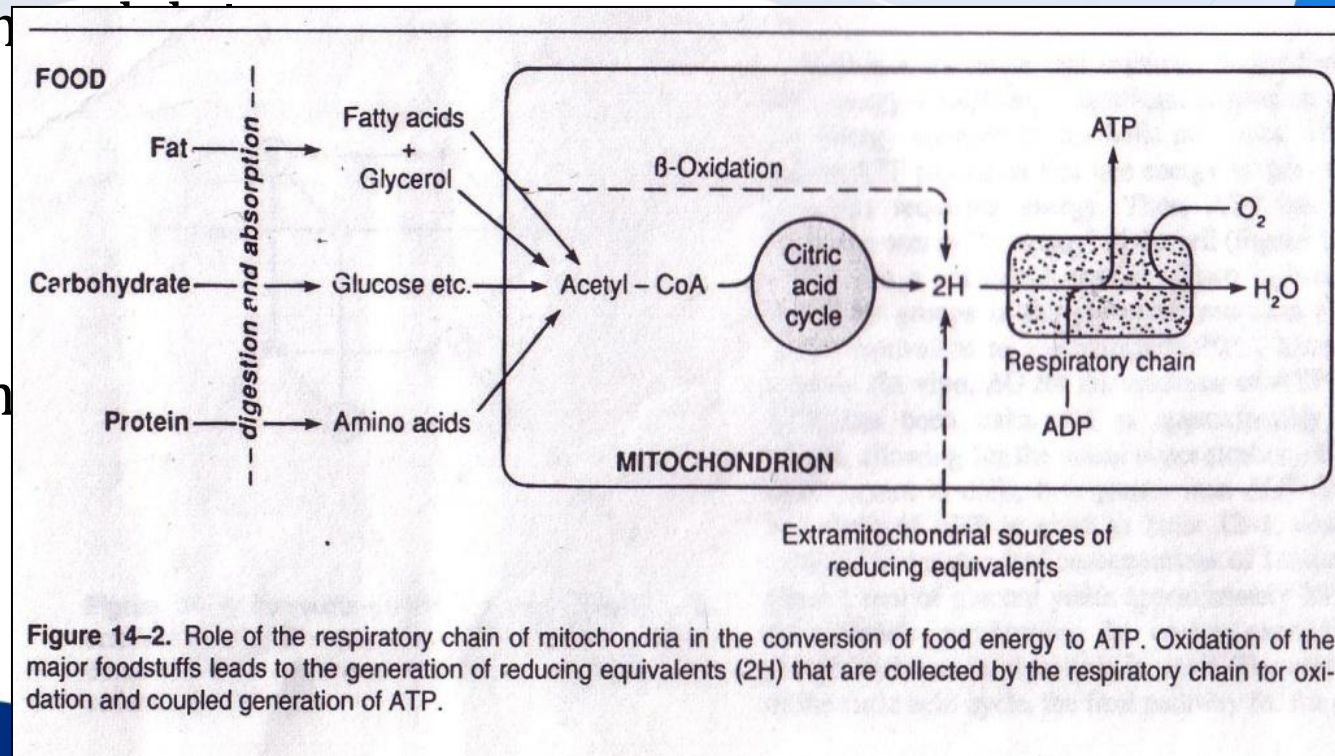
- Pada saat elektron bergerak di sepanjang rantai terdapat energi yang dilepaskan. Energi tersebut digunakan untuk memompa proton (H^+) keluar dari matriks mitokondria. Pada suatu saat akan terjadi perbedaan elektrokimia antara kedua sisi membran dalam mitokondria. Akibatnya proton akan kembali ke bagian dalam melalui saluran ATP sintase dan mensintesis ATP



- **Dari mana elektron-elektron tersebut berasal?**

Elektron (e^-) atau ekuivalen pereduksi (H^+) berasal dari oksidasi bahan makanan jalur :

- glikolisis,
- oksidasi asam lemak,
- katabolisme kerangka karbon as. am
- siklus krebs.



- **Siapa yang membawa elektron2 tersebut mengalir?**

Pembawa elektron tersebut adalah :

1. NAD (Nikotinamid Adenin Dinukleotida)
2. FMN (Flavin Mono Nukleotida)
3. Ubikinon atau koenzim Q
4. Pusat besi sulfur (FeS)
5. Sitokrom
6. Tembaga pada sitokrom aa3

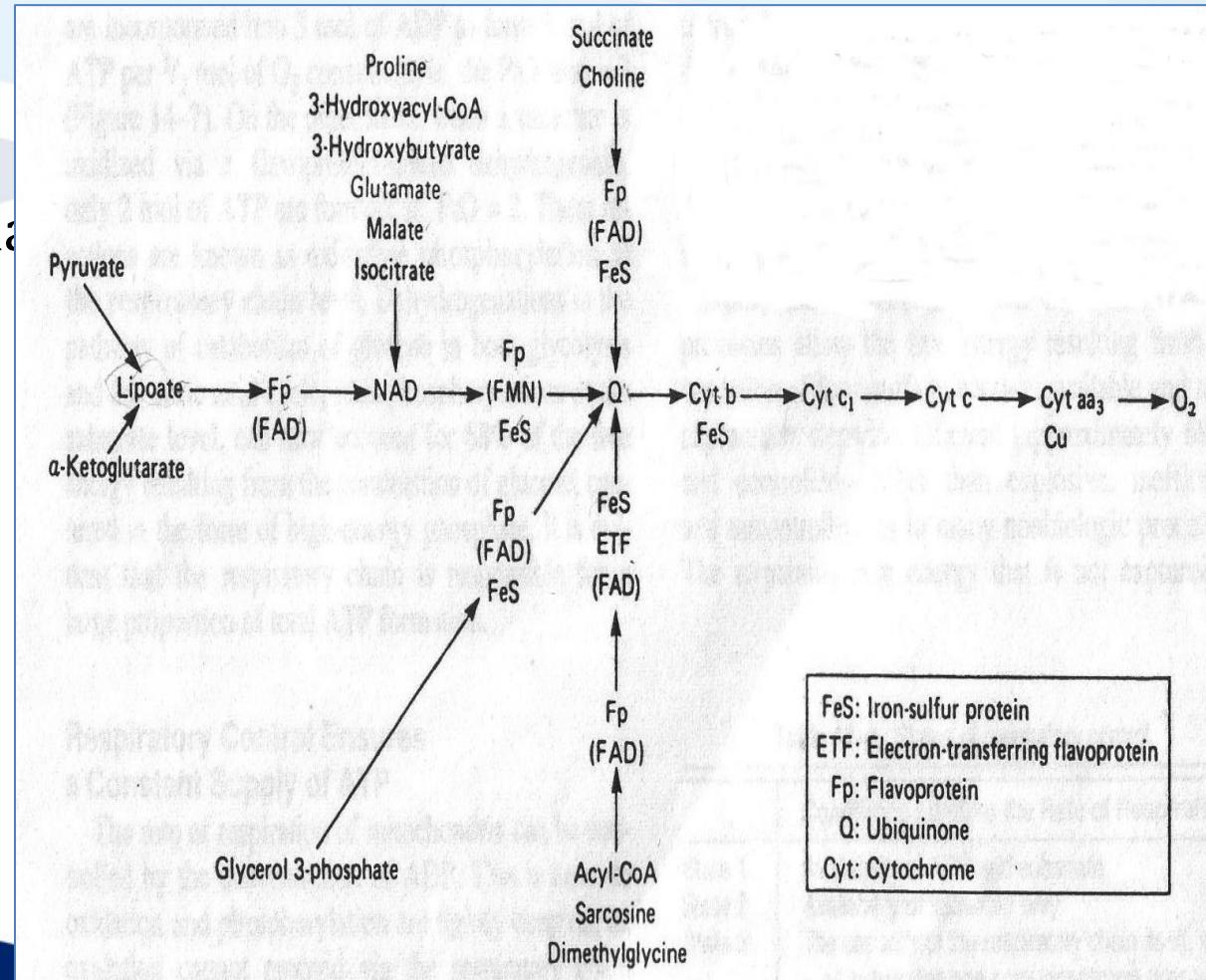
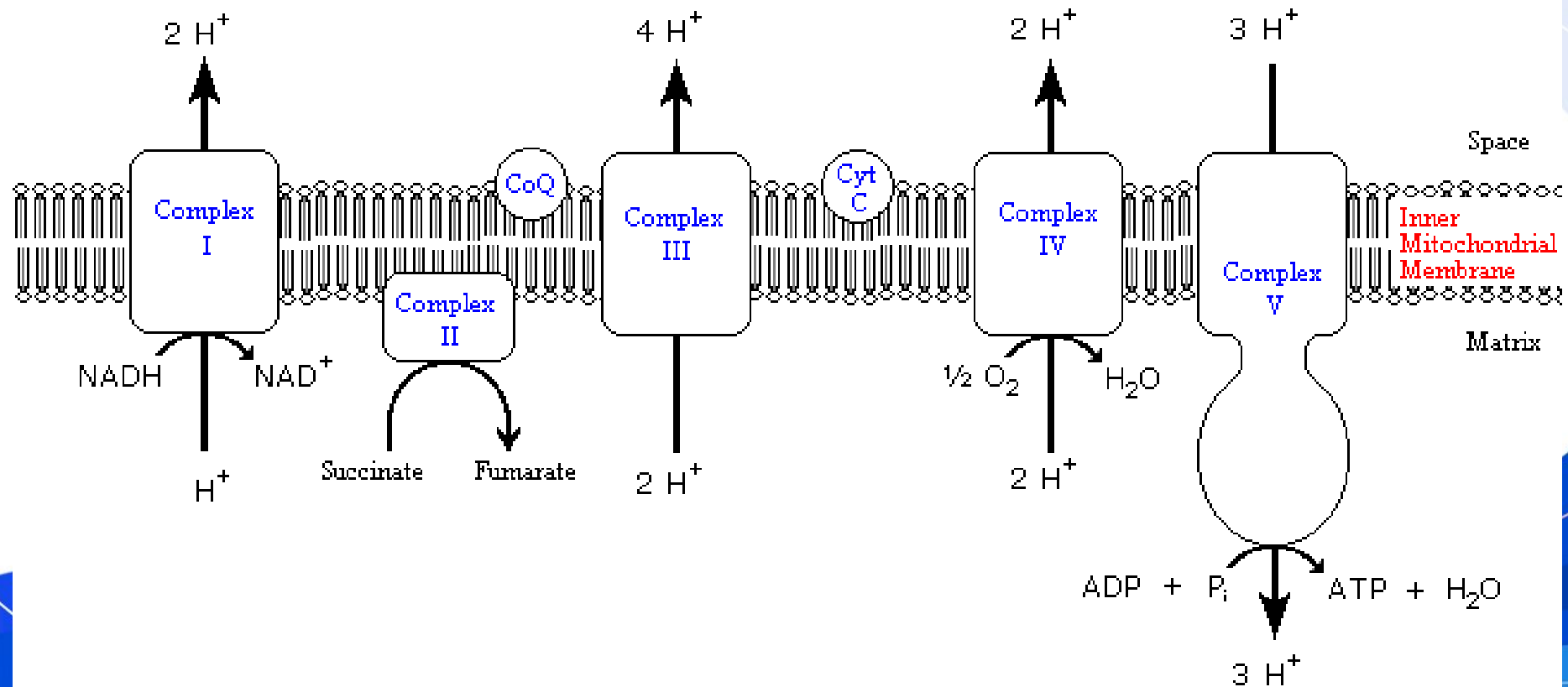


Figure 14-4. Components of the respiratory chain in mitochondria showing the collecting points for reducing equivalents from important substrates. FeS occurs in the sequences on the O₂ side of Fp or Cyt b.

Aliran Transport Elektron



Inhibitor Rantai Pernafasan

Name	Function	Site of Action
Rotenone	e ⁻ transport inhibitor	Complex I
Amytal	e ⁻ transport inhibitor	Complex I
Antimycin A	e ⁻ transport inhibitor	Complex III
Cyanide	e ⁻ transport inhibitor	Complex IV
Carbon Monoxide	e ⁻ transport inhibitor	Complex IV
Azide	e ⁻ transport inhibitor	Complex IV
2,4,-dinitrophenol	Uncoupling agent	transmembrane H ⁺ carrier
Pentachlorophenol	Uncoupling agent	transmembrane H ⁺ carrier
Oligomycin	Inhibits <i>ATP synthase</i>	OSCP fraction of <i>ATP synthase</i>

The background features a series of overlapping, curved, organic shapes in various shades of blue, ranging from light sky blue to deep navy blue. These shapes are set against a white background, creating a sense of movement and depth. The overall aesthetic is modern and minimalist.

Transfer Energi

- Reaksi **eksergonik** adalah reaksi yang mengeluarkan energi. Biasanya reaksi **katabolisme** (penguraian/pemecahan molekul-molekul besar) bersifat eksergonik.
- Reaksi **endergonik** adalah reaksi yang membutuhkan energi. Biasanya reaksi **anabolisme** (pembentukan/sintesis molekul-molekul besar) bersifat endergonik.
- Total rangkaian Katabolisme + anabolisme = Metabolisme

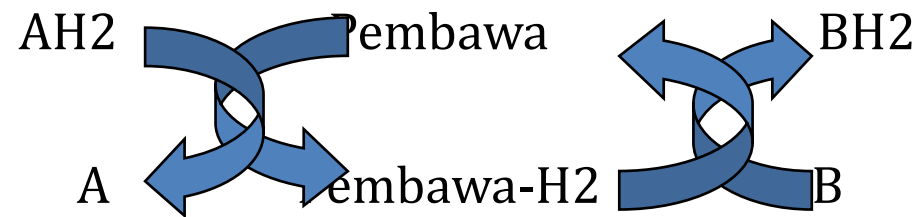
Bagaimana caranya energi dari reaksi eksergonik itu dipindahkan/ditransfer untuk reaksi endergonik?

1. Melibatkan zat antara



I = zat antara

Contoh : reaksi dehidrogenasi dan hidrogenasi.

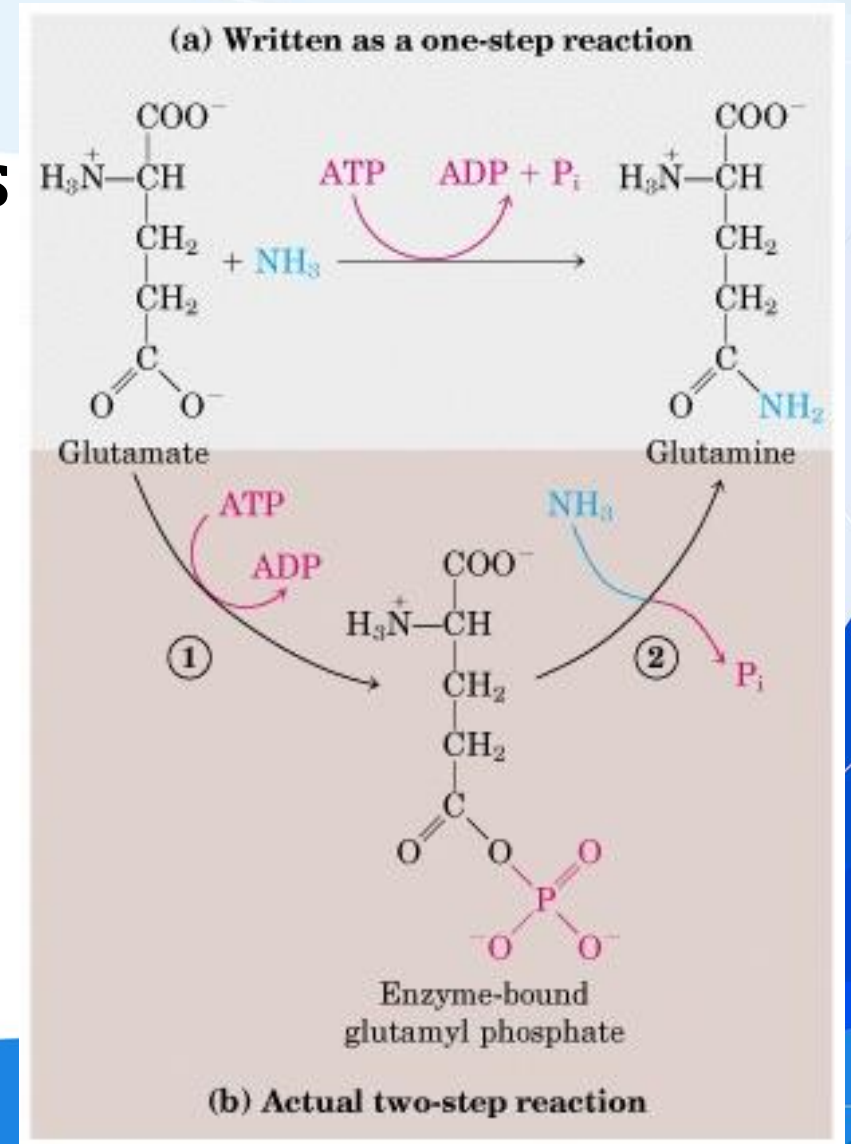


2. Melalui pembentukan senyawa berenergi tinggi.

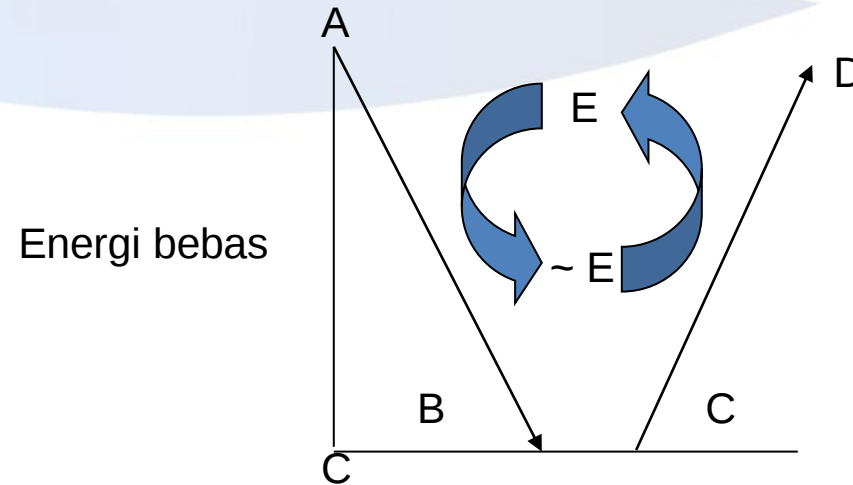
Hidrolisis ATP

merupakan cara mentransfer gugus

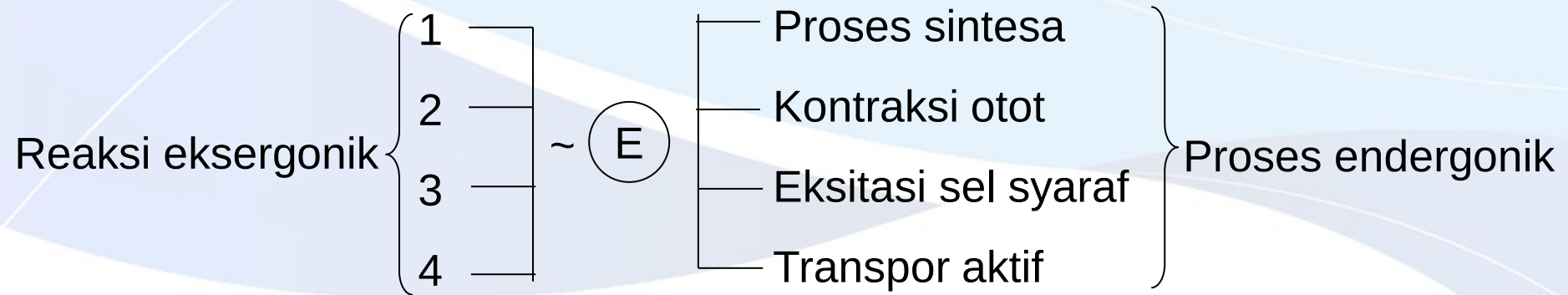
► **Hidrolisis ATP** yang mendorong reaksi (a) sebenarnya adalah **transfer gugus fosfat ke substrat membentuk senyawa antara (b) yang meningkat energinya**



Pembentukan senyawa berenergi tinggi



Senyawa berenergi tinggi (lambang ~ E) memperantarai pemindahan energi dari reaksi eksergonik ($A \rightarrow B$) ke reaksi endergonik ($C \rightarrow D$).



■ Contoh proses eksergonik dalam tubuh

1. glikolisis
2. Oksidasi asam lemak
3. Fosforilasi oksidatif
4. Siklus asam sitrat

Senyawa berenergi tinggi

1. Golongan senyawa fosfat :
 - Fosfoenol piruvat (PEP)
 - Karbamoil fosfat
 - 1,3 bisfosfoglisarat (1,3 BPG)
 - Kreatin Fosfat
 - ATP
 - ADP

2. Golongan non fosfat

- KoA – SH
- Asil Carrier protein (ACP)
- S – adenosil metionin

- Posisi ATP yang nilai ΔG nya berada di tengah, memungkinkan ATP memainkan peranan penting dalam pengalihan energi.

Table 12–1. Standard free energy of hydrolysis of some organophosphates of biochemical importance.^{1,2}

Compound	$\Delta G^{\circ'}$	
	kJ/mol	kcal/mol
Phosphoenolpyruvate	–61.9	–14.8
Carbamoyl phosphate	–51.4	–12.3
1,3-Bisphosphoglycerate (to 3-phosphoglycerate)	–49.3	–11.8
Creatine phosphate	–43.1	–10.3
ATP → ADP + P _i	–30.5	–7.3
ADP → AMP + P _i	–27.6	–6.6
Pyrophosphate	–27.6	–6.6
Glucose 1-phosphate	–20.9	–5.0
Fructose 6-phosphate	–15.9	–3.8
AMP	–14.2	–3.4
Glucose 6-phosphate	–13.8	–3.3
Glycerol 3-phosphate	–9.2	–2.2

¹P_i, inorganic orthophosphate.

²Values for ATP and most others taken from Krebs and Kornberg (1957). They differ between investigators depending on the precise conditions under which the measurements are made.

Peranan siklus ATP/ADP pada pemindahan fosfat berenergi tinggi

- ADP menangkap fosfat berenergi tinggi yang berasal dari reaksi2 eksergonik (PEP, suksinil ko A, 1,3 BPG dan fosforilasi oksidatif) dan membentuk ATP. ATP juga dapat terbentuk dari hasil pemecahan kreatin P pada otot.
- Energi yang dikandung ATP digunakan kembali untuk menggerakkan proses endergonik (Fosforilasi, aktivasi, dll)

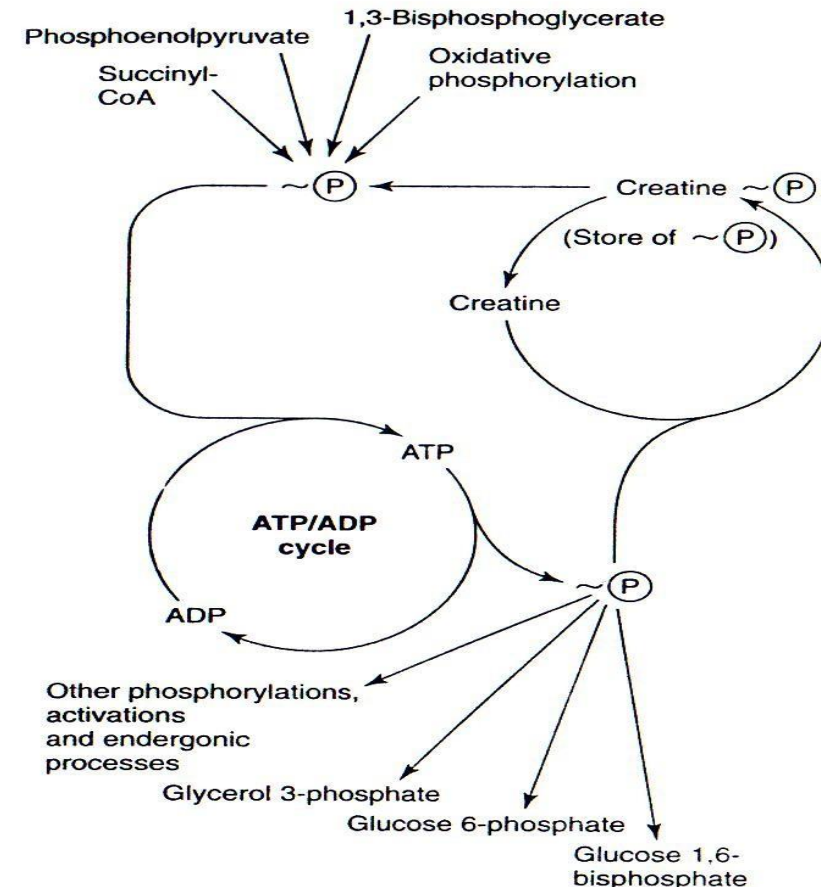


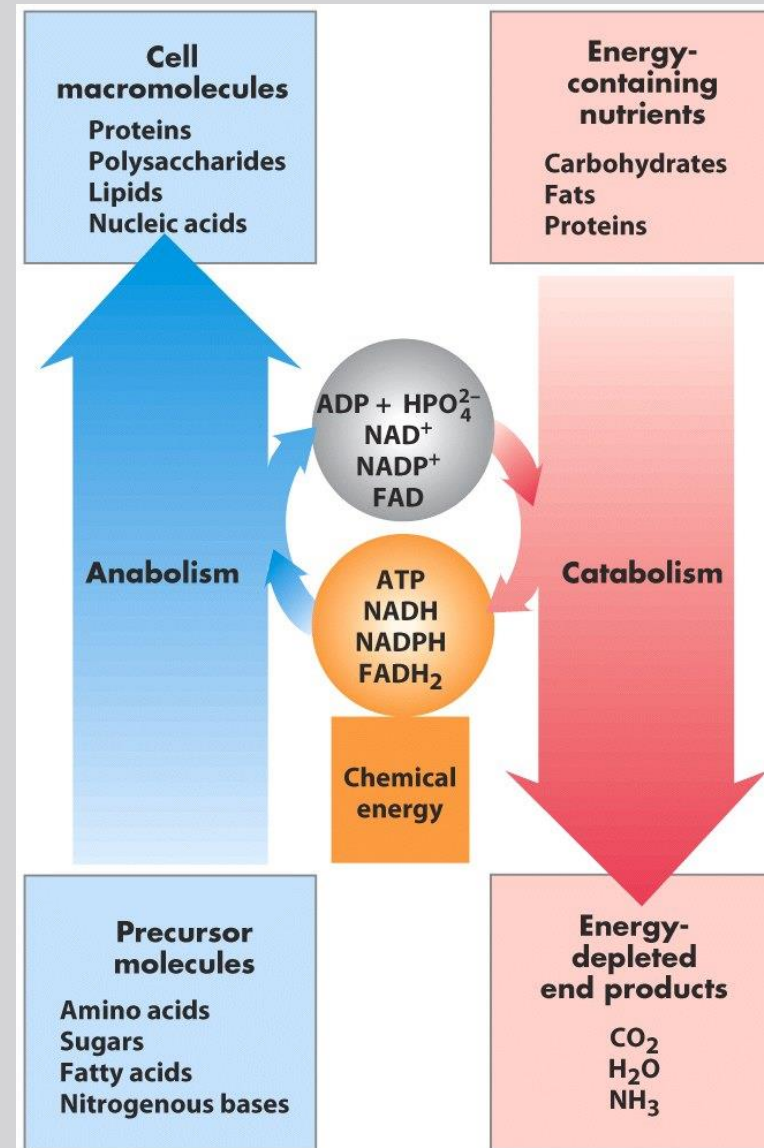
Figure 12-7. Role of ATP/ADP cycle in transfer of high-energy phosphate. Note that ~P does not exist in a free state but is transferred in the reactions shown.

Sumber senyawa berenergi tinggi

1. Fosforilasi oksidatif (rantai pernafasan): ATP
2. Glikolisis: PEP, 1,3 BPG
3. Siklus asam sitrat: suksinil ko A
4. Fosfagen (simpanan fosfat berenergi tinggi) yaitu : kreatin fosfat, arginin fosfat

Jalur metabolik dan energi

- ▶ **Nutrien berenergi** biasanya tingkat oksidasinya rendah (bentuk tereduksi). Contoh: lemak dan polisakarida.
- ▶ **Hasil akhir** yang habis energinya memiliki tingkat oksidasi tinggi (bentuk teroksidasi). Contoh: CO_2 .
- ▶ **NADH** dan **FADH₂** adalah senyawa **pereduksi** yang dapat mengubah prekursor berenergi rendah menjadi makromolekul.



- SEKIAN

LATIHAN SOAL

Fosforilasi Oksidatif & Bioenergetika

3. [.....] Oksigen adalah aseptor electron terakhir reaksi rantai pernafasan, sebab oksigen merupakan senyawa yang potensial redoksnya tertinggi . Reaksi ini dikatalisis oleh enzim :
- A. Oksigenase
 - B. Dehidrogenase aerob
 - C. Oksidase
 - D. Dehidrogenase anaerob
 - E. Hidroperoksidase

6. Fosforilasi glukosa langsung dengan fosfat anorganik ($\text{H}_3\text{PO}_4/\text{Pi}$)



$$\Delta G^\circ = +3,3 \text{ Kcal/mol}$$

Apakah kesimpulan yang benar dari reaksi ini:

- A. Merupakan reaksi eksergonik dan spontan
- B. Merupakan reaksi eksergonik dan tidak spontan
- C. Merupakan reaksi endergonik dan spontan
- ☒ D. Merupakan reaksi endergonik dan tidak spontan
- E. Reaksi berada dalam keadaan setimbang.

10. Energi yang dilepaskan selama oksidasi makromolekul terdapat dalam mitokondria sebagai ekivalen pereduksi yang membawa elektron. Elektron tersebut masuk ke dalam rantai pernafasan dan dialirkan melewati beberapa kompleks protein besar. Untuk substrat tertentu yang mempunyai potensial redoks yang lebih positif daripada NAD^+/NADH , aliran elektron menuju sitokrom Q akan melewati...

- A. Kompleks I NADH-Q oksidoreduktase
- ☒ B. Kompleks II suksinat-Q reduktase
- C. Kompleks III Q-sitokrom c oksidoreduktase
- D. Kompleks IV sitokrom c oksidase
- E. Kompleks V ATP sintase

11. [.....] Enzim yang termasuk kelas oksidoreduktase adalah :

1. gliseraldehid 3 fosfat dehidrogenase
2. isositrat dehidrogenase
3. malat dehidrogenase
4. sitokrom oksidase

12. [.....] Oksidasi biologi adalah proses memerlukan enzim yang tergolong oxidoreductase.
Enzim yang utama digunakan untuk reaksi oksidasi di rantai pernafasan adalah :

1. Oksidase

2. Oksigenase

3. Dehidrogenase

4. Hidroperoksidase

13. [.....] Enzim dehydrogenase adalah enzim yang mengoksidasi substrat dengan jalan mentransferkan satu atau lebih ion hidrida (H^-) ke akseptor. Pada reaksi oksidasi biologi, akseptor tersebut seringkali berupa :

1. NAD
2. FAD

3. NADP
4. FMN

14. [.....] Berikut adalah proses reaksi eksergonik dalam system hidup :

- | | |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 1. <u>Oksidasi asam lemak</u> | 4. <u>Fosforilasi oksidatif</u> |
| 2. <u>Eksitasi syaraf</u> | 3. <u>Kontraksi otot</u> |

15. [.....] Berikut adalah proses reaksi endergonic dalam system hidup :

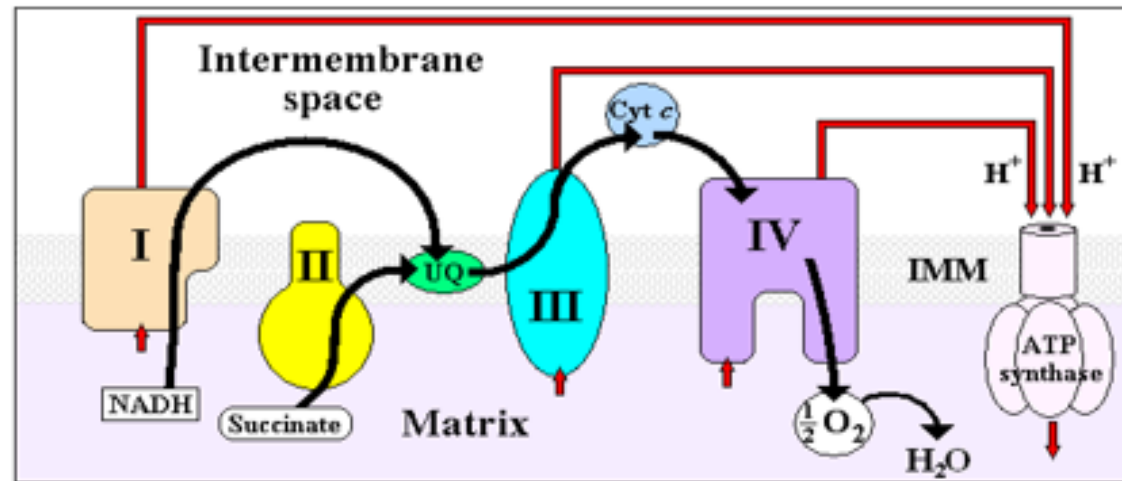
- | | |
|----------------------|------------------------------|
| 1. <u>Glikolisis</u> | 3. <u>Siklus asam sitrat</u> |
| 2. <u>Anabolisme</u> | 4. <u>Transpor aktif</u> |

Soal Tipe 3

16. [.....] Enzim hidropereksidase dan oksigenase bukan termasuk kelas oksidoreduktase SEBAB kedua enzim tersebut tidak terlibat pada proses rantai pernafasan

17. [.....] ATP adalah molekul yang bertugas dalam reaksi transfer energi dari reaksi eksergonik ke reaksi yang sifatnya endergonic dalam bentuk ikatan kimia fosfat berenergi tinggi SEBAB ATP memiliki delta energi bebas yang nilainya berada di tengah diantara senyawa fosfat yang lain.

7. Untuk mendapatkan energi makhluk hidup perlu melakukan oksidasi biologi. Salah satu bentuk oksidasi biologi adalah proses rantai pernafasan seperti gambar dibawah ini.



Pertanyaan :

- Pada organel manakah proses dalam gambar tersebut terjadi ? (maks 2,5 poin)
- Jelaskan secara umum apakah peran NAD, UQ dan cyt c pada proses itu? (2,5)
- Sebutkan fungsi oksigen pada proses tersebut (2,5)
- Bersumber dari proses metabolisme apa sajakah NADH pada gambar diatas? (maks 2,5 poin)
- Jelaskan teori chemiosmotic sehingga jelas mengapa rantai pernafasan disebut juga sebagai proses fosforilasi oksidatif (maks 5 poin)

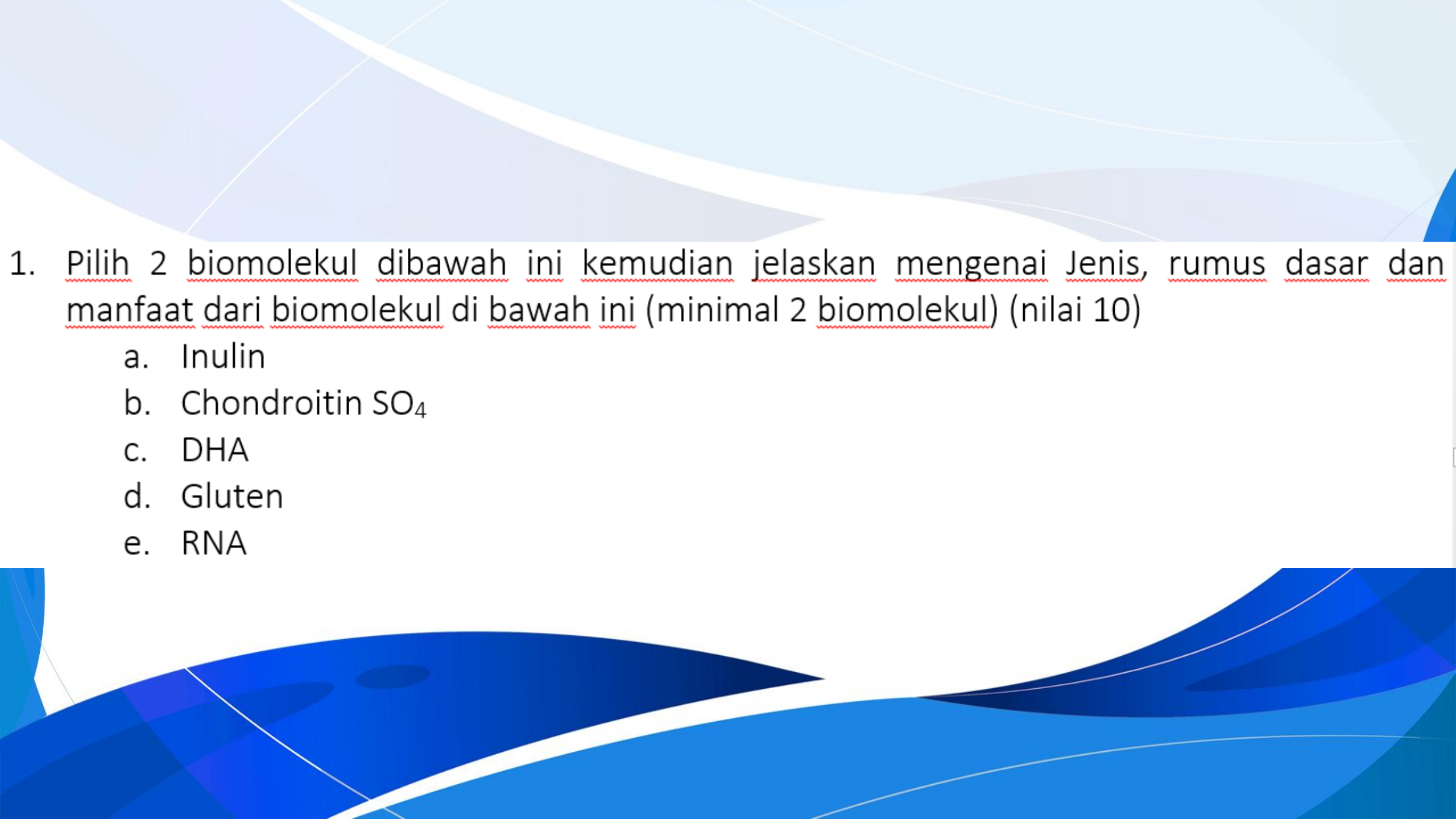
8. Suatu vitamin merk "B-mix plus", per tablet mengandung :

<u>Thiamine mononitrate (vitamin B1)</u>	8 mg
<u>Riboflavin (vitamin B2)</u>	10 mg
<u>Pyridoxin Hydrochloride (vitamin B6)</u>	10 mg
<u>Nicotinamide</u>	20 mg
<u>Vitamin C</u>	200 mg
<u>Iron (garam sulfat)</u>	10
<u>Zink (garam sulfat)</u>	100 mcg
<u>Magnesium (garam sulfat)</u>	3 mg
<u>Molybdenum (garam Natrium)</u>	45 mcg
<u>Manganese (garam Sulfat)</u>	650 mcg

Khasiat (tercantum dalam brosurnya): kandungan vitamin dan mineralnya memberikan efek biokimia dalam menjaga kesehatan, membantu mencukupi kebutuhan energi dengan memfasilitasi konversi makanan menjadi energi.

Pertanyaan :

Jelaskan secara biokimia, bagaimana peran vitamin dan mineral dalam menjaga kesehatan dan memfasilitasi konversi makanan menjadi energi. (maks 10 poin)

- 
1. Pilih 2 biomolekul dibawah ini kemudian jelaskan mengenai Jenis, rumus dasar dan manfaat dari biomolekul di bawah ini (minimal 2 biomolekul) (nilai 10)
- a. Inulin
 - b. Chondroitin SO₄
 - c. DHA
 - d. Gluten
 - e. RNA

2. Dibawah ini adalah protein hemoglobin, struktur protein terdiri dari 4 tingkat yaitu struktur primer, sekunder, tersier dan kwarterner. (nilai 15)
- Jelaskan mengenai struktur protein tersebut
 - Denaturasi protein terjadi pada struktur yang mana? Apa akibatnya bila suatu protein terdenaturasi?



3. Enzim merupakan katalisator berbagai proses hidup. Jelaskan secara tepat terminologi terkait enzim dibawah ini: (nilai 10)

- a. Apoenzim
- b. Kofaktor
- c. Holoenzim
- d. Isozim
- e. Zimogen

4. Suatu eksperimen dilakukan untuk mempelajari karakteristik suatu enzim menggunakan enzim dengan kadar 10^{-9} M . Data yang diperoleh sebagai berikut:

[substrate] (μ M)	initial reaction velocity (μ mol/min)
2	7
5	17
10	20

Pertanyaan:

- Hitung nilai K_m and V_{max} , menggunakan plot Lineweaver-Burke
- Apabila eksperimen diulang menggunakan enzim dengan kadar lima kali lipat, bagaimana pengaruhnya terhadap nilai K_m dan V_{max} ? Kalau ada perubahan, hitung nilai K_m dan V_{max} tersebut
- Sebuah toksin ditambahkan pada campuran reaksi, dan diketahui toksin tersebut terikat dengan enzim pada suatu tempat yang berbeda dengan tempat pengikatan substrat. Toksin ini tidak menghalangi ikatan antara substrat dengan enzim, tetapi menghambat pembentukan produk. Jelaskan apa pengaruh racun ini terhadap nilai K_m dan V_{max} enzim tersebut.

5. Pada suatu percobaan menentukan jenis penghambatn enzim diperoleh data sebagai berikut

<u>Konsentrasi Substrat</u> (mmol/L)	Kecepatan awal reaksi V (mmol/L.menit)	
	Percobaan 1 Tanpa Inhibitor (V_o)	Percobaan 2 Dengan inhibitor (V_i)
3	10,4	2,1
5	14,5	2,9
10	22,5	4,5
30	33,8	6,8
90	40,5	8,1

- Hitunglah V_{max} dan K_m reaksi tanpa inhibitor (maks. 5 poin)
- Hitunglah V_{max} dan K_m reaksi dengan inhibitor (maks 5 poin)
- Analisislah jenis inhibitor tersebut dengan berdasarkan nilai K_m dan V_{max} kedua percobaan tersebut (maks 2,5 poin)
- Jelaskan dari jawaban c, dimanakah inhibitor tersebut terikat dan apakah dapat diatasi dengan penambahan substrat berlebih? (maks.2,5 poin)



**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