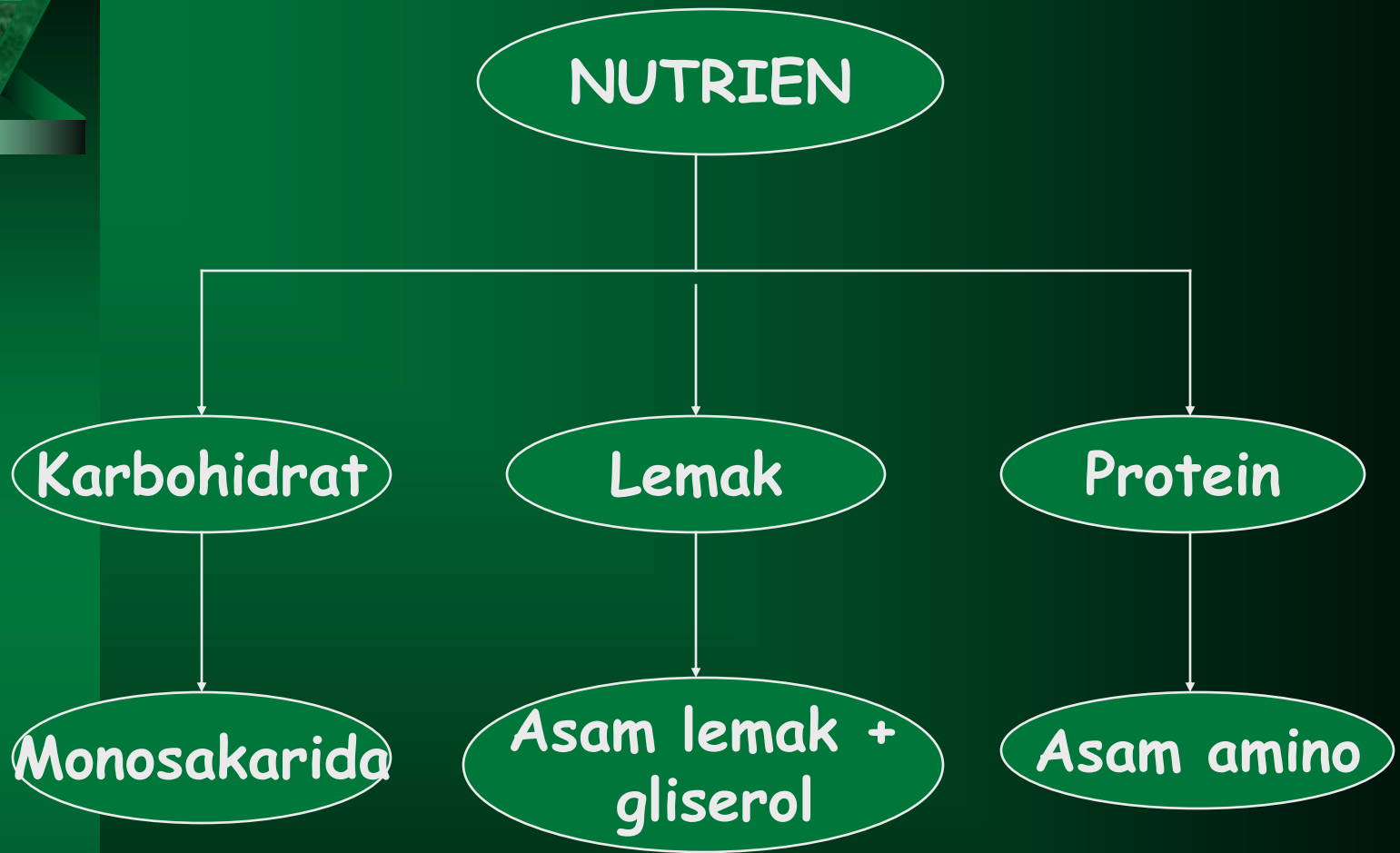


METABOLISME



NUTRIEN

- Zat-zat kimia yang terdapat dalam makanan yang bisa membentuk bagian struktur tubuh, menghasilkan energi atau mempelancar proses fisiologi tubuh.
- Saat masuk ke dalam sel tubuh akan diubah menjadi bagian struktural tubuh, hormon, enzim, dan sebagian besar akan dioksidasi menghasilkan panas dan ATP





Adenosin Trifosfat (ATP)

- Suatu molekul berenergi tinggi yang bila dihidrolisa bisa melepaskan energi yang dikandungnya untuk keperluan proses kehidupan antara lain sintesa protein dan molekul lain, kontraksi otot, penjalaran impuls, dan replikasi ADN transport aktif.

Adenosine



Phosphate Groups



Ribose





- ✓ Bila kekurangan ATP, maka ATP dapat diresintesa melalui reaksi :



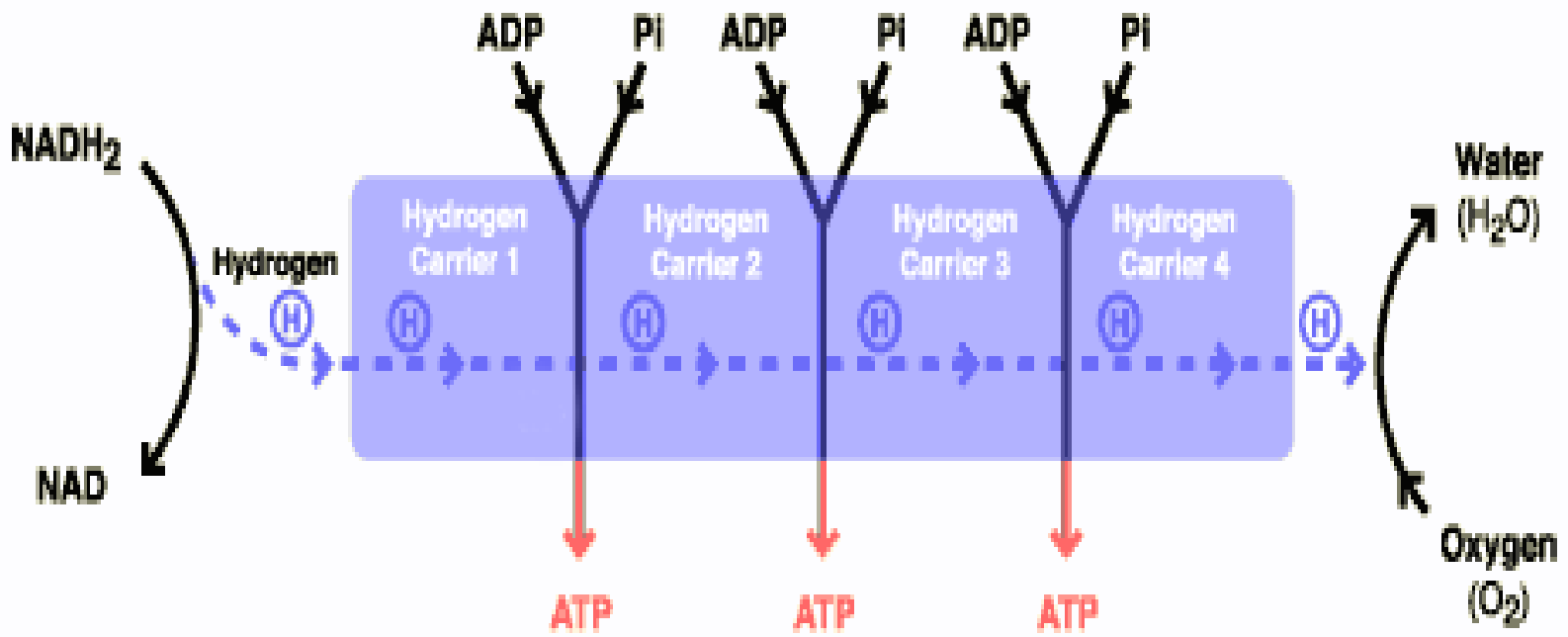


Cara pembentukkan ATP

✓ Oksidatif Phosphorilasi

Terjadi dalam mitokondria,

Proses terbentuknya ATP dari ADP + Pi dengan bantuan energi yang berasal dari reaksi H_2O .





- ✓ **Substrat Phosphorilasi**
Satu gugus fosfat dari satu metabolit (molekul) langsung di transfer ke ADP untuk menghasilkan ATP.



Metabolisme

- ✔ Proses-proses reaksi kimia yang terjadi dalam tubuh.
- ✔ Luas : Metabolisme menyangkut pencernaan makanan dalam saluran pencernaan, absorpsi dan transport nutrien, masuknya nutrien ke dalam sel, reaksi kimia yang terjadi atas nutrien dalam sel dan pengeluaran sampah dalam reaksi



Metabolisme → Katabolisme
→ Anabolisme

- Katabolisme menyangkut reaksi pemecahan (dekomposisi) zat kimia dengan menghasilkan energi.

Contoh:



Reaksi reduksi-oksidasi



- ✓ Anabolisme menyangkut reaksi sintesa yang menghasilkan zat kimia dengan molekul besar dan reaksi ini membutuhkan energi

Contoh :

Pembentukan ikatan peptida dari asam amino dalam proses membangun molekul protein.



Oksidasi-Reduksi

- Oksidasi adalah suatu reaksi katabolisme yang memecah nutrien dan menghasilkan energi.

Oksidasi bisa berupa pengambilan elektron atau ion hidrogen dari suatu molekul atau bisa pula berbentuk penambahan oksigen ke dalam suatu molekul.



Reduksi

✓ Penambahan elektron atau ion hidrogen kepada suatu molekul atau pengambilan Oksigen dari suatu molekul.


✓ Reaksi Redoks terjadi dalam respirasi sel,






Metabolisme Karbohidrat

- Karbohidrat
 - Glukosa
 - Galaktosa
 - Fruktosa
- Hasil pencernaan akan diabsorpsi usus,
 - Glukosa dan galaktosa, proses co transport
 - Fruktosa oleh difusi berfasilitas
- Masuk ke vena portae hepatica
- Dalam hati galaktosa dan fruktosa diubah menjadi glukosa

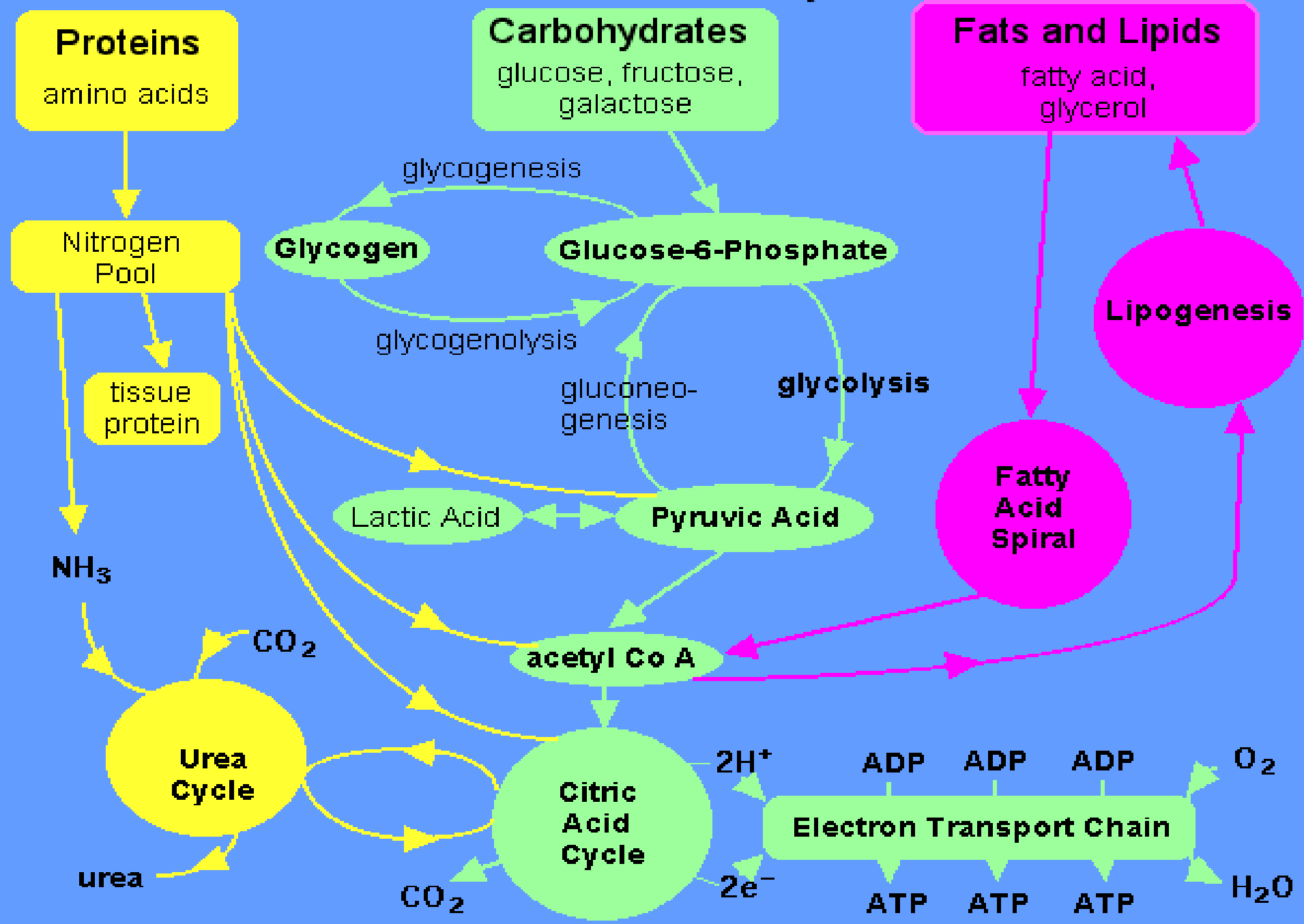
- 
- ✓ Bila tubuh membutuhkan energi,
Glukosa dioksidasi sel menghasilkan
4 kkal/gram.
 - ✓ Bila tidak membutuhkan energi,
Dalam otot dan hati glukosa diubah
menjadi glikogen (Glikogenesis)
Glikogen dalam hati : 100 gram,
Glikogen dalam otot : 200 gram



✓ Dalam hati, glukosa dapat pula diubah menjadi lemak (Lipogenesis) saat jumlah glikogen sudah melampaui batas.

✓ Jika kadar glukosa darah turun, tubuh mengubah glikogen kembali menjadi glukosa (Glikogenolisis).
Reaksi ini terjadi dalam hati karena terdapat enzim glukosa-6 Phosphatase.

Metabolism Summary





Oksidasi Glukosa

- ✓ Terdiri dari 4 tahap:
 - Glikolisis
 - Dekarboksilasi Oksidatif
 - Siklus Krebs
 - Rantai Transport Elektron
- ✓ Berlangsung di seluruh sel tubuh dan menghasilkan $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{energi}$.



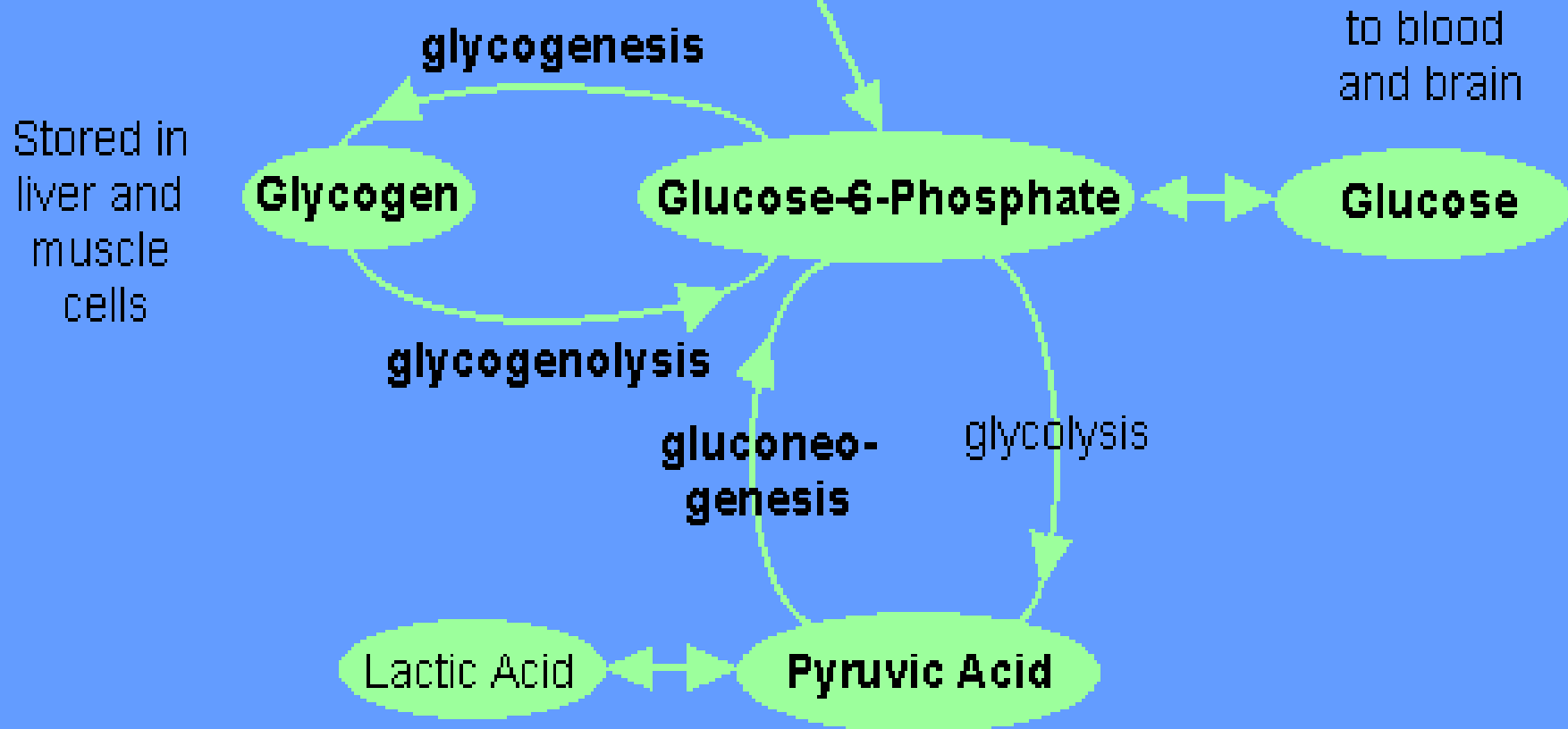
Glikolisis

- ✓ Merupakan reaksi katabolisme karbohidrat, Tahapan reaksi yang reversible dan dikatalis enzim tertentu.
- ✓ Hasil akhir adalah Asam piruvat, 2 ATP, dan 2 NADH_2

Carbohydrate Summary

Carbohydrates

glucose, fructose,
galactose





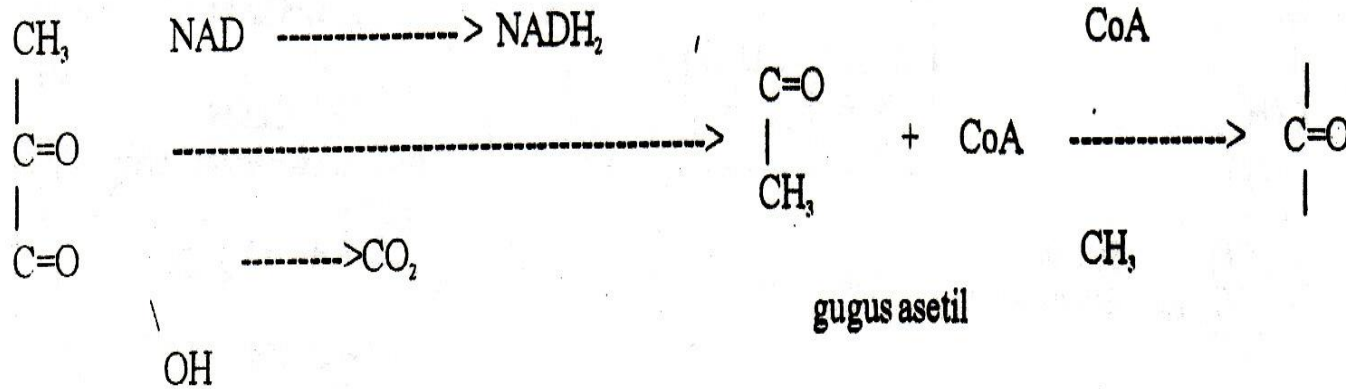
DEKARBOKSILASI OKSIDATIF



DEKARBOKSILASI OKSIDATIF

- ✓ Tempat : matrik mitokondria
- ✓ Enzim : - Piruvat-dehidrogenase
- Vitamin B (thiamin)
- ✓ Proses : asam piruvat → asetil Co A
- ✓ Hasil : CO_2 dan NADH_2
(dari 1 molekul asam piruvat)

Reaksi kimia Dekarboksilasi oksidatif





SIKLUS KREB


- ✓ Tempat : Matrik Mitokondria
- ✓ Enzim :
 - Sitrat syntase
 - Aconitase
 - Isositrat-dehidrogenase
 - Ketoglutarat dehidrogenase
 - Suksinil- kinase
 - Suksinat-dehidrogenase
 - Fumarase
 - Malat-dehidrogenase

Lanjutan

▼ Proses : asetil Co A + asam oksaloasetat → asam sitrat

Kemudian terjadi serangkaian reaksi

▼ Hasil : 3 NADH, FADH, GTP, CO₂, dan H₂O
(dari 1 Asetil Co A)



▼ NAD → (Nicotinamide Adenin Dinukleotida), suatu dinukleotida mengandung Adenin dan Nicotinamide (suatu vit. B) berupa co-enzim yang bertindak sebagai Hidrogen carier.

▼ FAD → (Flavin Adenin Dinukleotida), berupa suatu co-enzim dan hidrogen carier, hanya FAD mengandung riboflavin yaitu vit. B2

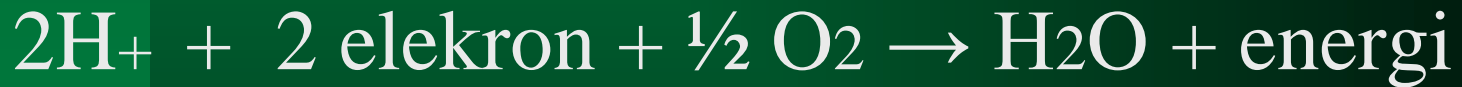
▼ GTP → Guanosin Triphospat



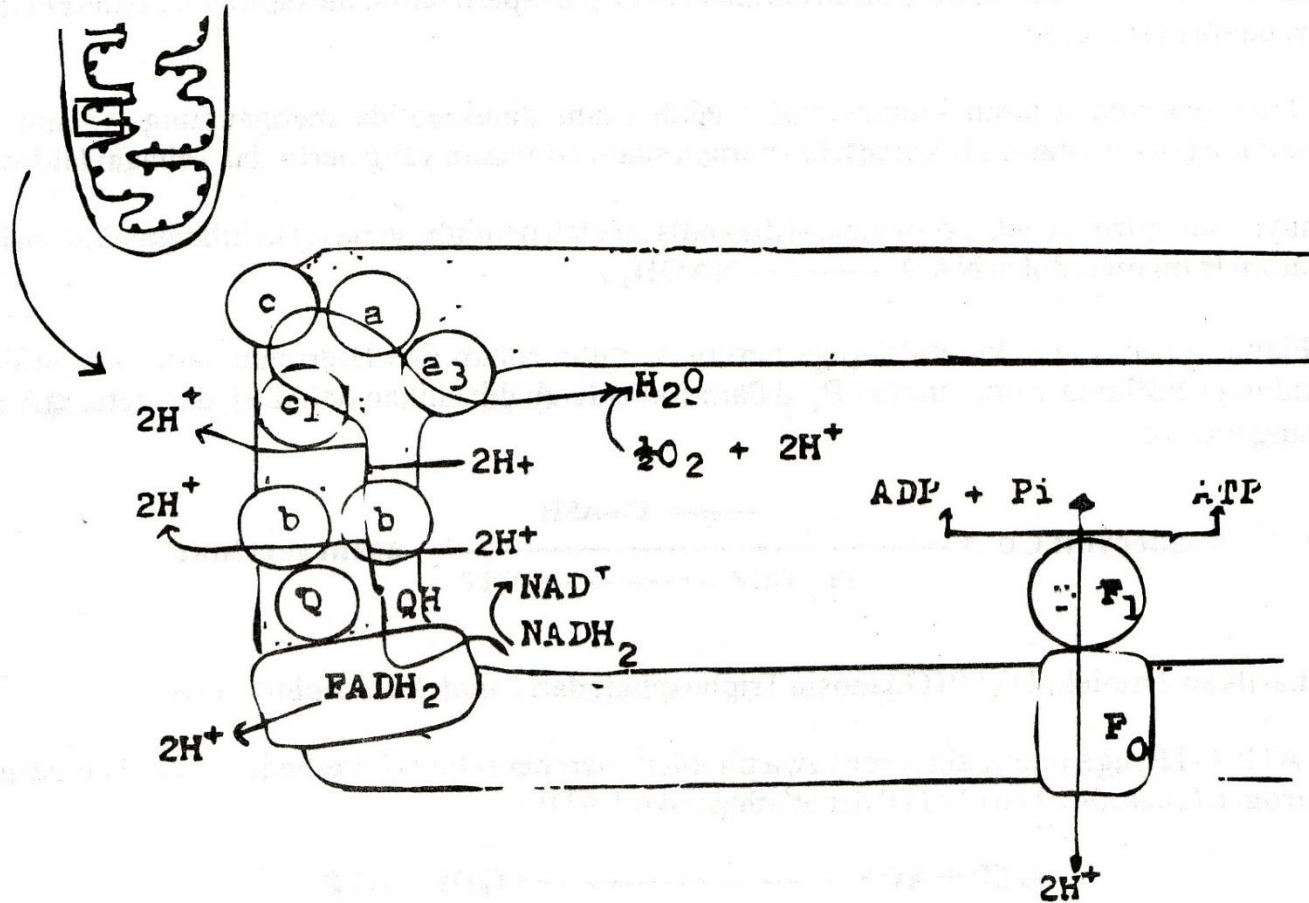
RANTAI TRANSFORT ELEKTRON

✓ Tempat : Krista mitokondria

✓ Reaksi singkat



Transport Elektron

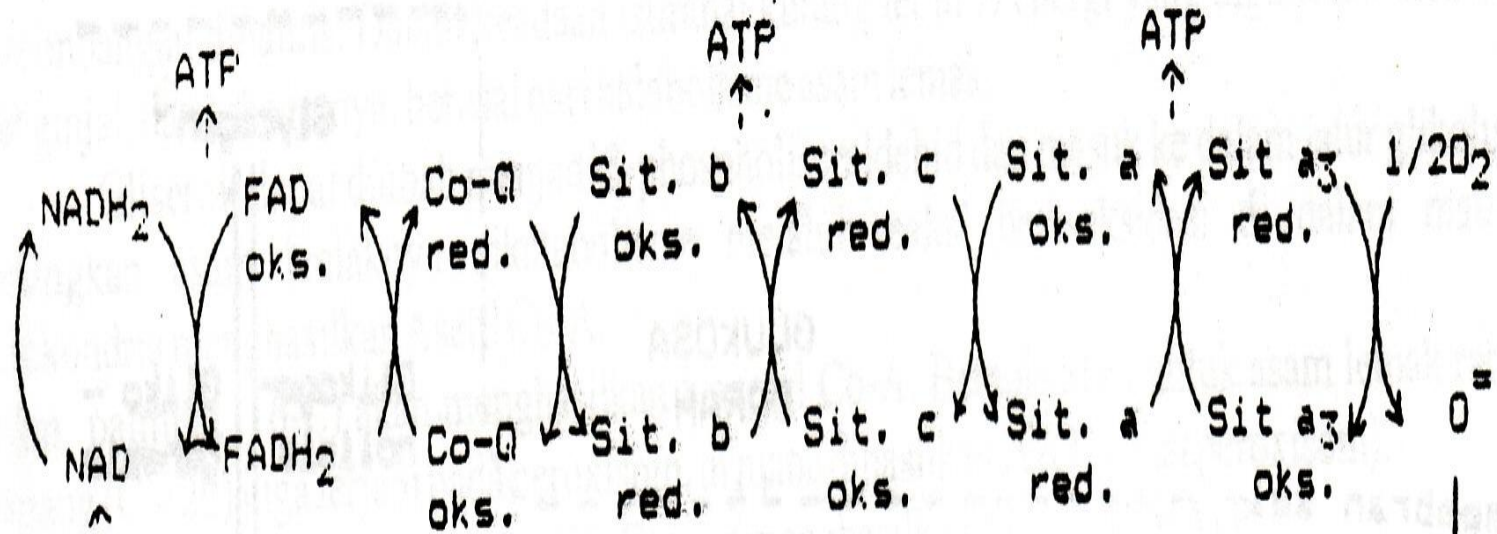


Gambar 46 . Rantai Transport Elektron dan Oksidatif Phosphorilasi



3 Molekul carier yang dapat dioksidasi dan direduksi bolak-balik :

1. Coenzim FAD
2. Coenzim Q
3. Sistem sitokrom



2 atom H
 dari glikolisis
 dekarbosisasi
 oksidatif dan
 siklus kreb



Energi Yang Dihasilkan

Substrat phosphorilasi	= 2 ATP	= 2 ATP
Glikolisis	= 2 NADH ₂	= 6 ATP
D. oksidatif	= 2 NADH ₂	= 6 ATP
Siklus kreb	= 2 GTP	= 2 ATP
	= 6 NADH ₂	= 18 ATP
	= 2 FADH ₂	= 4 ATP +
		<u>38 ATP</u>

Karena; 1 NADH = 3 ATP

1 FADH₂ = 2 ATP

1 GTP = 1 ATP

1 ATP menghasilkan 7 kkal, maka

38 ATP menghasilkan $38 \times 7 = 266$ kkal/mol glukosa

Total Energi

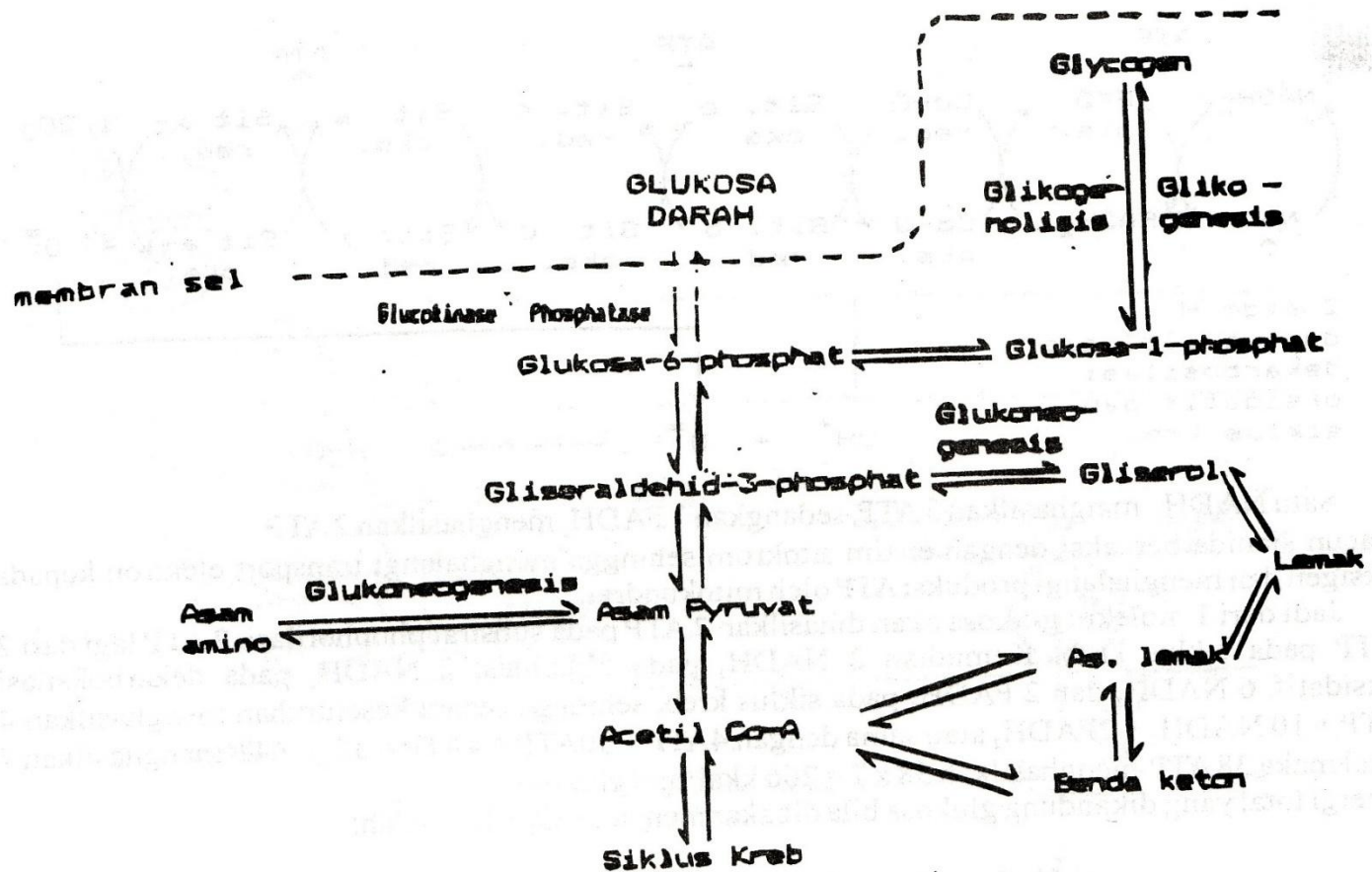
- ✔ Di otot dihasilkan 36 ATP, karena NADH dari glikolisis berhasil masuk ke matrik mitokondria dengan menggunakan 1 ATP untuk setiap 1 NADH.
- ✔ Di ginjal, hati, jantung dan otak dihasilkan 38 ATP karena NADH masuk ke mitokondria melalui siklus ulang alik gliseraldehid



GLUKONEOGENESIS

- ✓ Proses pembentukan glukosa dari sumber-sumber selain karbohidrat (lemak, protein)
- ✓ Hormon : Cortison, Thyroxin, Adrenalin, Glukagon, dan Hormon Pertumbuhan

Reaksi



Gambar 47. Glukoneogenesis



BAHAN EVALUASI


1. Senyawa kimia yang dihasilkan pada proses perombakan 1 molekul asam piruvat menjadi asetil Co A pada proses dekarboksilasi oksidatif adalah...
 - a. 1 molekul CO_2 dan 1 molekul NADH dan H^+
 - b. 1 molekul CO_2 dan NAD
 - c. 1 molekul H_2O dan 1 molekul NADH
 - d. 1 molekul CO_2 dan 2 molekul NAD^+



2. Vitamin B kompleks penting dalam proses reaksi kimia karena...
 - a. Merupakan bagian dari koenzim
 - b. Merupakan bagian dari apoenzim
 - c. Merupakan bagian dari aktivator
 - d. Merupakan bagian dari protein



3. Siklus kreb berlangsung pada organel...
 - a. Ribosom
 - b. Badan golgi
 - c. Mitokondria
 - d. Lisosom



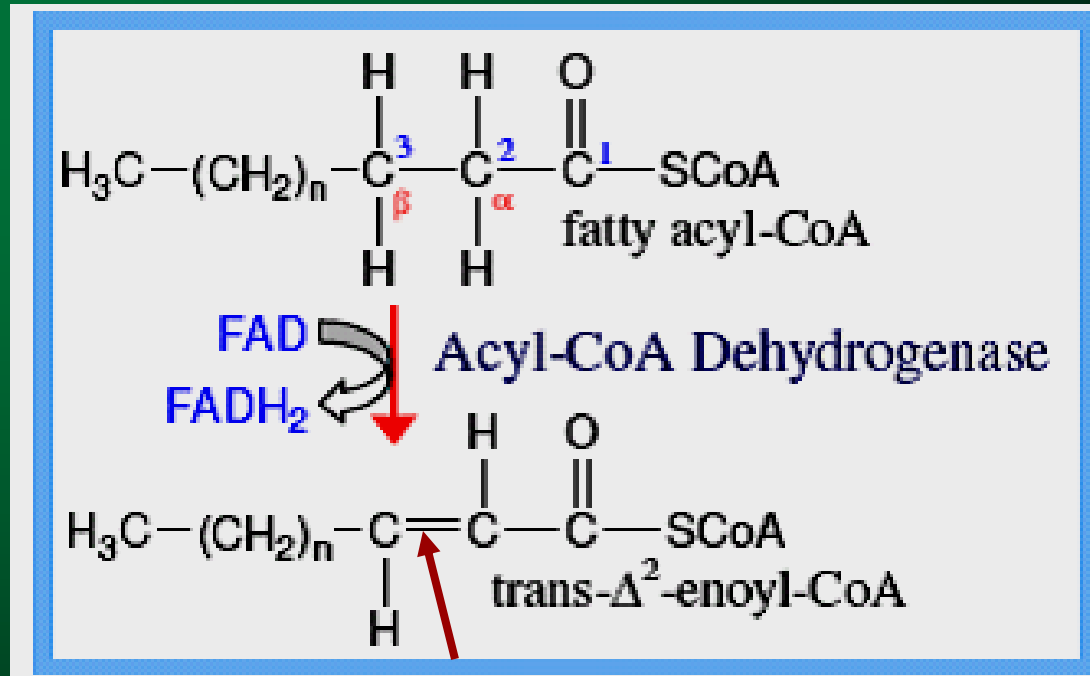
Metabolisme
Lemak



β oksidasi

- ✓ **Terdiri dari 4 proses utama:**
 - **Dehidrogenasi**
 - **Hidratasi**
 - **Dehidrogenasi**
 - **Thiolisis**

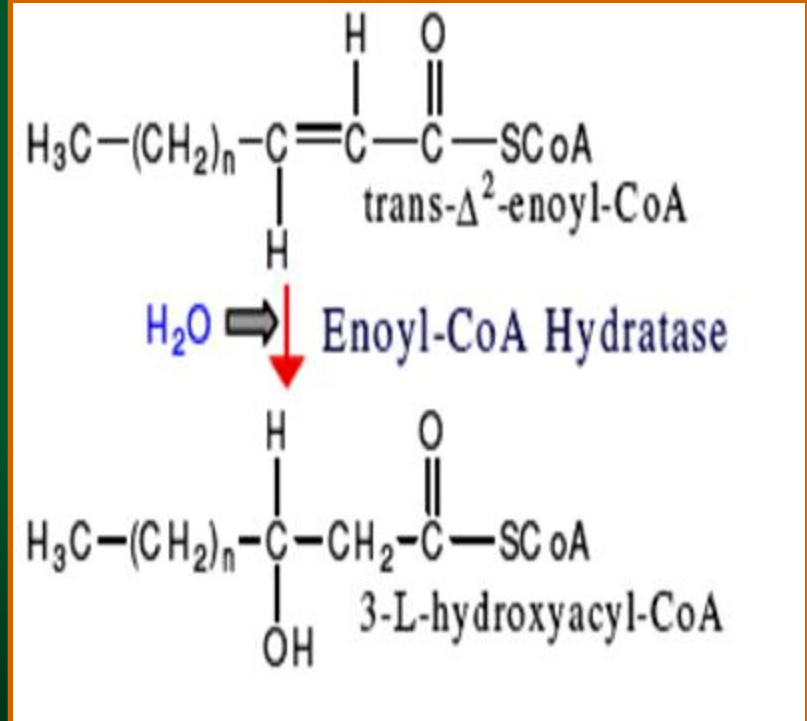
1. Dehidrogenasi / oksidasi



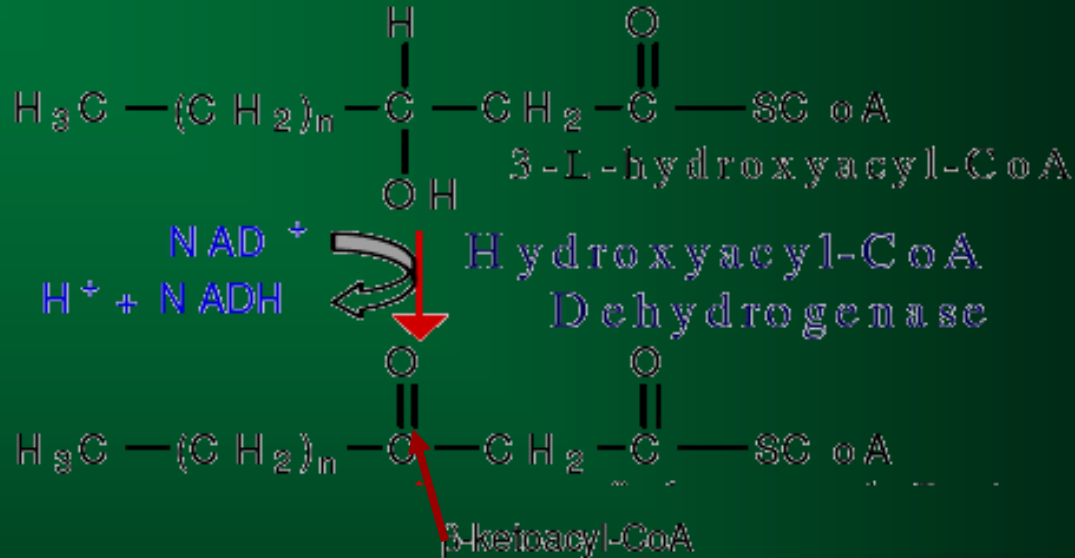
- Enzim asil KoA dehidrogenase
- Menghasilkan enoil Koa
- Mempunyai akseptor hidrogen FAD⁺.
- Menghasilkan 2 ATP

2. Hidratisasi

- Enzim enoil KoA hidratase
- Penambahan gugus hidroksi pada C no. 3
- Menghasilkan 3-L-hidroksiasil KoA

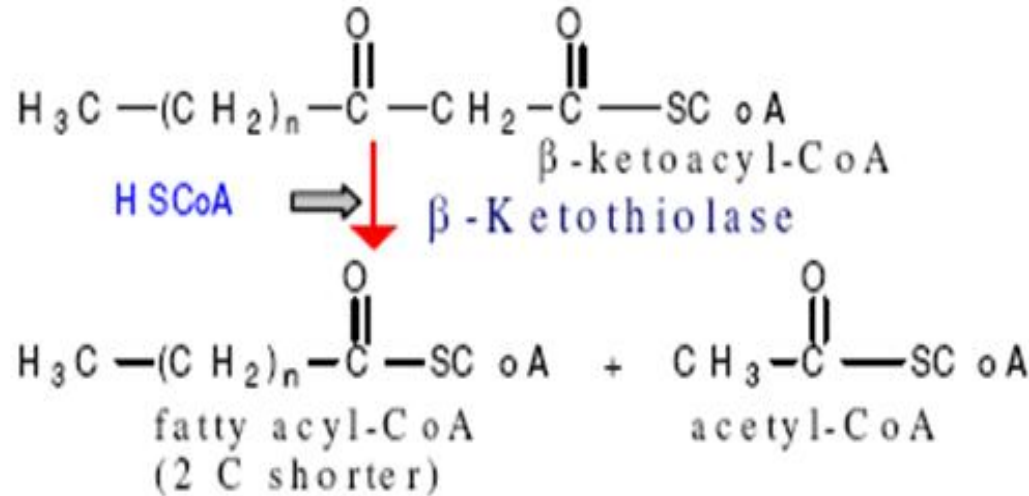


3. Dehidrogenasi



- Enzim L-hidroksil KoA dehidrogenase
- Menghasilkan β -ketoasil KoA
- Akseptor elektronnya : **NAD⁺**

4. Thiolisis



- Enzim β -Ketothiolase \rightarrow mengkatalisis pemecahan ikatan thioester.
- Acetyl-CoA \rightarrow dilepas dan tersisa asam lemak asil ko A



KETOGENESIS

Terjadi karena asetil KoA dari penguraian lemak terdapat dalam keadaan berlebih tidak masuk dalam siklus Kreb, tetapi diubah menjadi asam oksaloasetat, asam hidroksibutirat dan aseton.

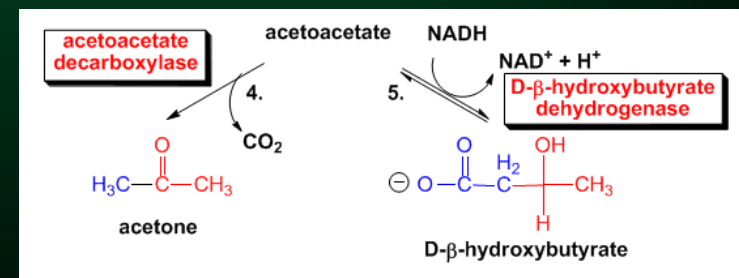
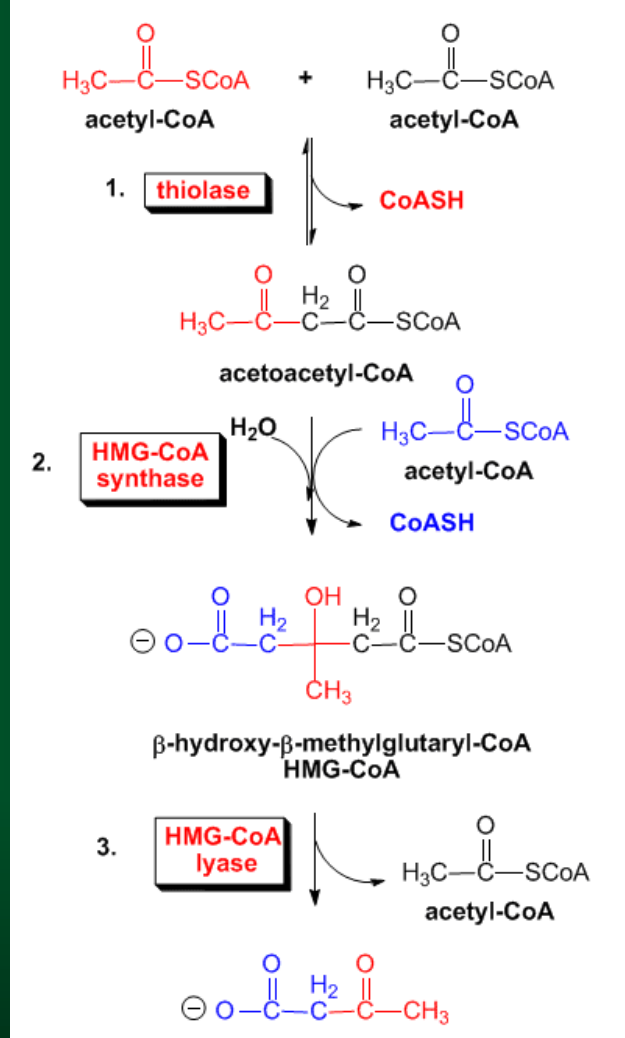
Badan Keton menimbulkan acidosis (darah menjadi asam)

Tahapan-tahapan:

1. 2 molekul asetil KoA berkondensasi membentuk asetoasetil KoA

2. Asetoasetil KoA bereaksi dengan asetil KoA dan air menghasilkan 3-hidroksi-3-metilglutaril KoA.

3. Pemecahan 3-hidroksi-3-metilglutaril KoA menjadi asetil KoA dan asam asetoasetat.

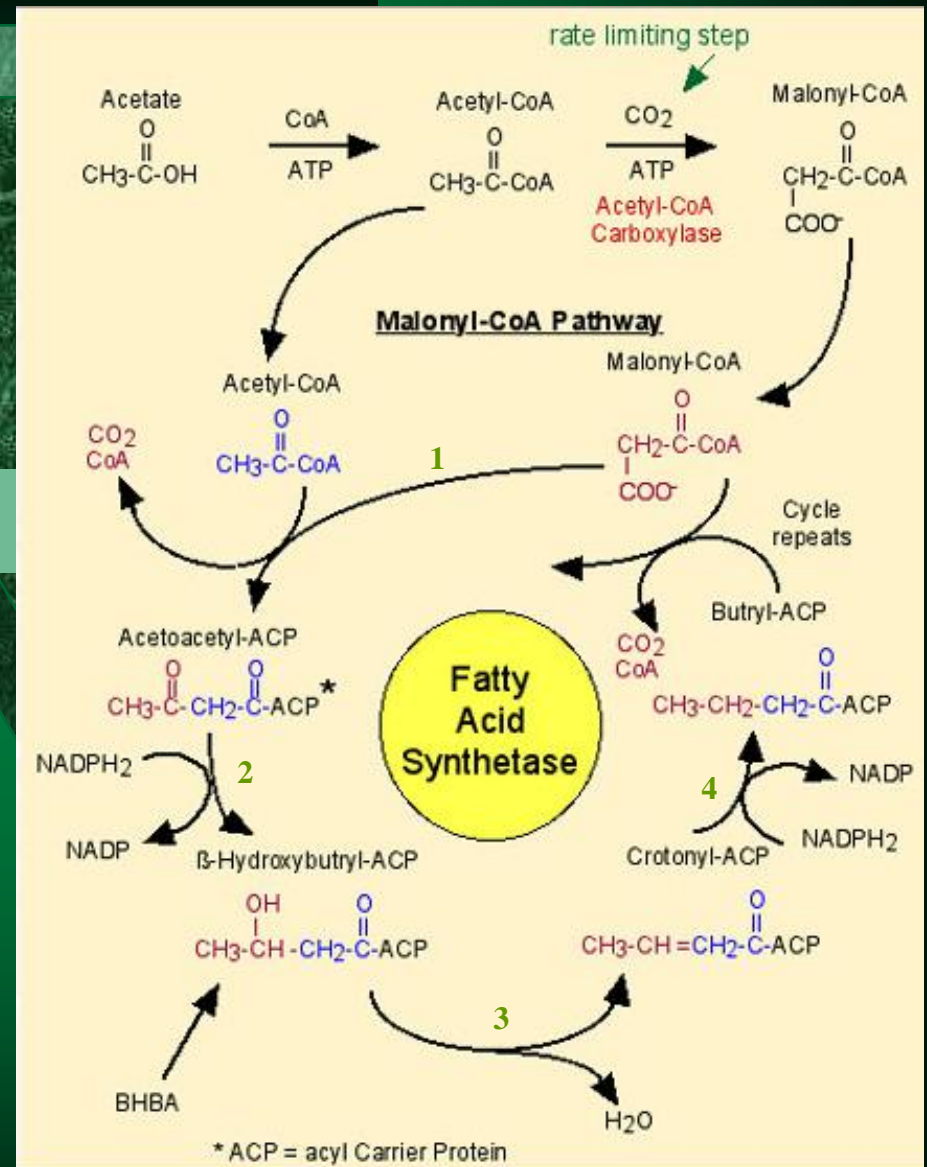


Sintesis Lemak

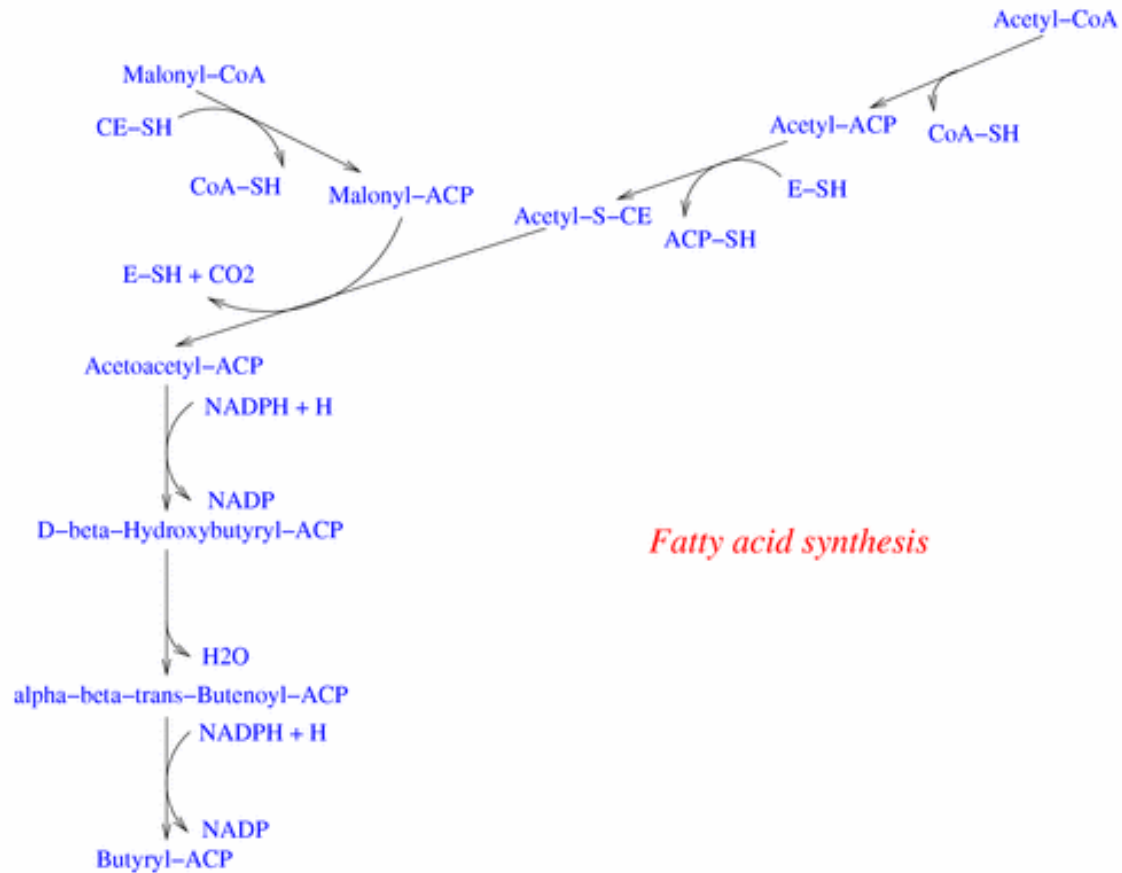
Tahapan-tahapan:

- Reaksi awal : asetil KoA menjadi malonil KoA
 - Tahap memperpanjang rangkaian atom C:
1. Kondensasi
Enzim: asil-malonil ACP kondensase
 2. Reduksi
Enzim: ketoasil ACP reduktase
 3. Dehidrasi
Enzim: 3-hidroksi asil ACP dehidratase
 4. Reduksi
Enzim: enoil ACP reduktase

ACP = suatu protein pengangkut asil yang mengikat zat-zat antara dalam sintesis asam lemak



SINTESIS LEMAK





Metabolisme Protein



Tahap katabolisme Asam Amino

1. TRANSAMINASI

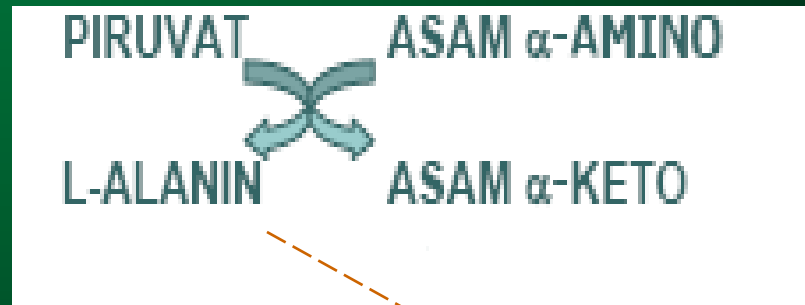
2. DEAMINASI OKSIDATIF

3. SIKLUS UREA

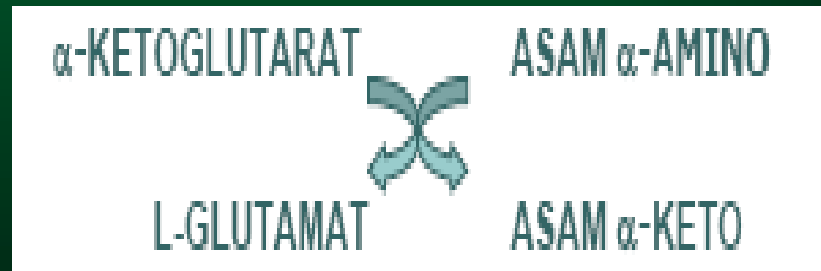
1. TRANSAMINASI : pemindahan gugus amino dari satu asam amino ke asam amino lain

Enzim :

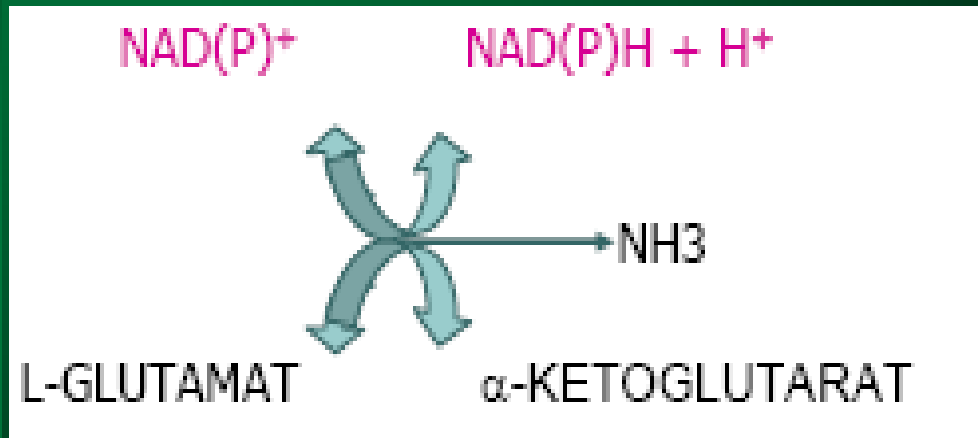
- Alanin transaminase



- Glutamat transaminase

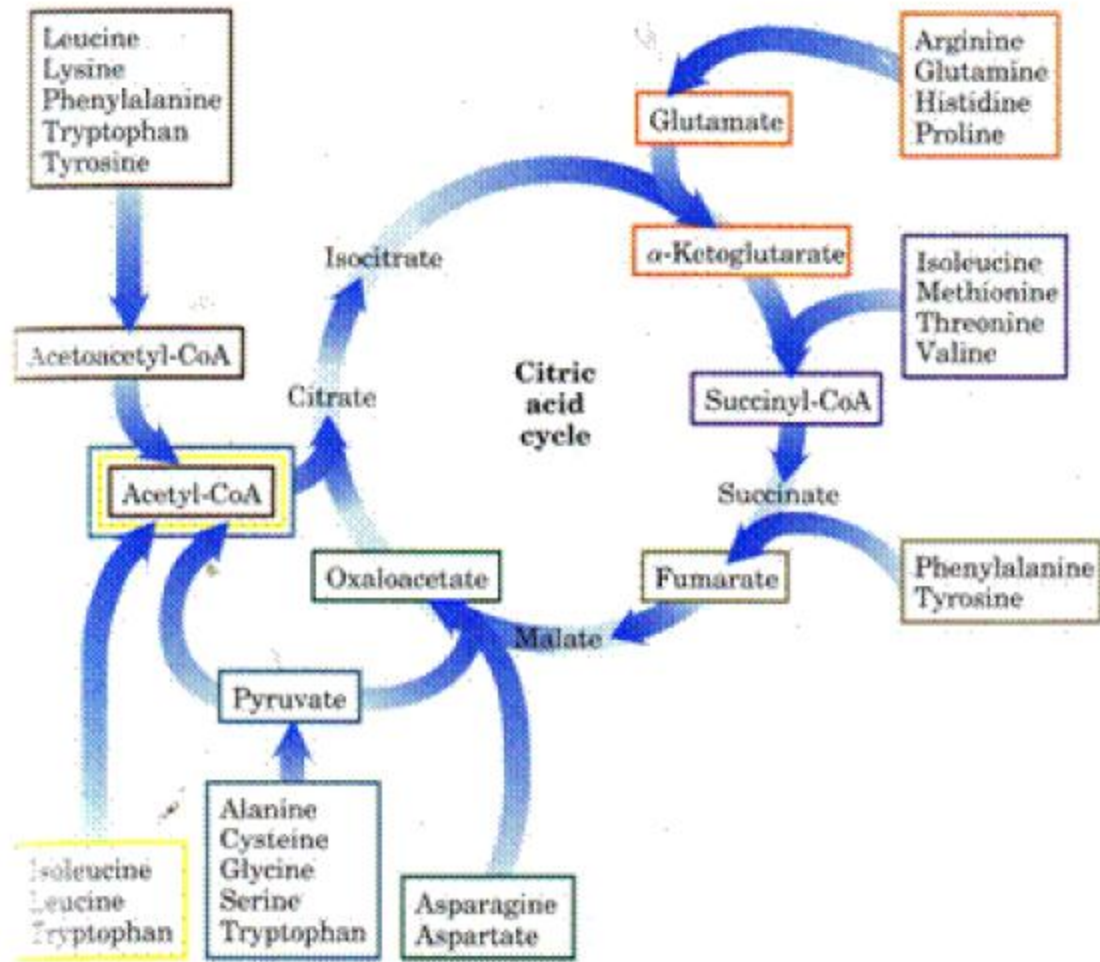


2. DEAMINASI OKSIDATIF : melepaskan gugus $-NH_2$ dari asam amino



Enzim glutamat dehidrogenase

Pembentukan Asetil KoA





3. SIKLUS UREA

- **TERJADI DI HATI**

Produk akhirnya yaitu urea akan masuk sirkulasi darah dan dibuang lewat ginjal (urine)

- Tahapan siklus urea:

REAKSI 1 : Sintesis Karbamil fosfat

REAKSI 2 : Pembentukan Sitrulin

REAKSI 3 : Pembentukan asam argininosuksinat

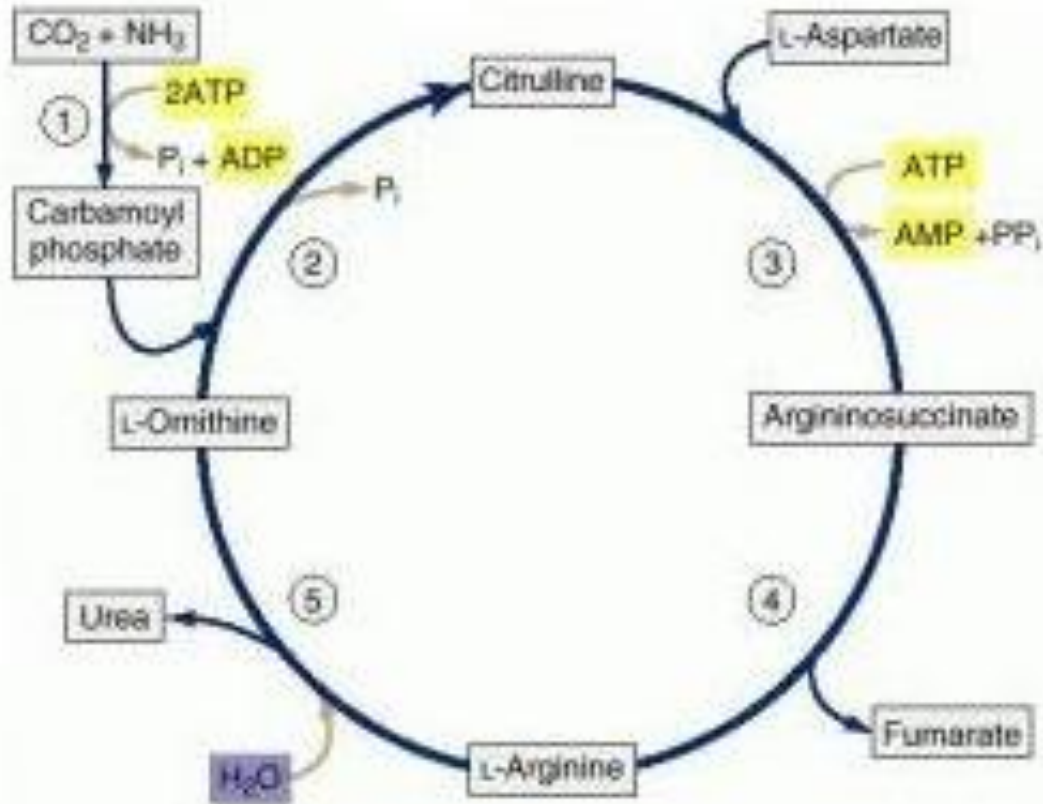
REAKSI 4 : Penguraian asam argininosuksinat

REAKSI 5 : Penguraian arginin

REAKSI 1 DAN 2 TERJADI DI DALAM Matriks
MITOKONDRIA HATI

REAKSI 3, 4, 5 TERJADI DI DALAM SITOSOL HATI

Siklus Urea

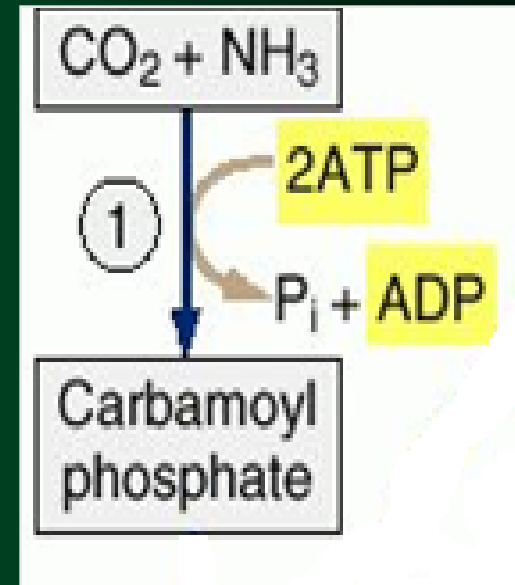


KEY TO ENZYMES (Circled Numbers)

1. Carbamoyl-phosphate synthase (ammonia)
2. Omithine carbamoyltransferase
3. Argininosuccinate synthase
4. Argininosuccinate lyase
5. Arginase

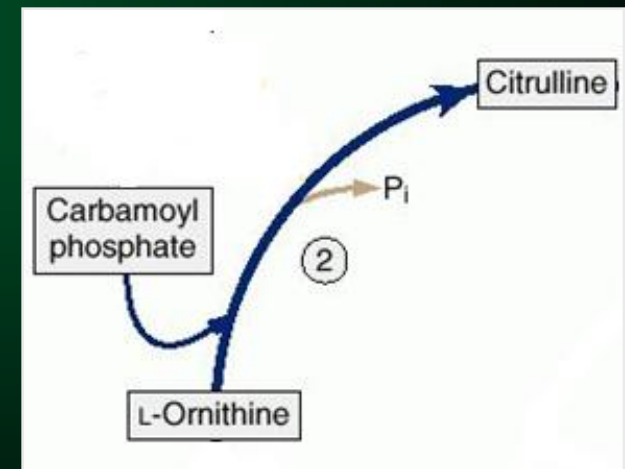
REAKSI 1 : Sintesis Karbamil fosfat

- Enzim KARBAMOIL FOSFAT SINTASE I
- Pembentukan karbamil fosfat
- Memerlukan energi, $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP}$
- Kofaktor Mg^{++} dan N-asetil-glutamat



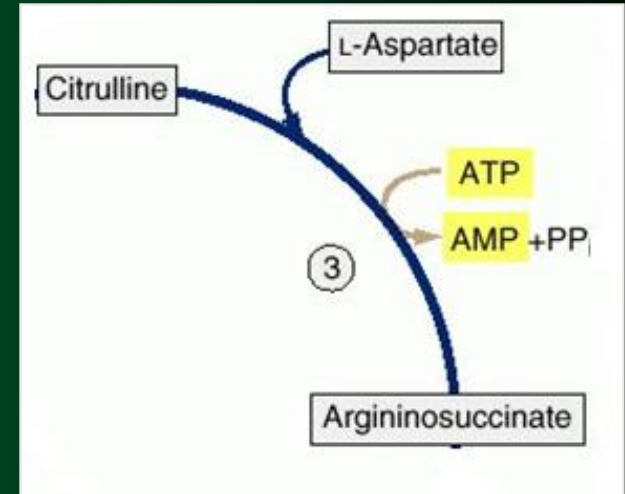
REAKSI 2 : Pembentukan Sitrulin

- Enzim ORNITIN TRANSKARBAMILASE



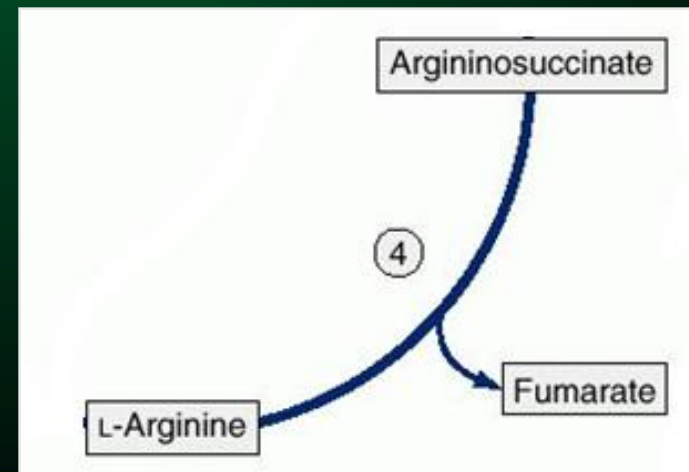
REAKSI 3 : Pembentukan asam Argininosuksinat

- Enzim ARGININOSUKSINAT SINTETASE
- ATP → AMP



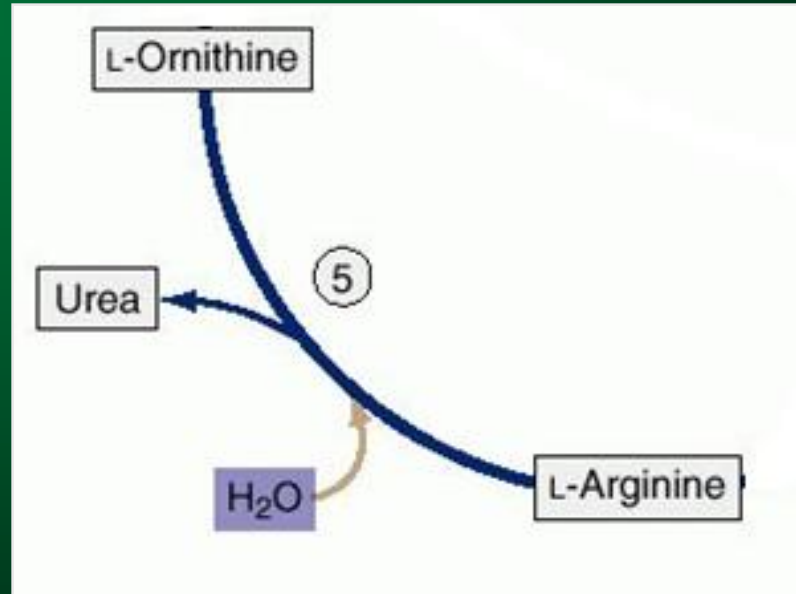
REAKSI 4 : Penguraian asam Argininosuksinat

- Enzim ARGININOSUKSINASE
- Menghasilkan arginin dan asam fumarat



REAKSI 5 : Penguraian arginin

- Enzim ARGINASE
- Menghasilkan arginin dan asam fumarat



Ornitin yang terbentuk bereaksi kembali dengan karbamilfosfat untuk membentuk sitrulin (reaksi 2)



KESEIMBANGAN NITROGEN

- N masuk tubuh lewat makanan
- N keluar tubuh lewat urine, keringat dan feces

- Keseimbangan N tubuh dikatakan positif bila $N \text{ protein} > N \text{ urine}$. Berarti sintesis protein $>$ katabolismenya. Terjadi misalnya pada masa penyembuhan, masa pertumbuhan, masa hamil.

- Keseimbangan N negatif berarti katabolisme protein $>$ sintesisnya. Terjadi misalnya pada waktu kelaparan, sakit.

- Keseimbangan N yg setimbang terdapat pada orang dewasa normal dan sehat.



MINERAL

- merupakan 4% dari berat badan.
- Ca, P, Na, Cl, Mg, Fe, K, I, S, Mn, Co, Cu, Zn

VITAMIN

- Vitamin larut dalam air (Vit. B kompleks dan C)
- Vitamin larut dalam lemak (Vit. A, D, E, K)

Mineral dan vitamin merupakan kofaktor dan koenzim yg memperlancar metabolisme.



METABOLISME BASAL (BMR)

Adalah Kecepatan metabolisme yang diukur pada keadaan istirahat sempurna (fisik dan mental) pada suhu kamar, 12 jam setelah makan.

Faktor yang mempengaruhi BMR :

- Luas permukaan tubuh
- Sex
- Demam
- Keadaan hormon
- Usia
- Kehamilan
- Kelaparan



SPEIFIC DYNAMIC ACTION

Ialah Energi yang diperlukan bila seseorang mencernakan, mengabsobsi, dan mentransport nutrient dalam tubuh. Energi untuk dynamic action adalah 10% (BMR+aktifitas fisik)

SUHU TUBUH

Sehat → 36,5 -37 oC (suhu optimal →proses-proses fisologis tubuh)

Suhu dapat dipertahankan : Keseimbangan antara panas yang diproduksi tubuh dan panas yang dikeluarkan tubuh

Faktor-faktor yang dapat meningkatkan produksi panas:

- 1.Radiasi
2. Konveksi
- 3.Konduksi
- 4.Penguapan

PUSAT KONTROL SUHU TUBUH

Bila suhu tubuh meningkat $>37^{\circ}\text{C}$ \rightarrow darah $>37^{\circ}\text{C}$ ini, merangsang pusat penghilang panas pada hipotalamus \rightarrow refleks serabut syaraf otonom untuk mendilatasi pembuluh darah kulit \rightarrow kulit merah dan panas.

Kulit dan keringat yang panas \rightarrow dingin oleh ; Radiasi, konveksi, konduksi, suhu tubuh akan menurun.

Bila suhu tubuh $<37^{\circ}\text{C}$ \rightarrow akan merangsang pusat pembentuk panas pada hipotalamus yang akan :

1. Menyebabkan vassokonstriksi pembuluhdarah tepi, kulit jadi dingin
2. Otot menggigil menimbulkan panas
3. Pengeluaran thyroxin \rightarrow meningkatkan BMR
4. Rangsang symphatis bertambah \rightarrow meningkatkan metabolisme sel



HEAT EXHAUSTION DAN HEAT STROKE

Heat exhaustion

Bila seseorang memasuki suatu lingkungan yang panas dan keadaan ini berlangsung cukup lama maka untuk mempertahankan suhu tubuh orang tersebut akan mengeluarkan keringat berlebihan (kehilangan cairan dan garam-garam), kemudian dapat menimbulkan shock hyrovoemia dengan tanda-tanda denyut jantung melemah, kulit basah, pucat, tekanan darah turun.

HEAT STROKE

Bila orang tersebut terganggu kemampuan untuk menurunkan suhu tubuhnya, kulitnya tetap kering, suhu tubuh meningkat $>41^{\circ}\text{C}$, denyut jantung cepat dan fungsi otak terganggu serta sakit kepala dan pusing-pusing.



FROSBITE, FROSTNIP, HYPOTHERMIA

Frostnip

Muka telinga, jari-jari menjadi pucat, dingin dalam 2-3 hari kemudian melepuh dan mengelupas.

Frosbite

Bagian yang terkena menjadi putih, tak berasa, bila dipanaskan menjadi merah dan sakit, bisa menimbulkan kematian jaringan

Hypothermia

Proses menggigil sering terhenti sehingga penurunan suhu tubuh yang menimbulkan kekeacauan mental, halusinasi, pernafasan dan denyut jantung menjadi lambat

Berat badan Ideal

$$\text{IMT (Indeks Masa Tubuh)} = \frac{\text{Berat (Kg)}}{\text{Tinggi (m)}^2}$$

Normal → IMT = 19-25

Overweight → IMT > 25

Obese → IMT > 30

Berat badan yang diharapkan:

$$(\text{TB}-100) - (10\% \times (\text{TB}-100))$$



1. **Over Weight**

Bila didapatkan berat badan di antara 10 %-20% dari berat badan yang diharapkan

2. **Obese**

Bila berat badan $>20\%$ dari berat badan yang diharapkan

3. **Kwashiorkor (Kurang protein)**

Suatu keadaan gizi seseorang yang cukup kalori berasal dari lemak dan karbohidrat tetapi asam amino esensial dan total protein.

4. **Marasmus (Kurang protein dan kalori)**

Suatu keadaan gizi seseorang yang kurang, baik jumlah protein maupun kalorinya.