



PKL 116

SISTEM ENERGI LATIHAN

1. 1 SKS Teori

2. 1 x per Minggu 100 Menit x min 8 tm

3. Tiga x tidak masuk tanpa keterangan out

Diskripsi

Memahami, menghayati tentang sistem energi yang meliputi sistem untuk latihan intensitas maksimal, tinggi, sedang, intermittent, dan pulih asal, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam menyusun program latihan.

PKL 116

SISTEM ENERGI LATIHAN

1. Konsep Sistem Energi

- a. Metabolisme dalam latihan
- b. Anabolisme
- c. Katabolisme
- d. Peranan enzim dalam metabolisme
- e. Kecepatan reaksi kimia
- f. Istilah dalam metabolisme



2. Sistem Energi Latihan Dengan Intensitas Maksimal

a. ATP Sebagai Satu-satunya Substrat Penghasil Energi.

b. Sistem ATP-PC dalam Latihan

3. Sistem Energi Dengan Intensitas Maksimal " Lama "

a. Glikolisis anaerobik

b. Sistem Asam Laktat dalam Latihan



4. Sistem Energi Dalam Latihan Dengan Intensitas Tinggi

- a. Glikolisis Aerobik
- b. Siklus Krebs
- c. Sistem Transport Elektron
- d. Sistem Oksigen Intensif

5. Sistem Latihan Dengan Intensitas Sedang

- a. Beta Oksidasi
- b. Sistem Oksigen Ektensif



6. Sistem Energi Dalam Latihan Intermittent

1. Latihan Intermittent
2. Kelelahan
3. Pulih Asal

1. Konsep Sistem Energi

a. Metabolisme

suatu proses yang berkenaan dengan sistem energi

Semua penyediaan energi proses kimia

Banyak latihan perlu pengerahan energi yang maksimal, kelelahan diantaranya dapat disebabkan terganggunya sistem energi

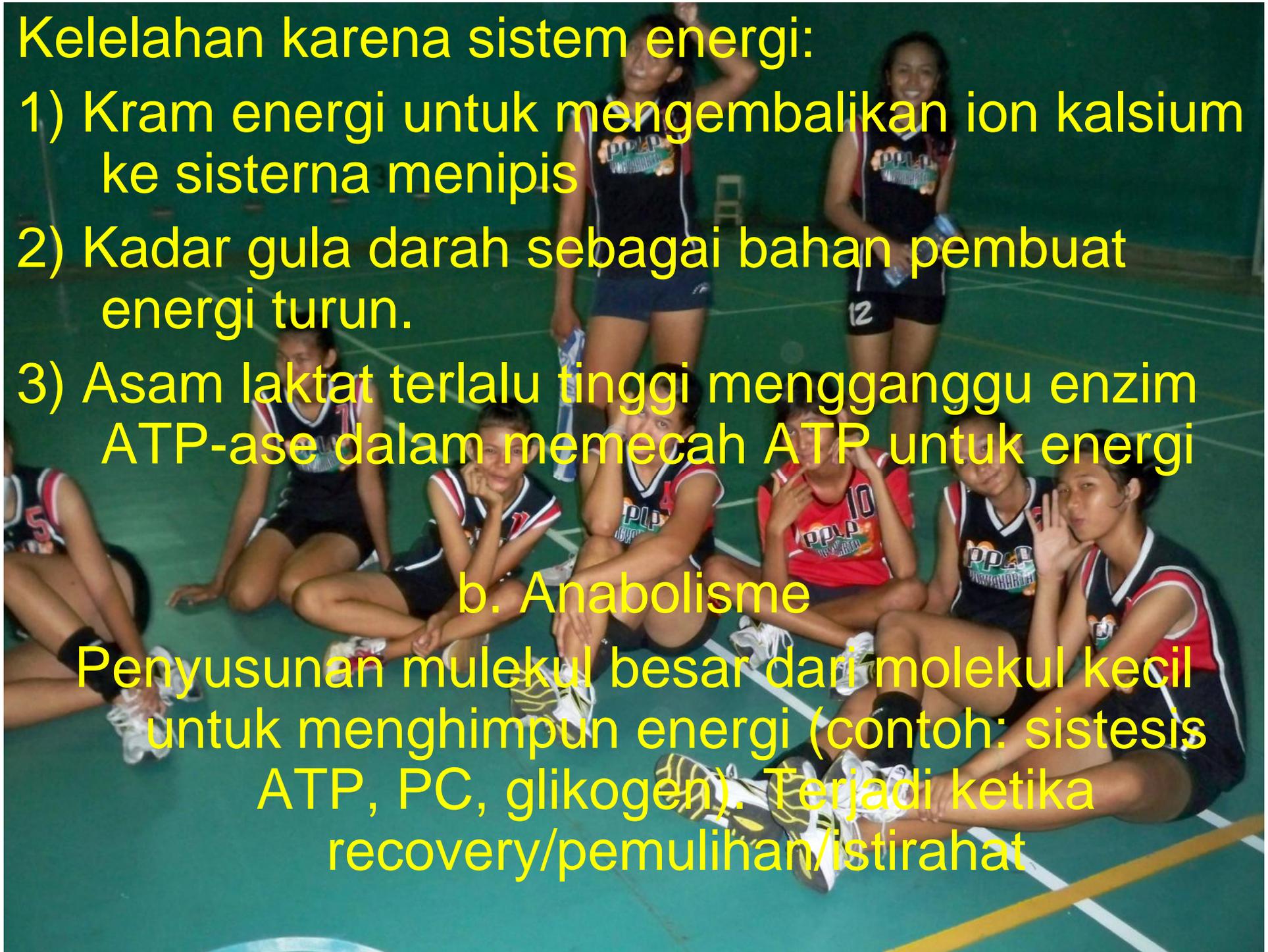


Kelelahan karena sistem energi:

- 1) Kram energi untuk mengembalikan ion kalsium ke sisterna menipis
- 2) Kadar gula darah sebagai bahan pembuat energi turun.
- 3) Asam laktat terlalu tinggi mengganggu enzim ATP-ase dalam memecah ATP untuk energi

b. Anabolisme

Penyusunan molekul besar dari molekul kecil untuk menghimpun energi (contoh: sintesis ATP, PC, glikogen). Terjadi ketika recovery/pemulihan/istirahat



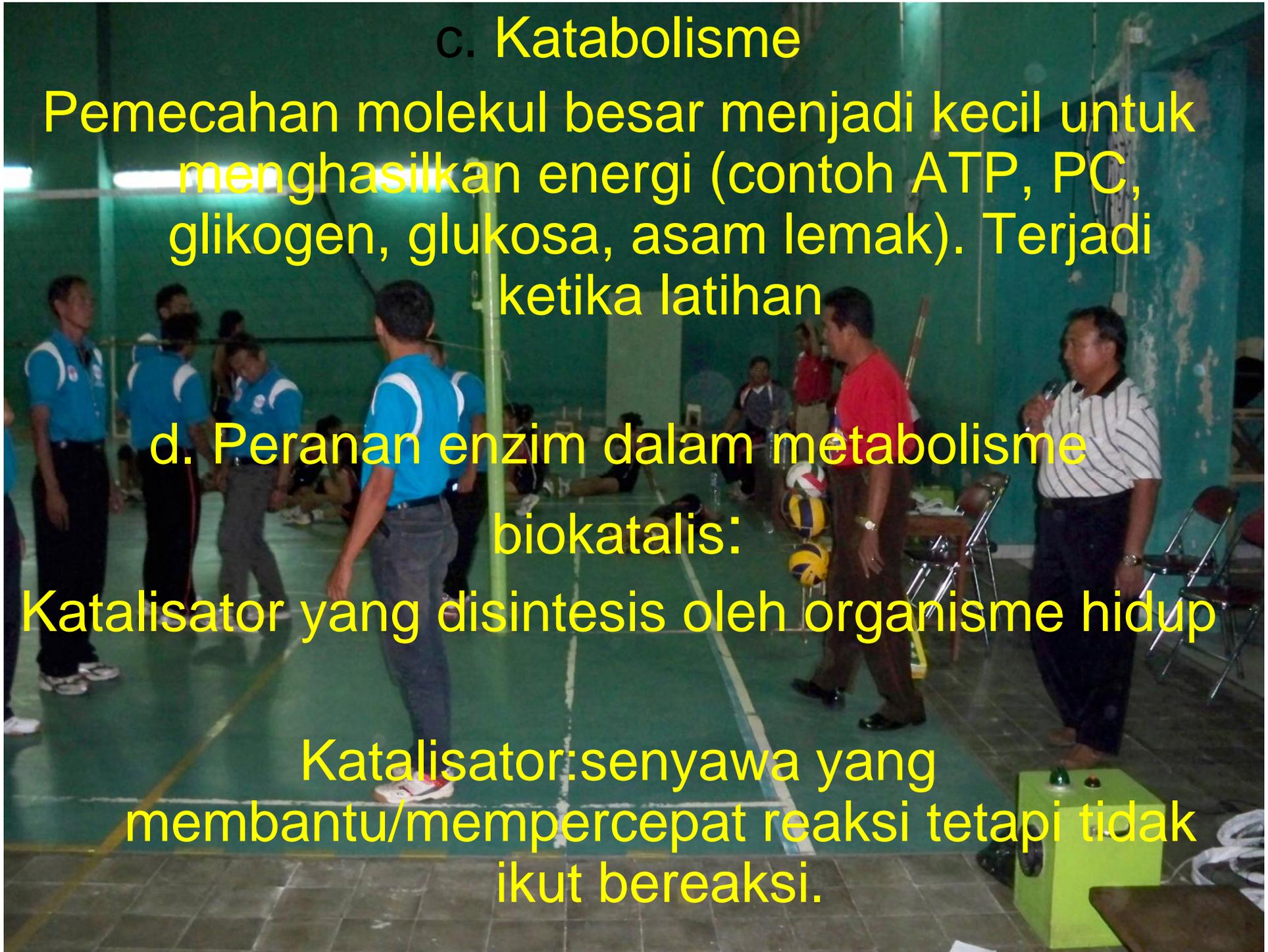
c. Katabolisme

Pemecahan molekul besar menjadi kecil untuk menghasilkan energi (contoh ATP, PC, glikogen, glukosa, asam lemak). Terjadi ketika latihan

d. Peranan enzim dalam metabolisme biokatalis:

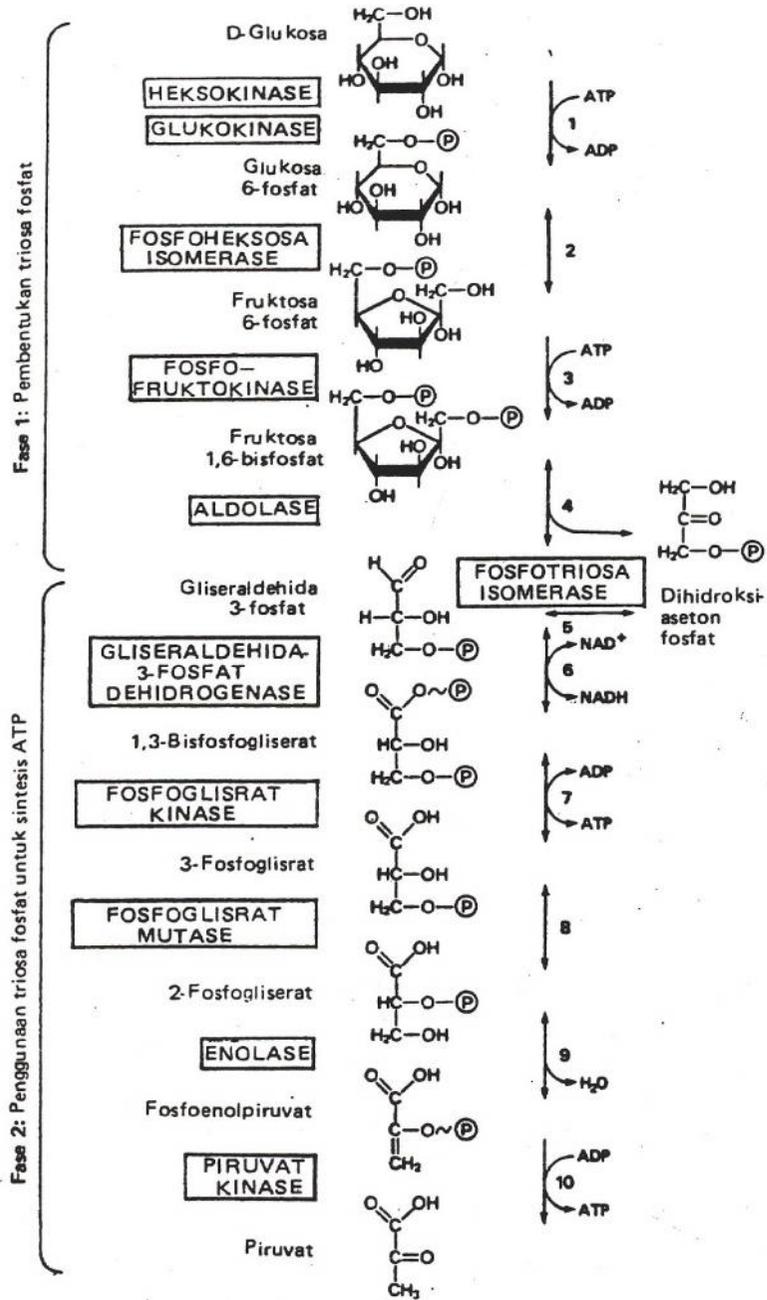
Katalisator yang disintesis oleh organisme hidup

Katalisator: senyawa yang membantu/mempercepat reaksi tetapi tidak ikut bereaksi.



enzim

- 1) Setiap reaksi kimia (perubahan) memerlukan enzim
- 2) Semakin banyak enzim semakin cepat reaksi kimia
- 3) Latihan diantaranya meningkatkan kadar enzim
- 4) Sebagian besar namanya menggunakan ase, tetapi ada yang tidak.
- 5) Di bawah, yang di kotak contoh enzim dalam glikolisis, yang setiap perubahan memerlukan enzim.



Gambar 7-9. Glikolisis. (P) = gugus fosforil.

e. Kecepatan Reaksi Kimia

Dalam pembentukan energi sangat menentukan

- 1) Suhu → Perlu pemanasan
- 2) Keasaman/PH → dihindari (asam laktat)
- 3) Ada tidaknya senyawa inhibitor → jangan dipakai
- 4) Ada tidaknya senyawa merusak enzim → dihindari (radikal bebas=oksidan)
- 5) Kadar enzim → latihan supaya tinggi
- 6) Kadar substrat (yang bereaksi) → latihan

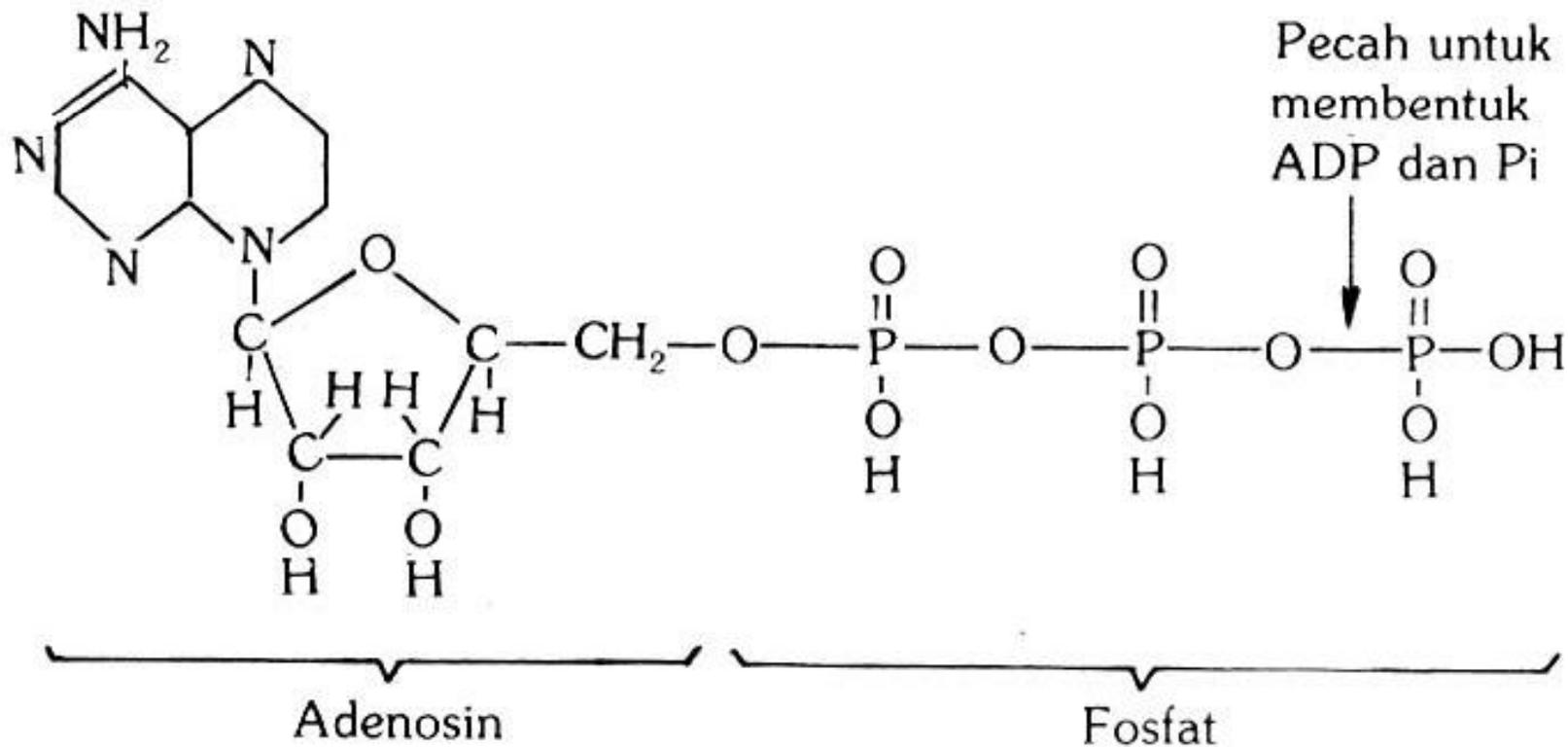
f. Istilah-istilah dalam metabolisme

- Glikolisis: pemecahan glukosa
- Glikolisis aerobik: pemecahan glukosa yang kecukupan oksigen sehingga berlanjut ke terjadinya CO_2 dan H_2O (siklus Krebs & ETS).
- Glikolisis anaerobik=Glikolisis Embden Mayerhop(EM): pemecahan glukosa (dari glikogen otot) yang kekurangan oksigen sehingga terjadi asam laktat.
- Glikogenolisis: pemecahan glikogen ->glukosa
- Glikogenesis: pembentukan glikogen

- Glukoneogenesis: sintesis glukosa dari bahan lain selain KH (laktat, lemak, Protein)
- Aminolisis: pemecahan asam amino
- Esterifikasi: pembentukan triasilgliserida dari asam lemak darah
- Lipolisis: pemecahan lipid (triasilgliserida)
- Sistesis: pembentukan/penyusunan
- Oksidasi: sebagai pengeluaran elektron (belum tentu O_2)
- Reduksi: sebagai perolehan elektron.

2. Sistem Energi Latihan Dengan Intensitas Maksimal

a. ATP Sebagai Satu-satunya Substrat Penghasil Energi.



ADENOSIN TRIFOSFAT (ATP)

Terdiri atas 1 gugus adenosin dan 3 gugus fosfat

Merupakan satu-satunya senyawa yang jika dipecah menghasilkan energi, dan energinya dapat dipakai oleh tubuh

Senyawa-senyawa lain akan berfungsi untuk membuat ATP sehingga kebutuhan energi dapat terpenuhi terus

$ATP \rightarrow ADP + P_i + \text{Energi (dipakai)}$ 12 kkal

Untuk memecah ATP perlu enzim ATP-ase dan air

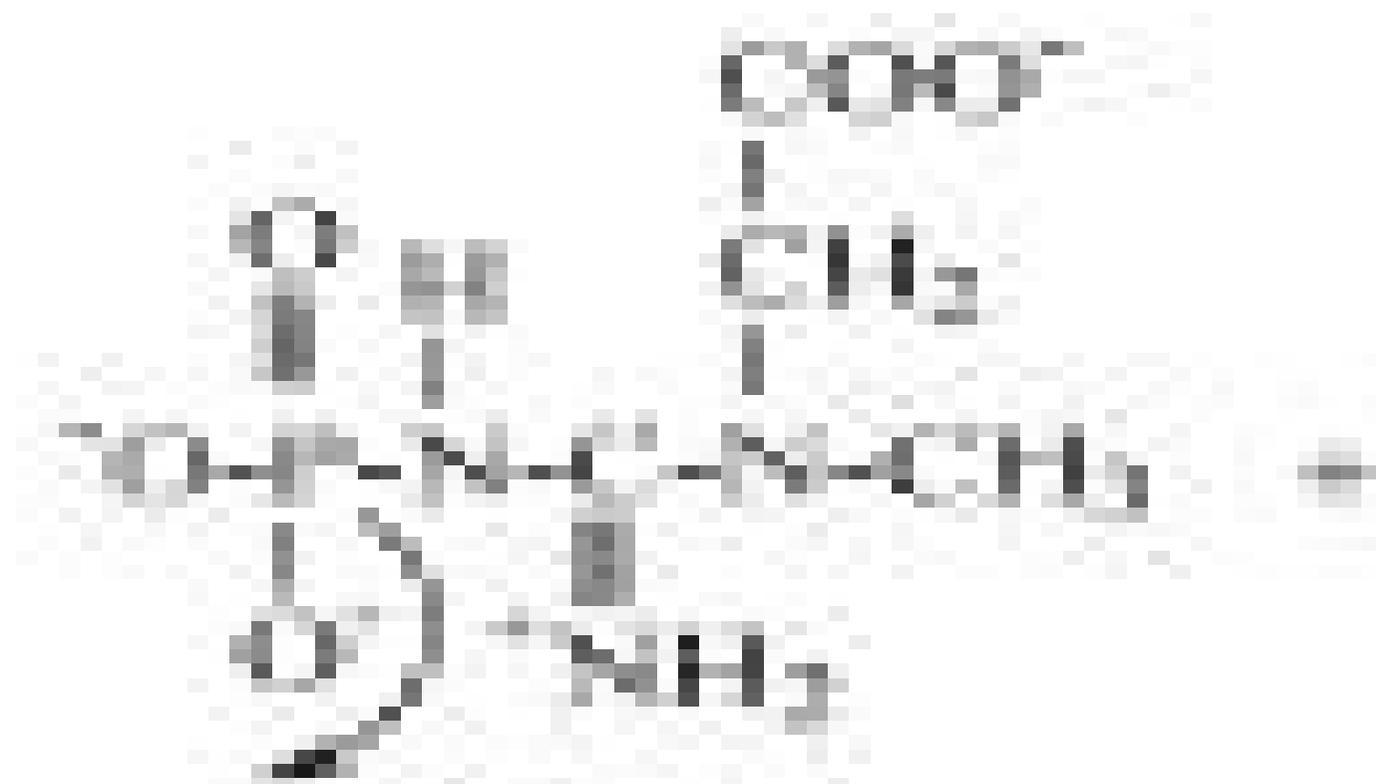
Hanya ATP penghasil energi yang energinya dapat digunakan untuk berbagai kepentingan dalam tubuh:

- Sekresi kelenjar-kelenjar
- Mempertahankan fungsi membran (elastisitas, dan transportasi membran pompa natrium/sodium, kalium/potassium)
- Pembentukan zat-zat dalam sel
- Penyerapan makanan
- Aktivitas/kontraksi otot

CADANGAN SENYAWA BERENERGI

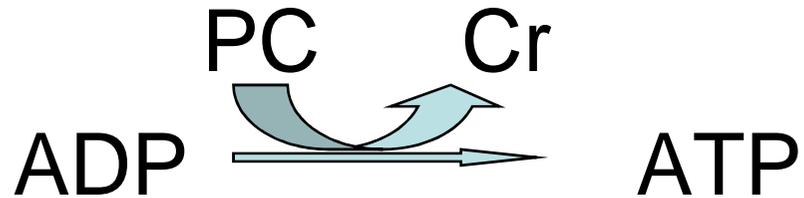
Dalam sel otot banyak cadangan senyawa berenergi tinggi : fosfoenolpiruvat, karbomoil fosfat, 1,3-bifosfogliserat (sampai 3-fosfogliserat), kreatin fosfat, adenosin tri fosfat, adenosin difosfat, pirofosfat, glukosa 1-fosfat, fruktosa 6-fosfat, adenosin monofosfat, glukosa 6-fosfat, gliseral 6-fosfat, guanosen monofosfat.

- ATP disimpan dalam kontraktile sel otot
- Cadangan sekitar 4 milimol/kg otot
- Dengan pengerahan maksimal (gerak maksimal) akan habis dalam waktu 3 -5 detik
- Jika ingin gerak terus harus selalu membuat ATP
- Fosfo kreatin (PC/CP) merupakan senyawa yang dapat untuk membuat ATP dengan cepat, secepat pemecahannya.



Chemical structure of adenosine triphosphate

FOSFO KREATIN / PC



- *Merupakan senyawa yang dapat untuk membuat ATP secara cepat tanpa O₂.*
- *Persediaan 15-17 milimol/kg otot*
- *Pengerahan ATP dan PC akan habis dalam waktu sekitar 8 -12 detik*

b. Sistem ATP-PC dalam Latihan

- *Pengerahan ATP secara maksimal akan habis dalam waktu 3-5 detik.*
- *Jika ATP habis akan membuat lagi secepatnya dari PC.*
- *Cadangan PC terbatas.*
- *Pengerahan ATP dan PC secara maksimal akan habis dalam waktu sekitar 8 -12 detik*
- *Jika ATP –PC habis, glikogen otot (karbohidrat) akan dipergunakan untuk membuat tanpa menggunakan O₂ (sistem asam laktat).*

- *Pembuatan ATP jika penggunaannya sedikit, dg cara aerobik (dengan O₂ mengoksidasi lemak jika kebutuhan sedikit, jika agak banyak kebutuhan dengan gula darah, atau kalau agak banyak keduanya)*
- *Sprint 100 meter cukup dengan ATP-PC, Jika diperpanjang Glikogen otot akan dipakai (sistem asam laktat)*

ATP maupun PC dari otot yang satu tidak dapat dipindahkan ke otot yang lain.

Program latihan yang menggunakan ATP dan PC akan diadaptasi dengan meningkatkan jumlah cadangannya, dan peningkatan enzimnya

3. Sistem Energi Dengan Intensitas Maksimal “ Lama=30-40 detik”

- a. Glikolisis anaerobik
- b. Sistem Asam Laktat dalam Latihan

Glikolisis Anaerobik

(Glikolisis Embden Mayerhop=EM)

- Bahan Glikogen (proses glikogenolisis) otot
 - 1 mol glukosa dari glikogen

Sampai piruvat menghasilkan 3 ATP

Terjadi ketika kerja otot maksimal setelah 8-12 detik.

Produk akhir asam laktat terjadi karena NADH tidak semua teroksidasi sehingga bereaksi dengan piruvat.

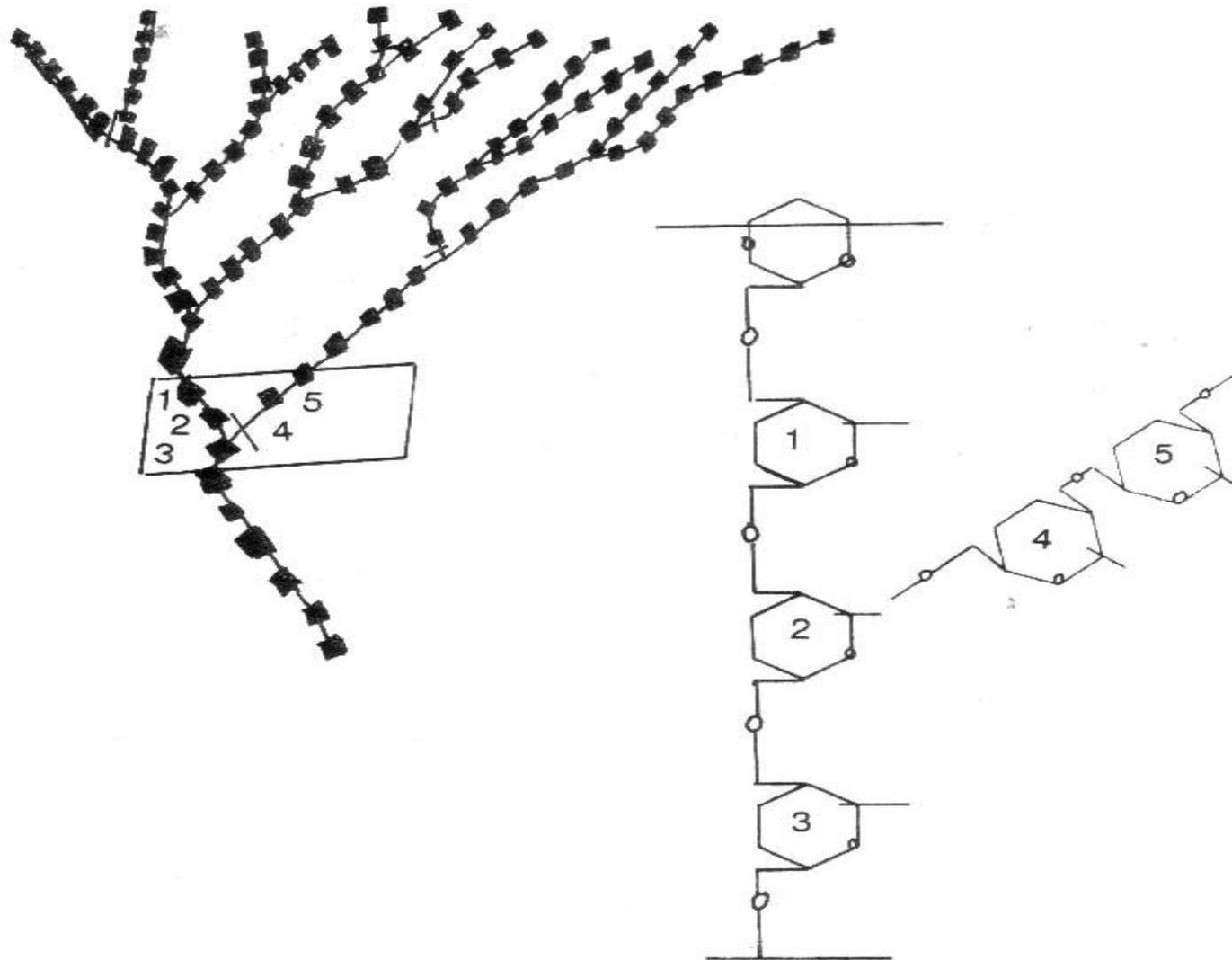
Akumulasi asam laktat mengganggu ATP-ase

$\text{NADH} + \text{Piruvat} > \text{Asam Laktat}$

Karbohidrat:

- Dalam pencernaan diserap dalam bentuk monoskarida. Pada permukaan usus halus fruktosa dan galaktosa diubah menjadi glukosa dan hanya sebagian kecil yang dapat lolos.
- Dalam darah karbohidrat dengan bentuk α DGlukosa
- Dari darah masuk ke sel dengan transpor fasilitasi/diemban oleh protein yang diaktifkan hormon insulin.
- Disimpan dalam bentuk glikogen (rentengan glukosa yang panjang dan bercabang-cabang)
- Cadangan glikogen otot 13-15 gr/kg otot yang dapat meningkat 39-45 gr/kg otot.

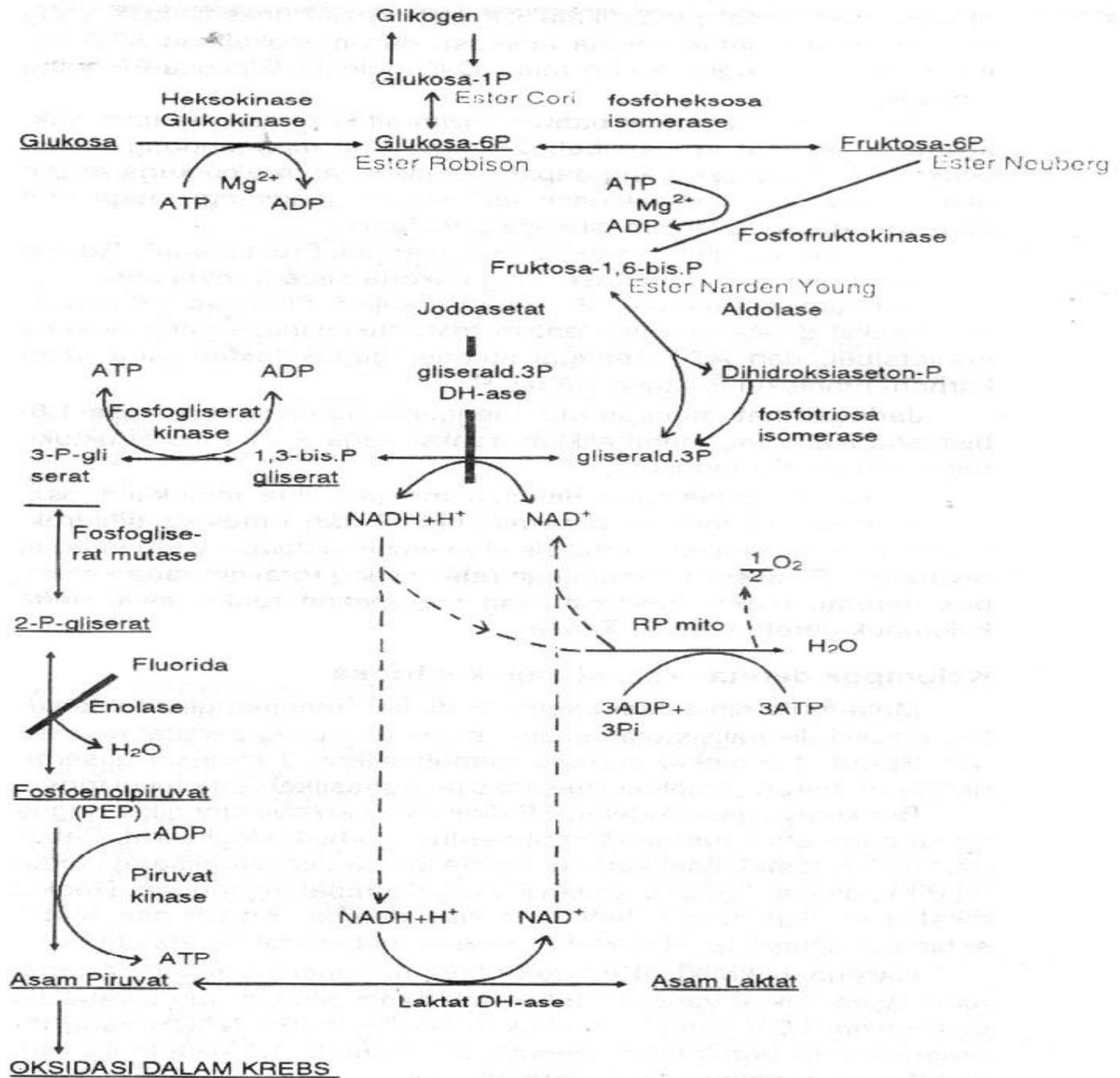
Glikogen Otot

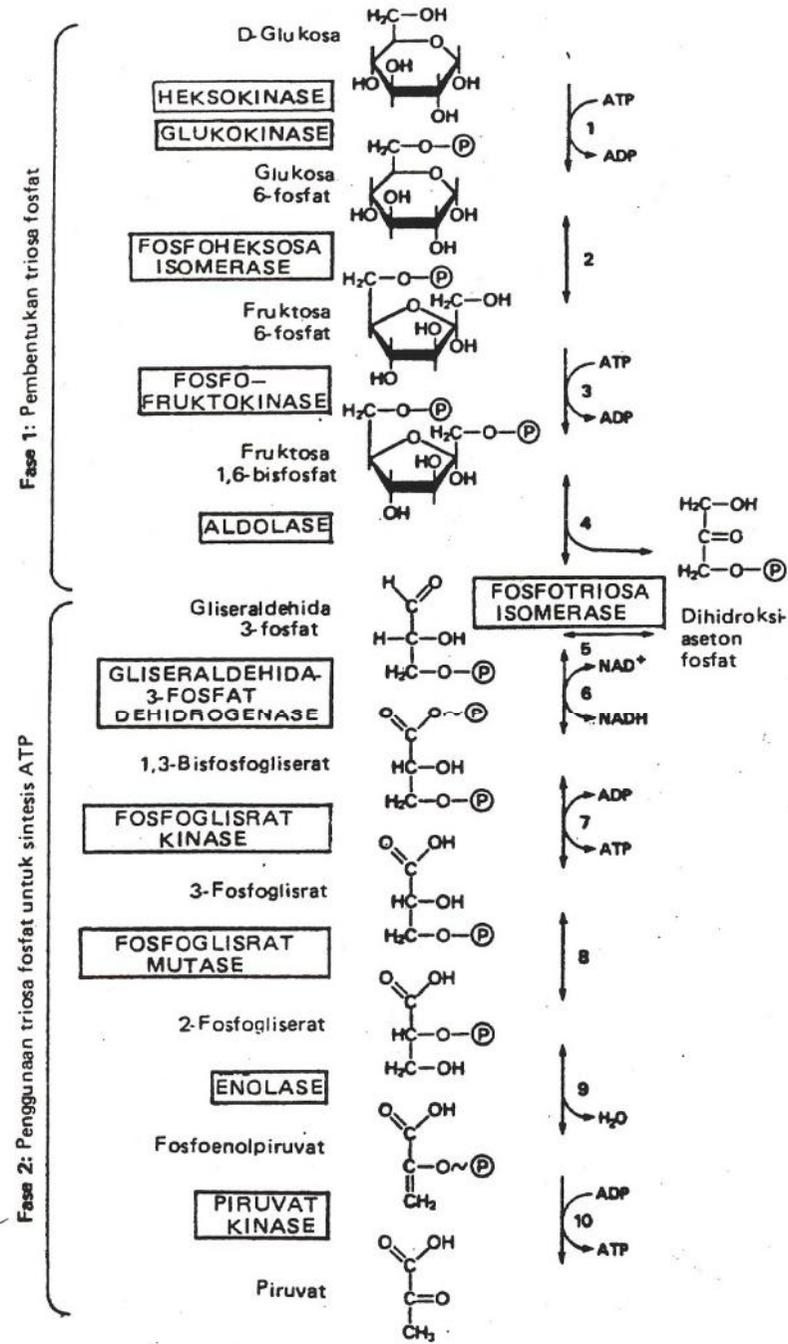


Glikogen Hati dan Glikogen Otot

- Glikogen merupakan rentengan monosakarida glukosa yang panjang dan bercabang-cabang.
- Untuk memecah glikogen hati menjadi glukosa perlu hormon glukagon dari alfa pankreas.
- Untuk memecah glikogen yang ada pada daging di pencernaan menggunakan enzim glukagon usus.
- Glikogen hati diperlukan untuk mensuplai glukosa/gula darah jika turun.
- Glikogen otot tidak dapat untuk mensuplai glukosa darah tidak punya glukosa 6-P ase.
- Glikogen otot untuk energi pada intensitas maksimal setelah 8-12 detik (di atas titik defleksi).

Gambar 1. Glikolisis Embden-Meyerhof





Gambar 7-9. Glikolisis. (P) = gugus fosforil.

Glikogen otot jika dipecah akan langsung mengikat gugus Pi sehingga menjadi glukosa 6-P

Jika membuat glukosa 6-P dari glukosa darah perlu aktivasi menggunakan ATP

Glukosa dari glikogen otot sampai asam piruvat menghasilkan 3 ATP, dari gula darah menghasilkan 2 ATP.

Proses glikolisis anaerobik terjadi di sitoplasma sel atau di luar mitokondria.

Oleh karena itu ketika intensitas maksimal, waktu panjang, membuat dari gula darah akan menghasilkan ATP lebih sedikit maka dipilih dari glikogen otot.

Sistem Asam Laktat dalam Latihan

- Penggunaan glikogen otot sedikit saja sudah menghasilkan asam laktat cukup tinggi.
- Glikogen digunakan pada intensitas maksimal, ketika itu darah yang ke hati hanya sedikit, sehingga reduksi asam laktat cukup lambat.
- Glikogen otot tidak banyak digunakan, sehingga timbunan yang cukup banyak hanya akan menjadi beban.
- Glikogen punya sifat retensi/mengikat air shg jika dalam set otot banyak akan menyebabkan hipertropy yang cukup tinggi
- Asam laktat yang terjadi akan dikeluarkan dari sel masuk peredaran darah, dan di hati akan diubah menjadi glukosa kemudian dimasukkan lagi dalam peredaran darah
- Proses mengubah asam laktat menjadi glukosa melalui Siklus Cori, yang termasuk dalam proses glukoneogenesis.

Karbohidrat loading, ditujukan untuk memper-banyak glikogen hati, karena dapat untuk mensuplai glukosa darah.

Daya tahan anaerobik tidak ditentukan oleh banyaknya cadangan glikogen dalam sel otot.

Daya tahan anerobik ditentukan oleh kemampuan mentoleransi kadar asam laktat.

Cadangan glikogen otot berlebihan perlu dihindarkan menghindari kelebihan berat badan, karena punya sifat retensi/mengikat air.

Hypertrophy otot karena glikogen sulit atrophynya karena akan membentuk sistem. Banyaknya glikogen membuat pemecahannya cepat, yang bersangkutan akan selalu ingin gerak dengan intensitas maksimal. Jika dari protein, akan sulit mencari benda yang diangkat sehingga atrophy mudah.

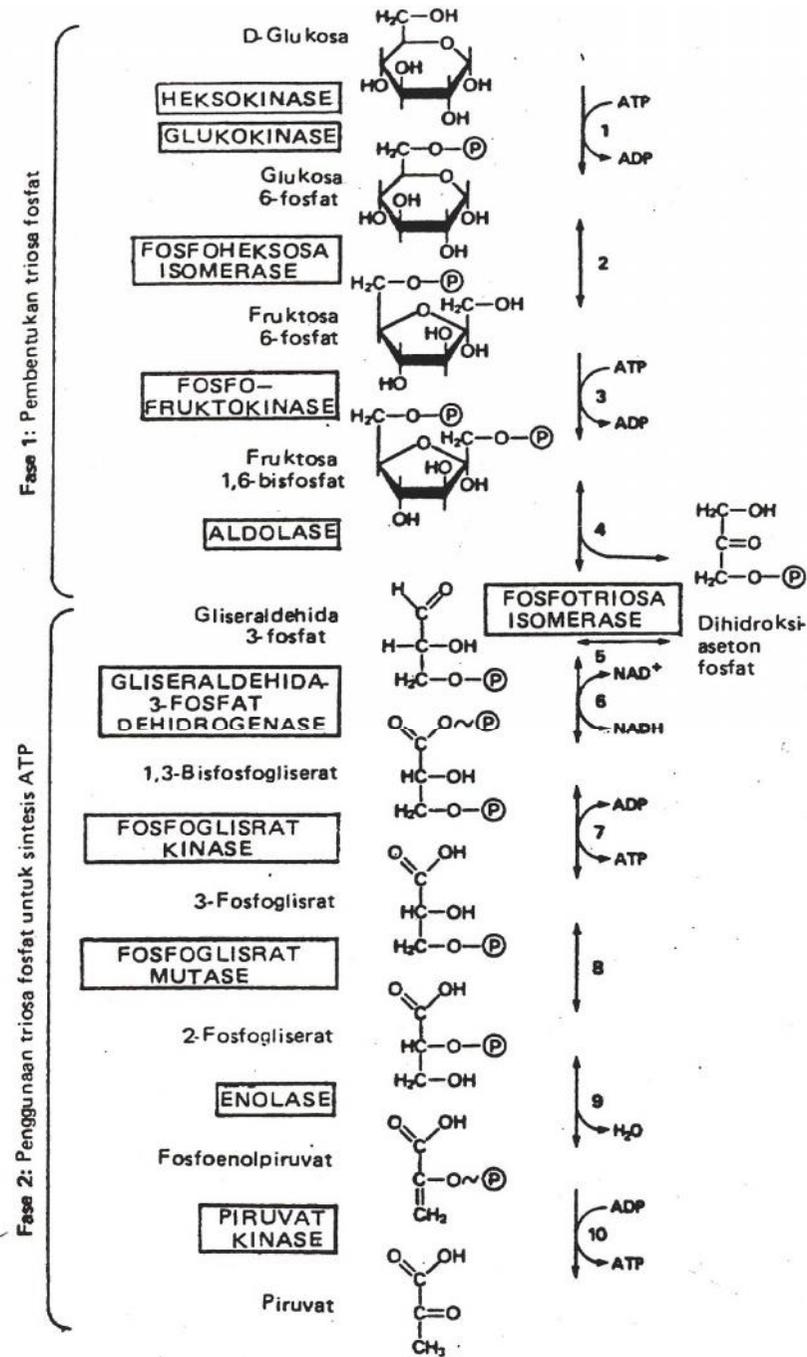
4. Sistem Energi Dalam Latihan Dengan Intensitas Tinggi

a. Glikolisis Aerobik

- Bahan glukosa/gula darah
- Memerlukan O₂
- Hasil akhir H₂O dan CO₂
- Satu Molekul Glukosa menghasilkan 38 ATP

G
U
L
A

D
A
R
A
H



Gambar 7-9. Glikolisis. (P) = gugus fosforil.

Glikolisis Aerobik:

Memerlukan 2 ATP untuk aktivasi dari glukosa

→ glukosa 6-P dan dari fruktosa 6-P

→ fruktosa 1,6 bis P

Menghasilkan 4 ATP dari perubahan dua molekul

1,3 bisfosfoglisarat → 3 fosfoglisarat, dan dari

fosfoenolpiruvat → piruvat

Glikolisis aerobik di cytoplasma, dari glukosa sampai piruvat menghasilkan 2 ATP (belum menggunakan O₂)

Glikolisis dalam cytoplasma juga menghasilkan 4 NADH: dari 2 molekul gliseraldehida 3-fosfat \rightarrow 1,3 bisfosfoglisarat, dan dari piruvat \rightarrow As.Ko-A

NADH akan diproses melalui electron transport system (ETS=sistem transport elektron)/fosforilasi oksidatif, rantai pernafasan di bagian dalam tepi mitokondria

1 NADH masuk dalam ETS menghasilkan 3 ATP

4 NADH dari sitoplasma akan menghasilkan 12 ATP

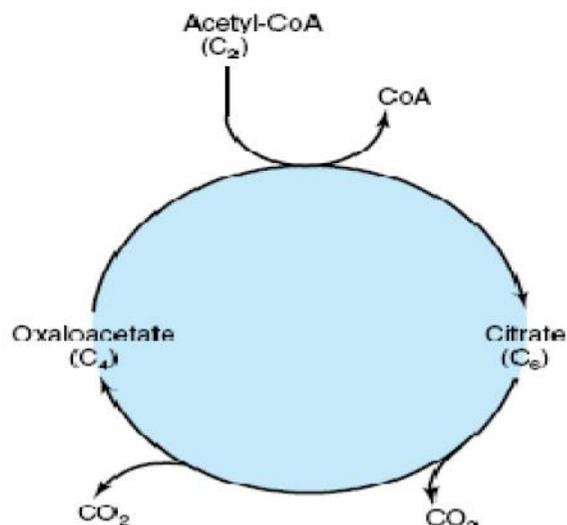
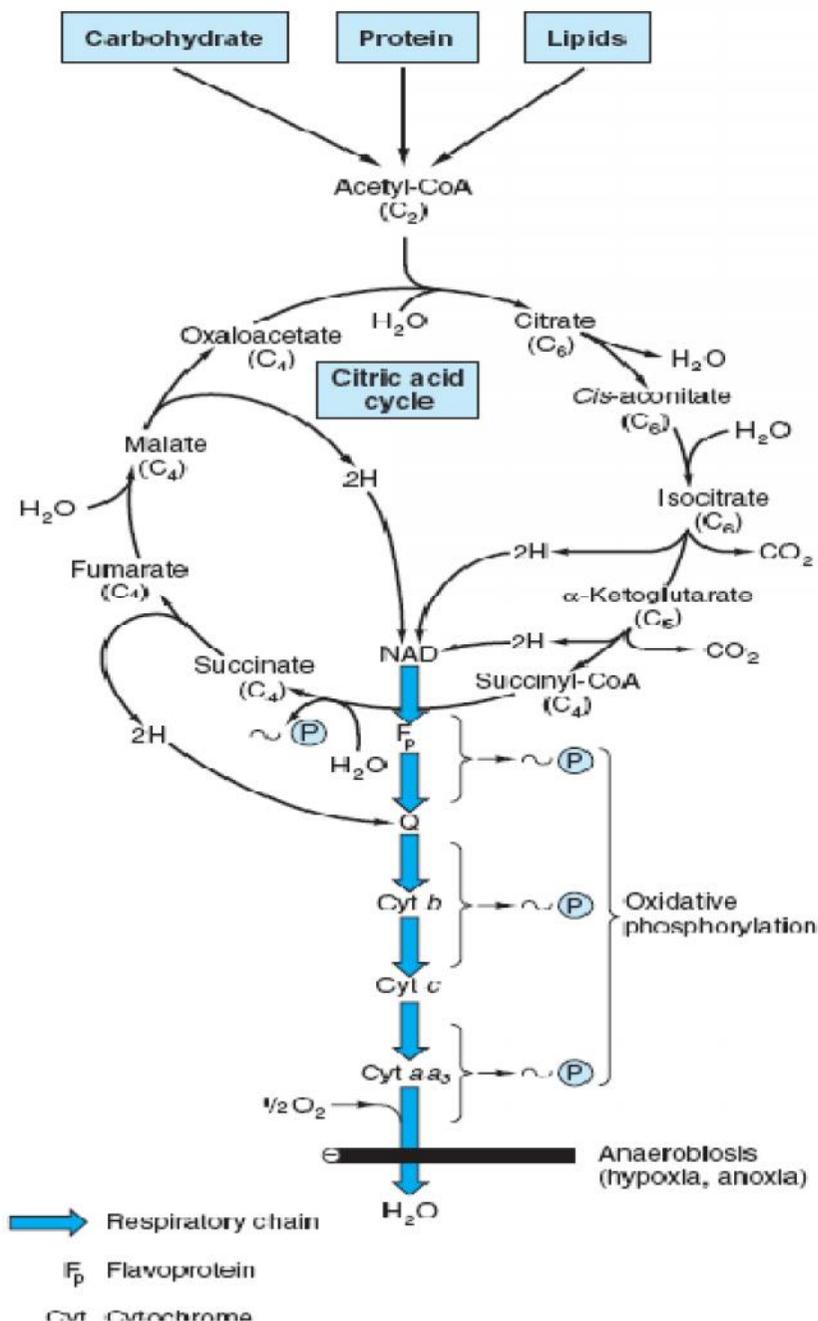


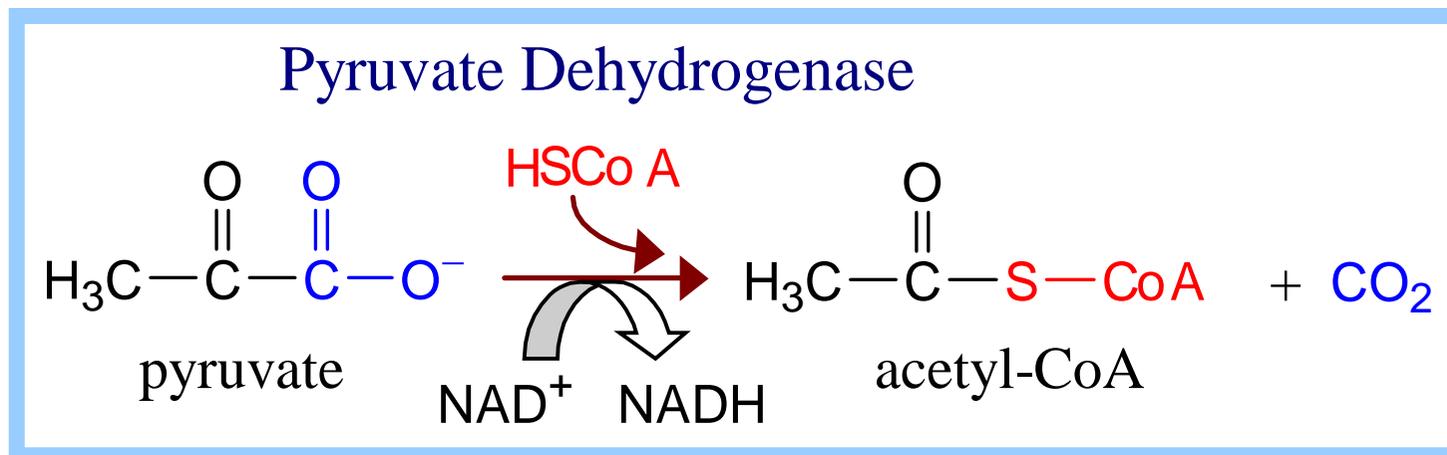
Figure 16-1. Citric acid cycle, illustrating the catalytic role of oxaloacetate.

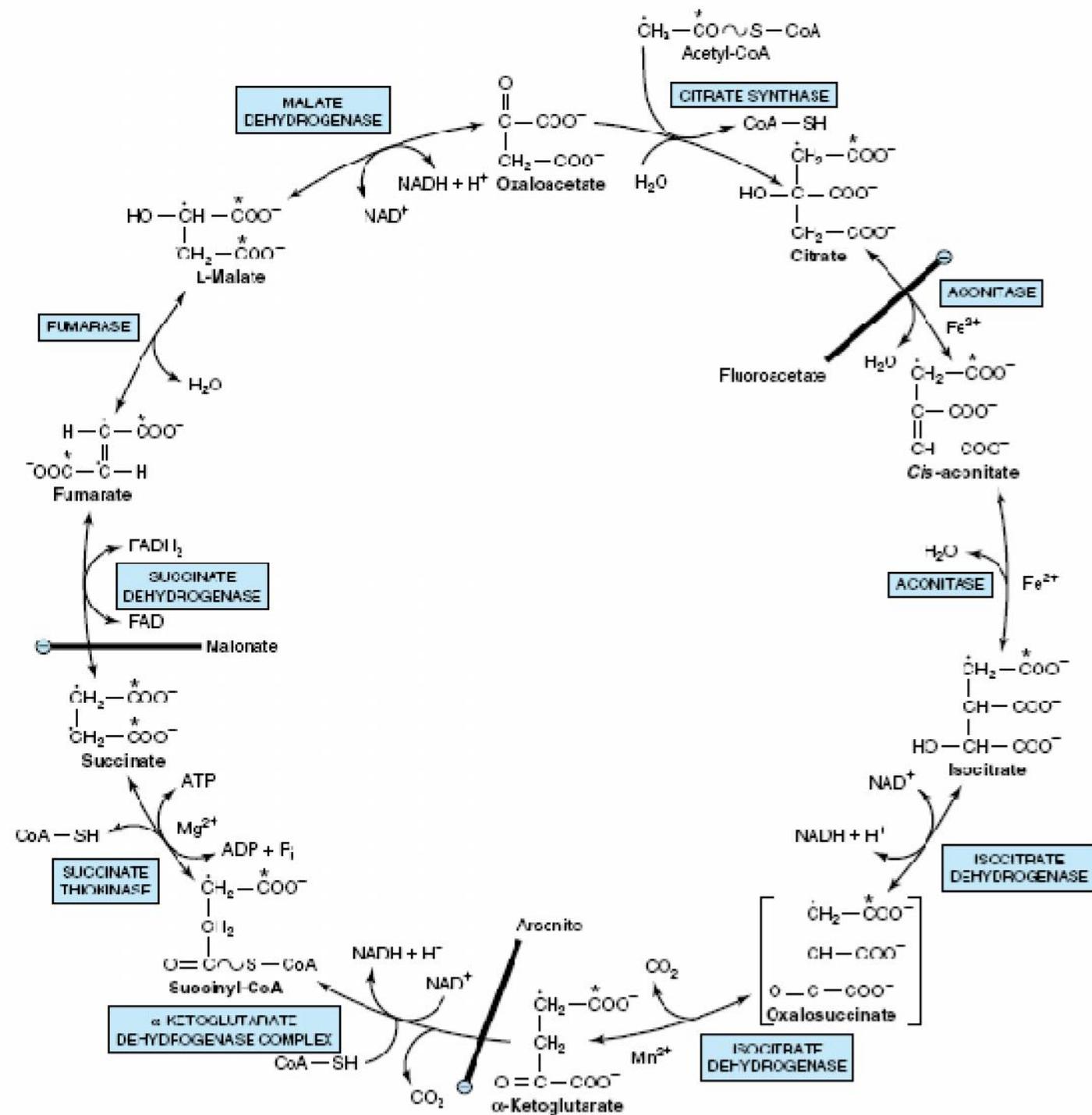
requires Mg^{2+} or Mn^{2+} ions. There are three isoenzymes of isocitrate dehydrogenase. One, which uses NAD^+ , is found only in mitochondria. The other two use $NADP^+$ and are found in mitochondria and the cytosol. Respiratory chain-linked oxidation of isocitrate proceeds almost completely through the NAD^+ -dependent enzyme.

α -Ketoglutarate undergoes **oxidative decarboxylation** in a reaction catalyzed by a multi-enzyme complex similar to that involved in the oxidative decarboxylation of pyruvate (Figure 17-5). The **α -ketoglutarate dehydrogenase complex** requires the same cofactors as the pyruvate dehydrogenase complex—thiamin diphosphate, lipoate, NAD^+ , FAD, and CoA—and results in the formation of succinyl-CoA. The equilibrium of this reaction is so much in favor of succinyl-CoA formation that it must be considered physiologically unidirectional. As in the case of pyruvate oxidation (Chapter 17), arsenite inhibits the reaction, causing the substrate, **α -ketoglutarate**, to accumulate.



Piruvat akan diubah menjadi Asetil Koenzim-A (As.Ko-A), dan masuk ke siklus Krebs/asam trikarboksilat/TCA/asam sitrat





Siklus Krebs menghasilkan:

3 NADH → ETS → 9 ATP

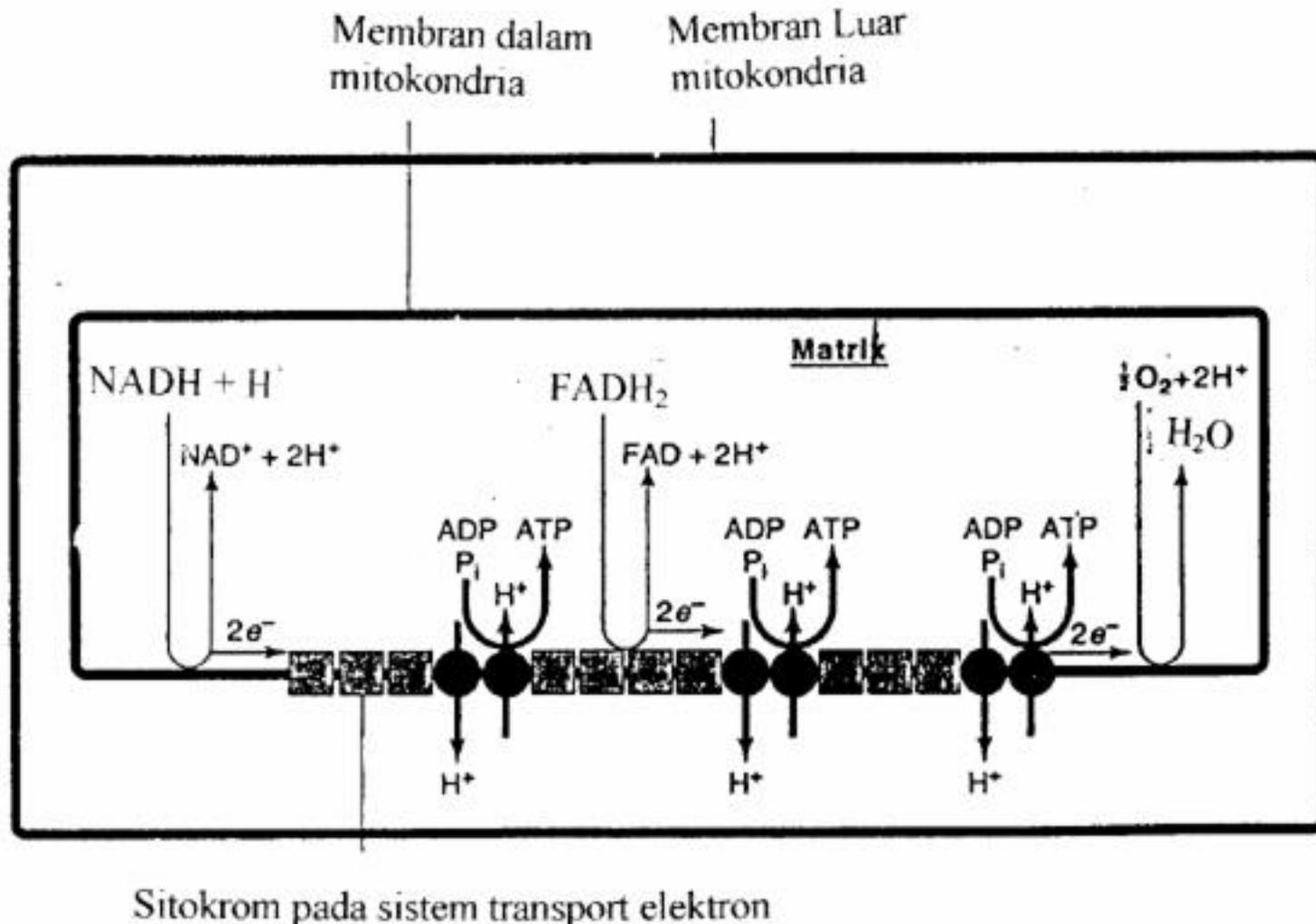
1 GTP/ATP → 1 ATP

• 1 FADH₂ → 2 ATP

As. Ko-A → siklus Krebs → ETS → 12 ATP

1 Glukosa → 2 As. Ko-A → 24 ATP

NADH MASUK ETS (electron transport system)/FOSFORILASI OKSIDATIF/RANTAI PERNAFASAN MENGHASILKAN 3 ATP
FADH₂ juga masuk menghasilkan 2 ATP



Sistem Oksigen Intensif

Cabang olahraga yang waktunya sekitar tiga menit sampai 120 menit akan sangat memerlukan sistem oksigen intensif.

Cabang: Atletik lari 5000m, 10000 m, sepak bola, bola voli, bola basket. Cabang-cabang tersebut harus banyak berlatih menggunakan glikolisis aerobik agar enzim-enzim yang diperlukan dapat maksimal, yang akan memperlancar proses.

Semakin mendekati titik defleksi penggunaan glukosa darah akan maksimal.

Gula/glukosa dalam plasma darah untuk orang normal hanya ada sekitar 20 gram.

Glukosa darah disuplai dari penyerapan karbohidrat di pencernaan.

Jika menurun, pencernaan kosong akan disuplai dari glikogen hati.

Asam laktat yang terjadi ada dalam darah akan dapat diubah menjadi glukosa (glukoneogenesis) di hati kemudian untuk mensuplai ke darah.

Gula darah akan dipertahankan pada sekitar 70-110 mg/100ml plasma.

Glikogen otot tidak dapat untuk mensuplai gula darah karena tidak punya enzim glukosa-6P se untuk melepas fosfat glukosa-6P.

Glikogen hati normal ada sekitar 100 gram.

Gula darah jika penggunaan dimaksimalkan hanya bertahan sekitar 2 jam, setelah itu glikogen hati menipis.

Karbohidrat loading akan berusaha memperbanyak timbunan glikogen hati, bukan glikogen otot.

5. Sistem Latihan Dengan Intensitas Sedang

Sumber energi utamanya lemak

a. Beta Oksidasi

Adalah proses untuk membuat ATP dari lemak (katabolisme lemak)

Pencernaan, penyerapan, & transport lemak

- Penggunaan lemak sebagai sumber energi erat berhubungan dengan metabolisme lipoprotein dan kolesterol.
- Mammalia mempunyai 5 – 25% / lebih → lipid dan 90% dlm bentuk lemak (TAG) yg disimpan di dalam jaringan adipose
- Hewan → lemak disimpan dalam adiposit
- Tumbuhan → biji → untuk perkembangan embrio

Lemak:

Asam lemak di darah, sel otot

Fosfolipit dalam pengangkutan

Steroid di jaringan saraf, kelenjar tertentu

B oksidasi prosesnya > siklus Krebs + ETS

Tidak dapat untuk membuat ATP tanpa O_2

Persediaan tidak terbatas/sangat banyak, untuk oksidasi perlu O_2 lebih banyak

Terlatih menggunakan lemak, dalam sel yang banyak asam lemak, dan penyimpanan dalam adiposa menjadi sedikit

- Sumber lemak :
 - Makanan
 - Biosintesis *de novo*
 - Simpanan tubuh → adiposit
- Masalah utama → sifatnya yang tidak larut dalam air.
- Lemak → diemulsi oleh garam empedu – disintesis oleh liver & disimpan dlm empedu → mudah dicerna & diserap
- Transportasi → membentuk kompleks dg protein → lipoprotein

- Asam lemak yg diserap → disintesis kembali mjd lemak dalam → **badan golgi** dan **retikulum endoplasma** sel mukosa usus halus
- TAG → masuk ke sistem limfa membentuk kompleks dgn protein → **chylomicrons**
- Penyerapan oleh **sel mukosa** usus halus

- Chylomicron kmdn membawa TAG dari sel mukosa usus halus ke organ lain seperti jantung, otot, dan jaringan lemak.
- untuk TAG yg disintesis dr hati, akan dibawa oleh VLDL ke organ lain
- setelah mencapai organ target → di kapiler → TAG akan dihidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak
- Asam lemak bebas diserap, sisanya dibawa oleh serum albumin → ke sel lain
- Asam lemak yg telah masuk ke dalam sel
 - Diubah menjadi energi
 - Diubah menjadi TAG untuk disimpan di adiposa

Lemak:

Asam lemak di darah, sel otot

Fosfolipit dalam pengangkutan

Steroid di jaringan saraf, kelenjar tertentu

B oksidasi prosesnya > siklus Krebs + ETS

Tidak dapat untuk membuat ATP tanpa O_2

Persediaan tidak terbatas/sangat banyak untuk oksidasi perlu O_2 lebih banyak

u

Lipoprotein: bentuk asam lemak dalam pengangkutan

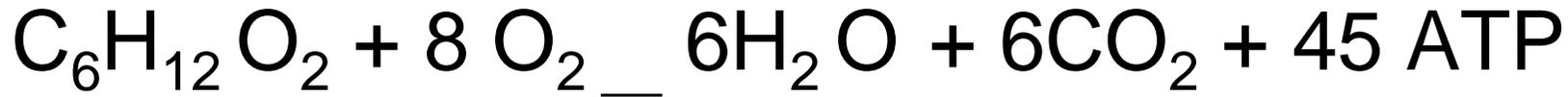
1. Khilomikron: dari usus halus
2. VLDL (very low density lipoprotein) TAG dari hati
3. LDL (low density lipoprotein), β lipoprotein, stadium akhir katabolisme VLDL dan khilomikron
4. HDL (high density lipoprotein) α lipoprotein terlibat dalam metabolisme VLDL, khilomikron, kolesterol
5. FFA (free fatty acid), tidak diklasifikasi lipoprotein dlm plasma, ada ikatan berantai panjang dalam albumin serum.

- HDL (lemak baik)
- Melindungi pembuluh dari arterosklerosis dan melarutkan lemak

- LDL (lemak jahat) menyebabkan penumpukan lemak

- HDL laki-laki 45, wanita 55
- Kolesterol 200-220 mg/dl
- Kolesterol/HDL = putra harus lebih kecil 55
- putri lebih kecil 4,5

Lihat Biokim 89 Word



$$8 \text{O}_2 = 45 \text{ATP} / 1\text{O}_2 = 45/8\text{ATP} = 5,6 \text{ATP}$$

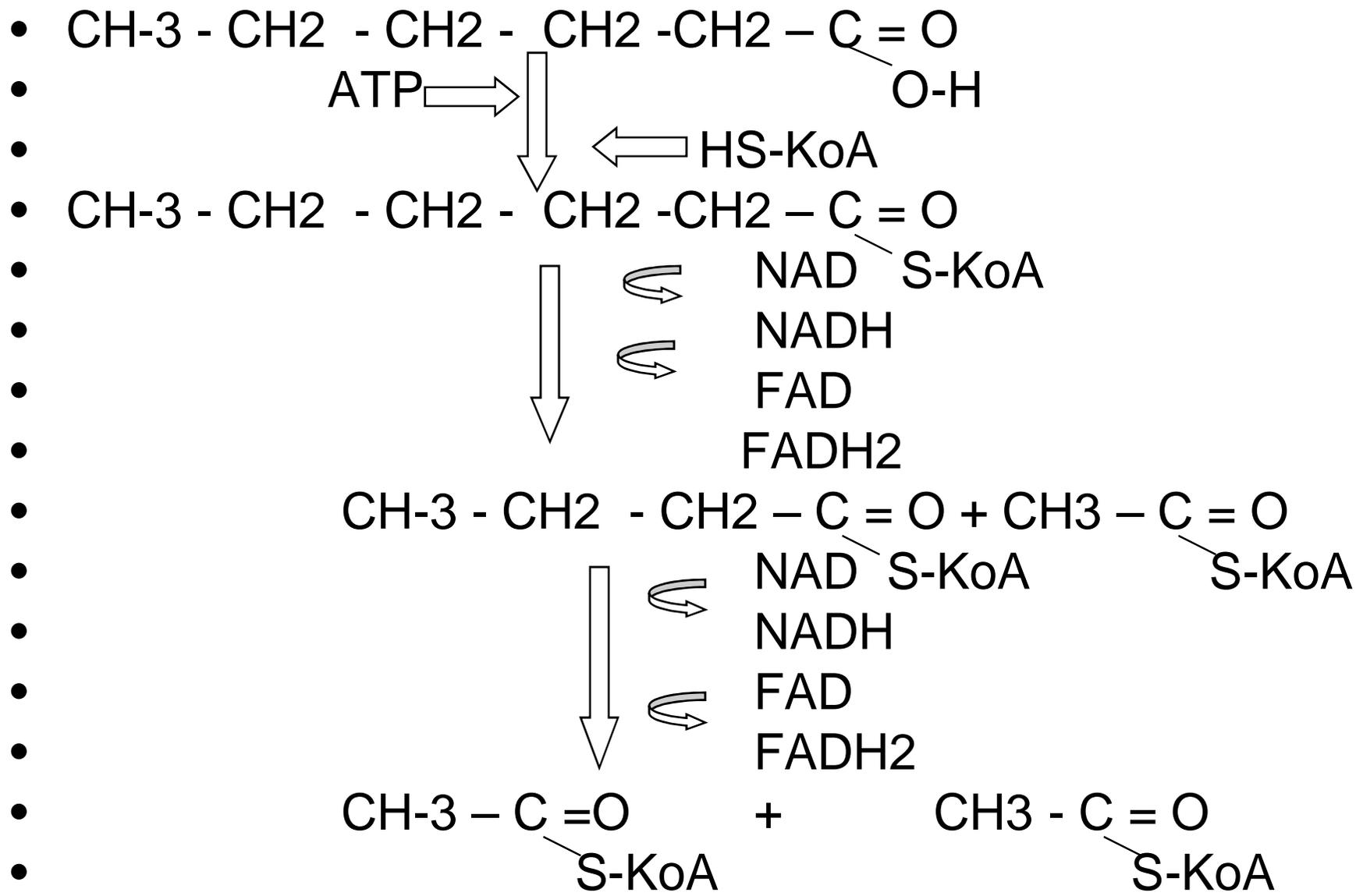


$$6 \text{O}_2 = 38 \text{ATP} / 1\text{O}_2 = 38/6\text{ATP} = 6,2 \text{ATP}$$

Lemak dapat menghasilkan ATP lebih banyak

Lemak memerlukan oksigen lebih banyak daripada karbohidrat

Lemak dipakai pada intensitas yang lebih rendah daripada karbohidrat



Kaproat

Asetat C=2
Butirat C=4
Kaproat C=6
Kaprat(dekanoat) C=10
Laurat C=12
Miristat C=14
Palmitat C=16
Stearat C=18
Arakidat C=20
Behenat C=22
Lignoserat C=24

$$\text{ATP yang terjadi} = (1/2n - 1) 5 + (1/2n \times 12) - 1 \text{ ATP}$$

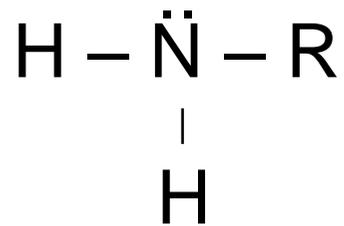
- Pada awalnya asam lemak diaktivasi dengan ATP
- Asam Lemak kemudian mengikat suksinil-KoA
- Selanjutnya dua atom karbon lepas menjadi As-KoA
- Sisanya mengikat lagi suksinil-KoA
- Dalam proses tersebut terjadi NADH dan FADH₂
- Demikian seterusnya sampai rangkaian karbon habis.

Protein.

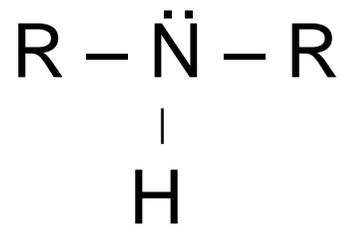
Rangkaian Asam Amino

Gugus Amina

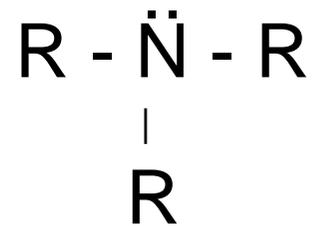
Elektron tanpa pasangan



Amina primer

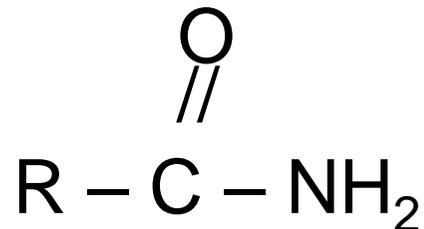


Amina Sekunder



Amina Tersier

Gugus Amida



Pada Protein terdapat Nitrogen (N)

Lemak merupakan bahan energi yang jumlahnya tidak terbatas

Lemak tidak dapat memberikan energi jika tanpa oksigen

Masuknya lemak dalam matrik mitokondria memerlukan karnitin

Metabolisme lemak memerlukan karbohidrat, tetapi karbohidrat tidak memerlukan lemak

Metabolisme lemak akan melalui siklus Krebs dan juga ETS

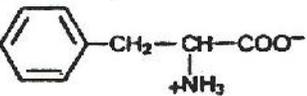
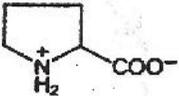
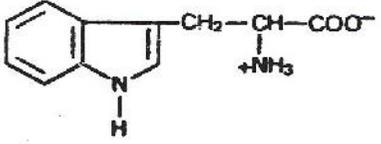
Kebutuhan karbohidrat pada metabolisme lemak terdapat dalam awal siklus Krebs

As-KoA masuk siklus Krebs akan langsung bereaksi dengan oksaloasetat
oksalasetat disintesis dari Asam Piruvat

Asam piruvat merupakan hasil dari pemecahan glukosa (karbohidrat)

KH sebagai bahan bakar yang utama

Nama (Singkatan)	Struktur*
Asam amino dengan gugus polar R netral (lanjutan)	
Treonin (Thr)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \quad \\ \text{OH} \quad +\text{NH}_3 \end{array}$
Tirosin (Tyr)	$\text{HO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^-$ $ $ $+\text{NH}_3$
Asparagin (Asn)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \quad \\ \text{O} \quad +\text{NH}_3 \end{array}$
Glutamin (Gln)	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \quad \\ \text{O} \quad +\text{NH}_3 \end{array}$
Sistein (Cys)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \quad \\ \text{SH} \quad +\text{NH}_3 \end{array}$
Asam amino dengan gugus polar R bermuatan	
Aspartat (Asp)	$\begin{array}{c} -\text{OOC} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \\ +\text{NH}_2 \end{array}$
Glutamat (Glu)	$\begin{array}{c} -\text{OOC} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \\ +\text{NH}_3 \end{array}$
Arginin (Arg)	$\begin{array}{c} \text{H} - \text{N} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \quad \\ \text{C} = \text{NH}_2^+ \quad +\text{NH}_3 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$
Lisin (Lys)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \quad \\ +\text{NH}_3 \quad +\text{NH}_3 \end{array}$
Histidin (His)	$\begin{array}{c} \text{HN} \text{---} \text{C}_4\text{H}_3\text{N} \text{---} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COO}^- \\ \\ +\text{NH}_3 \end{array}$

Nama (Singkatan)	Struktur*
Asam amino dengan gugus R nonpolar	
Glisin (Gly)	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ +\text{NH}_3 \end{array}$
Alanin (Ala)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ +\text{NH}_3 \end{array}$
Valin (Ala)	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COO}^- \\ / \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad +\text{NH}_3 \end{array}$
Leusin (Val)	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ / \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad +\text{NH}_3 \end{array}$
Isoleusin (Leu)	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \\ \diagdown \\ \text{H}_2\text{C} \\ \diagdown \\ \text{CH}-\text{CH}-\text{COO}^- \\ / \quad \\ \text{H}_3\text{C} \quad +\text{NH}_3 \end{array}$
Fenilalanin (Phe)	
Metionin (Met)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \quad \\ \text{S}-\text{CH}_3 \quad +\text{NH}_3 \end{array}$
Prolin (Pro)	
Triptofan (Trp)	
Asam amino dengan gugus polar R netral	
Serin (Ser)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \quad \\ \text{OH} \quad +\text{NH}_3 \end{array}$

Asam-asam amino pembentuk protein:

Glisin Gly

Alanin Ala

Valin Val

Leusin Leu

Isoleusin Ile

Asam Aspartat Asp

Asparagin Asn

Asam Glutamat Glu

Glutamin Gln

Prolin	Pro
Serin	Ser
<i>Treonin</i>	<i>Thr</i>
Sistein	Cys
<i>Metionin</i>	<i>Met</i>
<i>Arginin</i>	<i>Arg</i>
<i>Lisin</i>	<i>Lys</i>
<i>Histidin</i>	<i>His</i>
<i>Fenilalanin</i>	<i>Phe</i>
Tirosin	Tyr
<i>Triptofan</i>	<i>Trp</i>

Asam amino diproses melalui senyawa intermediate (senyawa jalur glikolisis dan siklus Krebs)

Piruvat:

Ala, Cys, Gly, Ser, Thr, Trp

As-KoA:

Leu, Tyr, Phe, Ile, Lys.

α -ketoglutarat:

Glu, Gln, Arg, His, Pro, Lys

Suksinil-KoA

Ile, Met, Val

Fumarat:
Tyr, Phe

Oksaloasetat:
Asp, Asn

Protein tidak banyak digunakan untuk energi karena reaksi ke senyawa intermediate bukan jalur utama

Protein akan digunakan ketika kelaparan.
Penderita diabetes sel selalu kelaparan kurang KH dan Lemak maka akan membongkar protein > atrofi

Sistem Energi Dalam Latihan Intermittent

1. Latihan Intermittent
2. Kelelahan
3. Pulih Asal

Latihan Intermittent/interval:

Bentuk latihan yang berseling antara intensitas yang lebih tinggi dengan yang lebih rendah.

Digunakan untuk latihan kekuatan, kecepatan, power, kelincahan.

Pada olahraga yang waktunya lama kontinyu, seperti lari jarak jauh, balap sepeda jarak jauh, dan renang jarak jauh sistem energinya akan ajeg secara aerobik, baik hanya menggunakan gula darah, ataupun bersamaan antara gula darah dan lemak.

Pada cabang olahraga yang bersifat intermittent seperti sepakbola, bola voli, bola basket, tinju dll sistem energi yang digunakan akan berganti-ganti antara sistem fosfagen dan aerobik.

Jika aktivitas anaerobik berlangsung terlalu lama akan dapat terjadi kelelahan dini akibat asam laktat yang terakumulasi, dan menurunkannya lama.

Jika situasi memungkinkan untuk melaksanakan intensitas super maksimal sesingkat-mungkin jangan diperpanjang, agar ATP-PC tidak langsung banyak berkurang

Banyaknya ATP yang berkurang akan menyebabkan glikogen otot segera digunakan dan terjadi asam laktat

Pada pertandingan sepakbola, bolavoli ketika tidak memainkan bola harus selalu bergerak, tetapi dalam keadaan aerobik agar mendapatkan posisi-posisi yang menguntungkan, dan tidak akan melelahkan karena sistem energinya berbeda.

Pada saat kegirangan perlu mengendalikan emosinya agar tidak melakukan aktivitas dengan intensitas maksimal-waktu panjang, sebab jika laktat banyak terakumulasi dapat menyebabkan kelelahan yang berkepanjangan.

Dalam latihan, intensitas yang lebih rendah digunakan sebagai pemulihan setelah intensitas yang lebih tinggi.

latihan kekuatan, kecepatan, power, kelincahan, sistem fosfagen (ATP-PC) perlu dimaksimalkan (8-12 dt) dengan harapan simpanan akan meningkat, shg pemecahan akan lebih cepat.

Pemulihan ATP-PC 2-5 menit

Reduksi/pembersihan asam laktat 30-60 menit.

Pemulihan glikogen 48 jam

Pemulihan butir-butir darah 24 + tidur nyenyak

Circuit Training

- Tidak setiap otot sama sistem energinya