

A decorative graphic consisting of a vertical bar with a gradient from light yellow to olive green. A thin yellow circle is centered around the bar. A thick black L-shaped bracket is at the bottom left, and a thin yellow L-shaped bracket is at the top right.

METABOLISME

Kuntarti, SKp

Pendahuluan

1. Sel mengekstraksi energi dari lingkungan
autotrof : mengambil energi dari sinar matahari pada proses fotosintesis → tumbuh-tumbuhan dan mikroorganisme berkhlorofil.
heterotrof : mengambil molekul berenergi/organik dari substrat/makanan diantaranya dari sel autotrof.
2. Sel mensintesis makromolekul untuk menunjang aktifitas hidupnya (gerak dinamik, pembelahan sel, reaksi-reaksi spesifik)

[Pengertian]

Kedua proses tsb dilakukan melalui reaksi-reaksi yang terintegrasi & terorganisasi →
metabolisme

Metabolisme: keseluruhan reaksi yang terjadi di dalam sel, meliputi proses penguraian & sintesis molekul kimia yang menghasilkan & membutuhkan panas (energi) serta dikatalisis oleh enzim

[Pengertian]

Metabolisme meliputi:

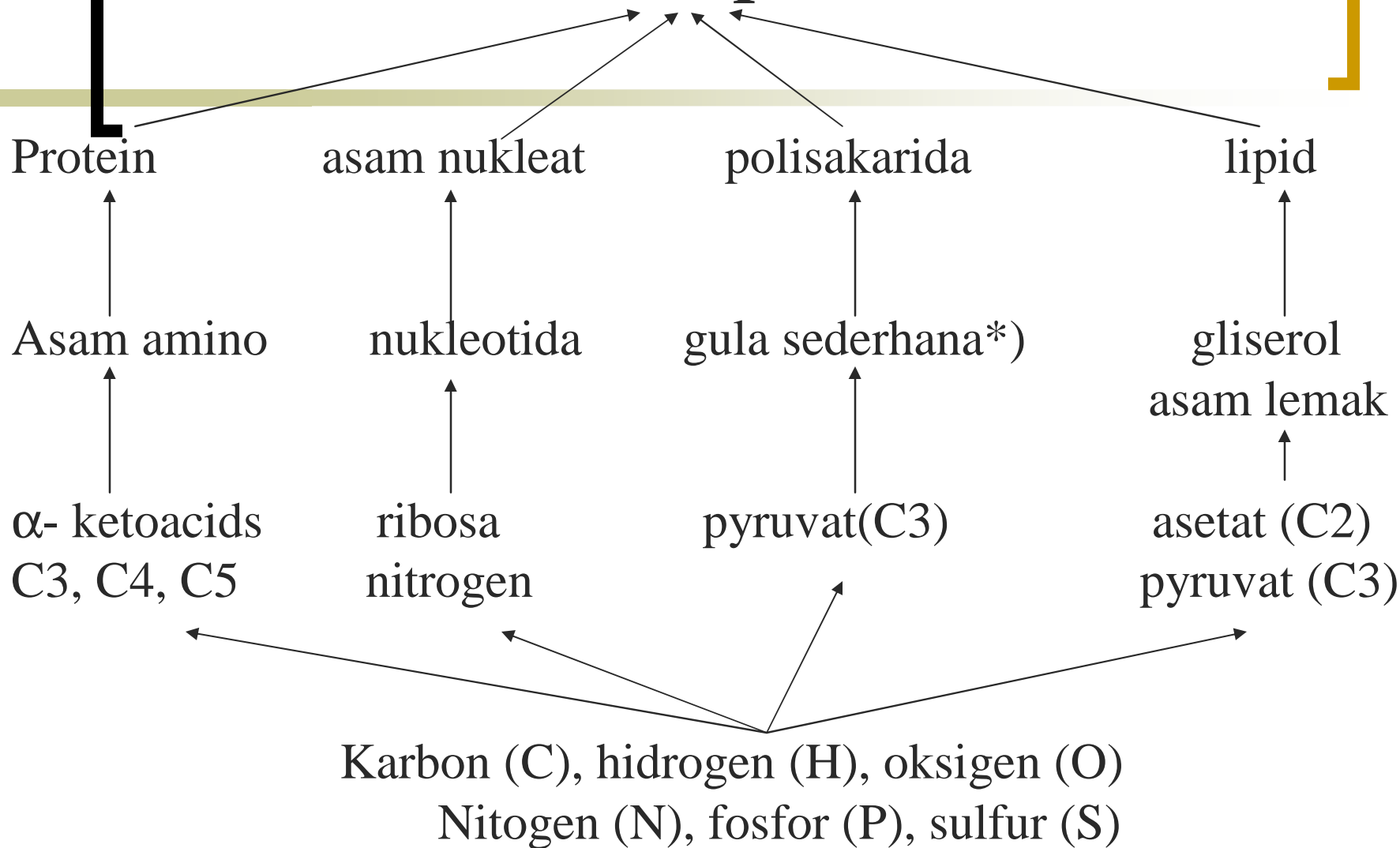
- 1) jalur sintesis (anabolisme/endorgenik)
⇒ menggabungkan molekul-molekul kecil menjadi makromolekul yang lebih kompleks; memerlukan energi yang disuplai dari hidrolisis ATP
- 2) jalur degradatif (katabolisme/eksorgenik)
⇒ memecah molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana; melepaskan energi yang dibutuhkan untuk mensintesis ATP.

[Komponen sel]

Makromolekul: komponen struktural & fungsional utama sel, tdd:

1. Asam nukleat
2. Protein
3. Karbohidrat/ polisakarida
4. Lemak/ lipid

Struktur supramolekul



Bahan Makanan sbg Sumber Energi

4 jenis nutrien utama, yaitu:

1. **Makronutrien** (karbohidrat, protein, lipid) menyuplai energi bagi tubuh
2. **Vitamin** membantu penggunaan makronutrien dan mempertahankan jaringan tubuh.
3. **Mineral** mempertahankan homeostasis, dan
4. **Air** sbg pelarut dalam tubuh, dan sbg alat transport untuk mendistribusikan nutrien ke jaringan.

DIET YANG SEHAT

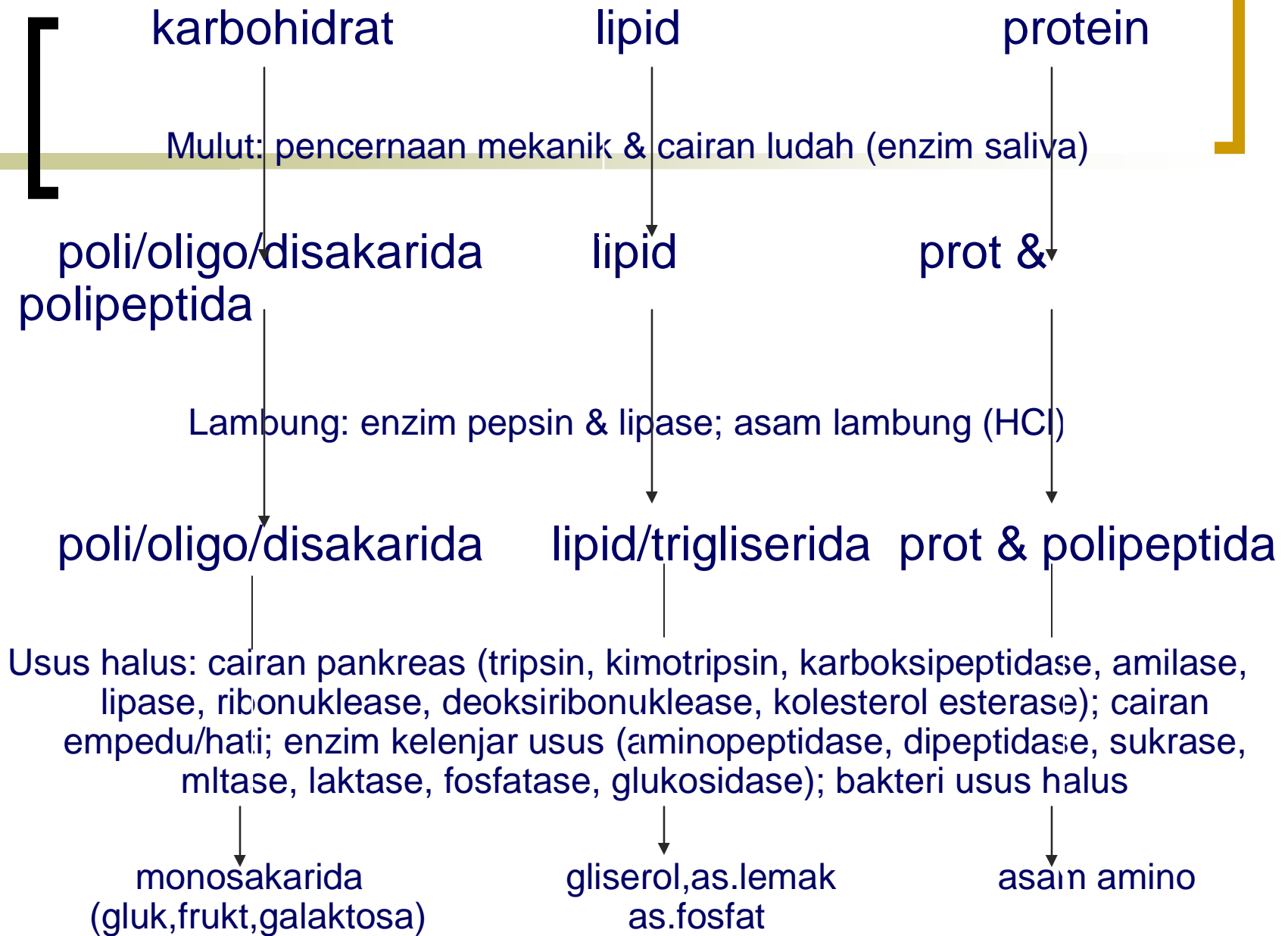
- Seimbang
- Bervariasi
- *Moderation* (dalam jumlah yang cukup; tidak kurang & berlebihan)

Fungsi Makronutrien

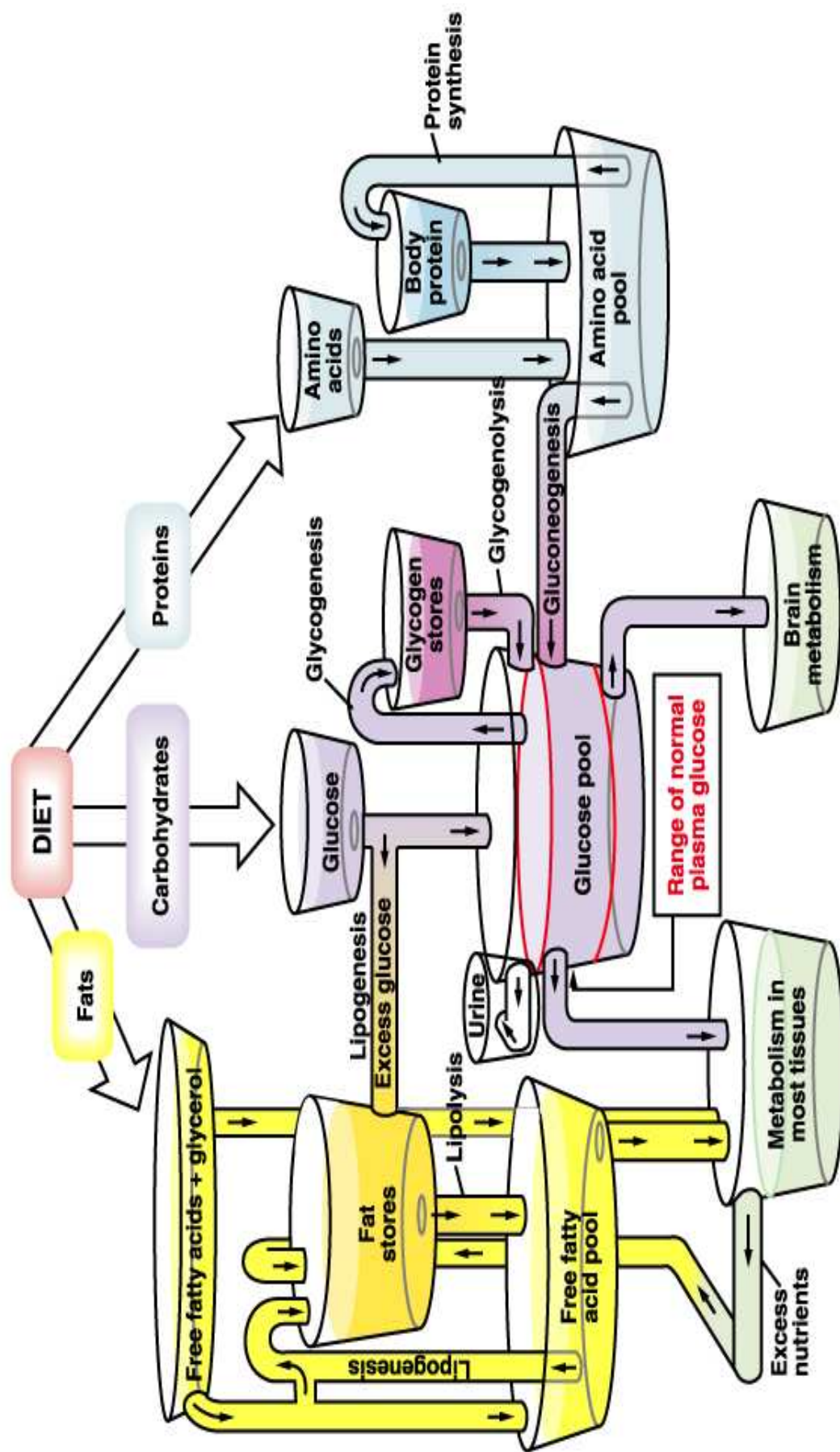
- **Sumber energi**
Energi yang dilepaskan dari ikatan kimia nutrien ialah ATP, fosfokreatin, dan zat molekul berenergi tinggi. Energi ini digunakan untuk transport dan kerja mekanik.
- **Sintesis**
Makromolekul digunakan untuk mensintesis bahan dasar yang diperlukan untuk pertumbuhan dan pertahanan sel dan jaringan.
- **Simpanan**
Jika makanan yang kita makan melebihi kebutuhan tubuh untuk energi dan sintesis, kelebihan nutien tersebut akan disimpan sebagai glikogen dan lemak. Simpanan ini menyediakan energi saat puasa.

Metabolisme bahan makanan

- *Absorptive-state*: katabolisme → penguraian molekul zat makanan yang besar menjadi molekul yang lebih kecil; rx oksidasi; melepaskan energi/panas; rx eksorgenik; membebaskan elektron
- *Post absorptive state/ fasted state*: anabolisme → sintesis molekul yang lebih kecil menjadi molekul yang lebih besar; rx reduksi; membutuhkan energi/panas; rx endorgenik; menyerap elektron



Metabolisme Bahan Makanan



Nutrient pool

- Bentuk nutrien yang diabsorpsi bergantung pada jenis makromolekulnya.
- Makromolekul dari diet akan diubah menjadi 3 *nutrient pools* tubuh.
- *Nutrient pools* ialah nutrien yang tersedia di dalam tubuh dan siap digunakan. Bahan-bahan ini berada di dalam plasma.

Lipid/ Lemak

- Diabsorpsi terutama dalam bentuk asam lemak dan gliserol.
- Asam lemak → bentuk utama lemak di dalam darah.
- Asam lemak esensial yang harus disuplai dari makanan ialah asam linoleat dan asam lenolenat. ⇒ sebagai prekursor untuk prostaglandin, tromboksan, dan leukotrien.
- Zat ini dapat digunakan sebagai sumber energi oleh jaringan dan mudah disimpan sebagai trigliserida di jaringan adiposa.

Lipid/lemak

- Proporsi lemak dalam diet dianjurkan sebanyak 30% dari total kalori, berasal dari *saturated fat* 10%, *monosaturated fat* 10%, dan dari *polisaturated fat* 10%.
- Lipid yang kita makan dapat meningkatkan *palatability of food* dan menimbulkan rasa kenyang.

Karbohidrat

- Sebagian besar diabsorpsi dalam bentuk glukosa.
- Konsentrasi glukosa plasma paling penting → karena **hanya glukosa** yang dapat dimetabolisme oleh otak.
- Komposisi karbohidrat dalam diet dianjurkan sebesar 55% dari total kalori.
- Karbohidrat yang kita makan ada 2 jenis, yaitu:
 - 1) *available carbohydrate* yang dicerna, diabsorpsi, dan digunakan sebagai sumber energi
 - 2) *unavailable carbohydrate* yang menyuplai serat.

Glukosa

- Jika kadar glukosa darah dalam batas normal → sebagian besar jaringan menggunakan glukosa sebagai sumber energi.
- Kelebihan glukosa akan disimpan sebagai glikogen. Sintesis glikogen dari glukosa disebut **glikogenesis**.

Glukosa

- Simpanan glikogen terbatas sehingga kelebihan glukosa yang lain diubah menjadi lemak (**lipogenesis**).
- Jika kadar glukosa darah turun, tubuh mengubah glikogen kembali menjadi glukosa (**glikogenolisis**)

- Dengan menyeimbangkan metabolisme oksidatif, sintesis glikogen, pemecahan glikogen, dan sintesis lemak, tubuh dapat mempertahankan kadar glukosa darah dalam batas normal.
- Jika homeostasis gagal dan glukosa darah melebihi kadar kritis (pada diabetes mellitus), kelebihan glukosa akan diekskresi dalam urin.
- Ekskresi glukosa dalam urin hanya terjadi jika ambang ginjal untuk reabsorpsi glukosa terlampaui.

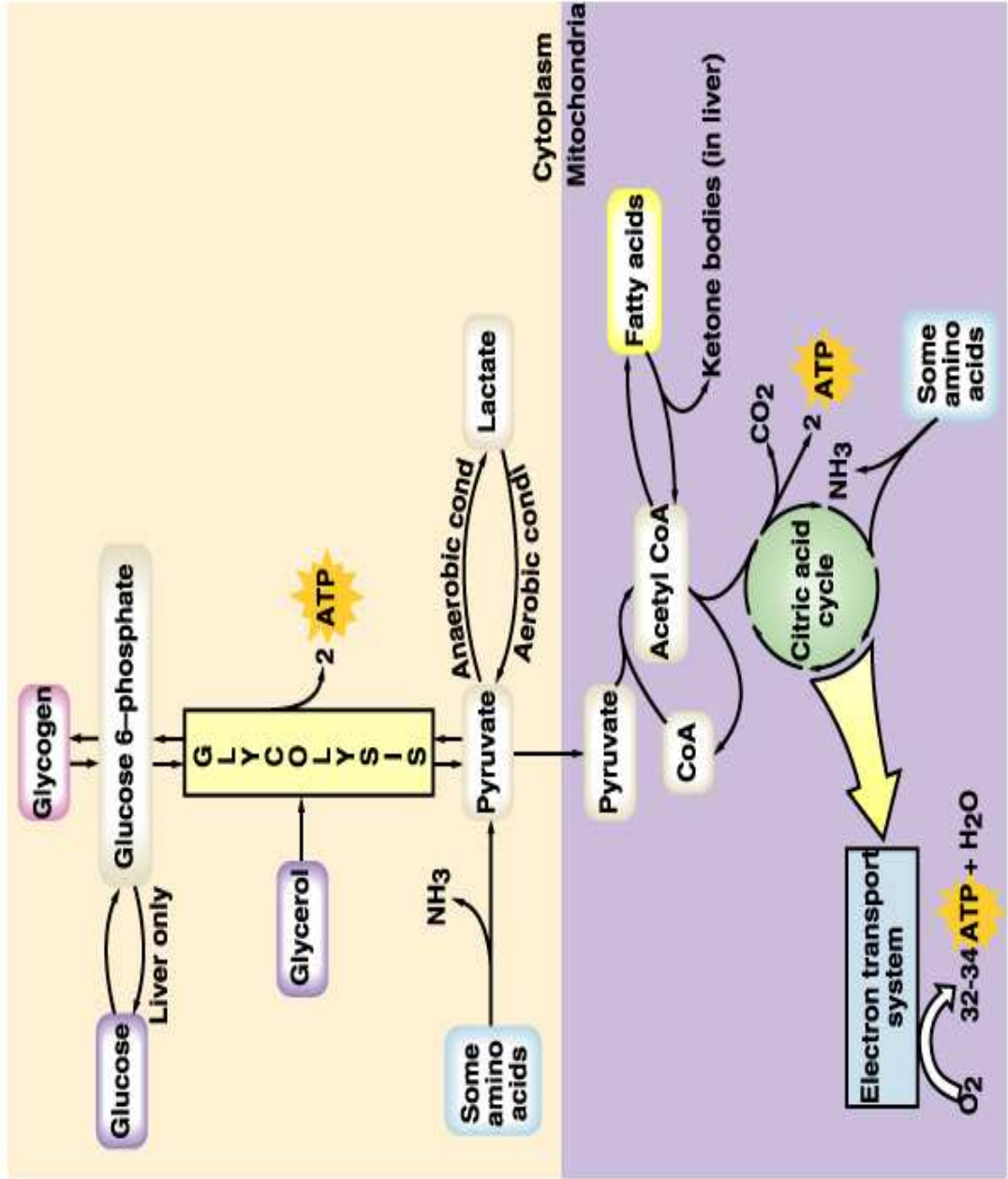
Protein

- Asam amino dalam tubuh terutama digunakan untuk sintesis protein. Tetapi, jika asupan glukosa rendah, asam amino dapat diubah menjadi glukosa melalui jalur yang disebut **glukoneogenesis** yaitu pembentukan glukosa baru dari prekursor nonkarbohidrat.
- Proporsi protein sebagai sumber energi dalam diet yang dianjurkan adalah sebesar 15%.

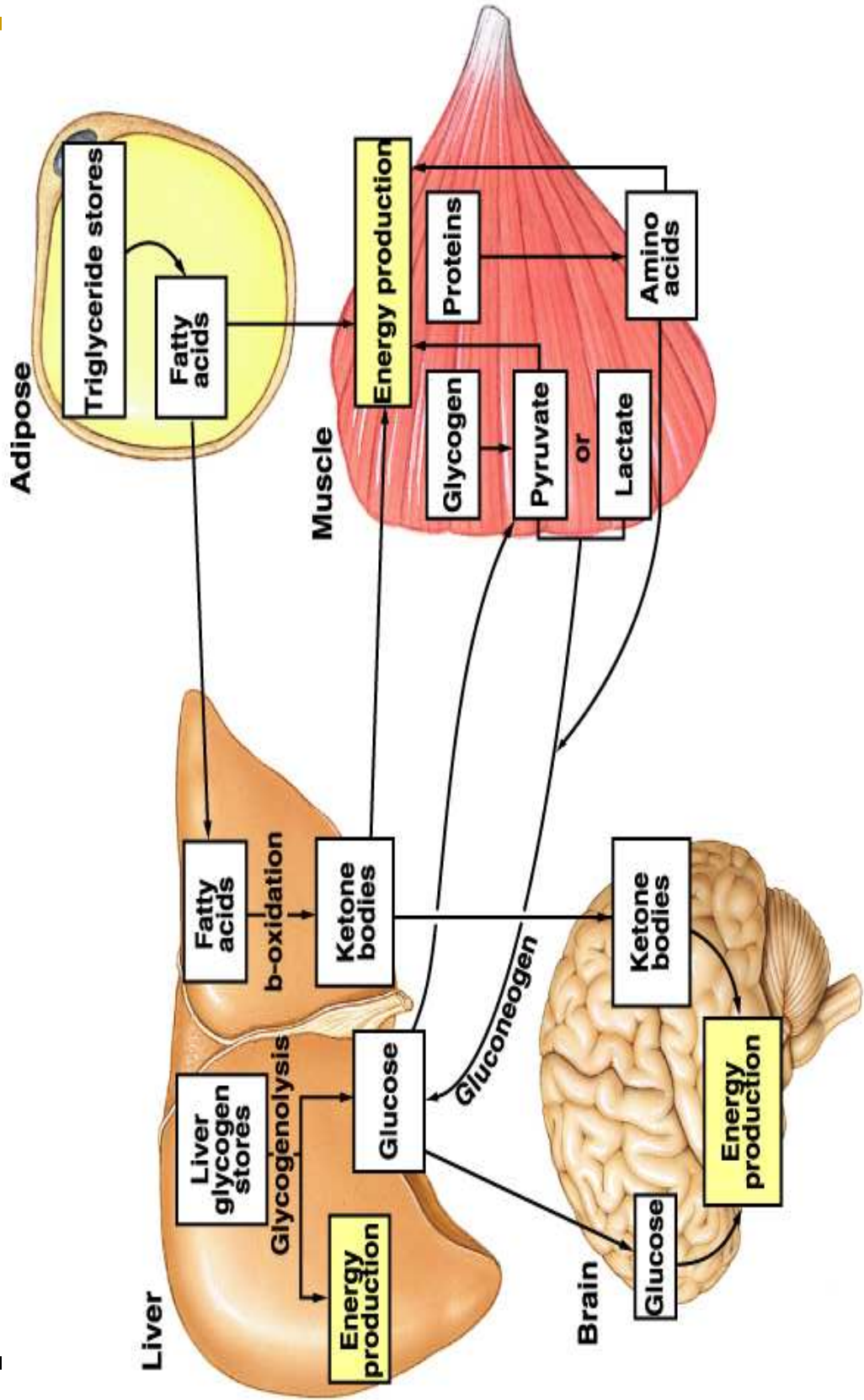
Protein

- Asam amino merupakan sumber utama untuk glukosa melalui jalur glukoneogenesis, tetapi gliserol dari trigliserida juga dapat digunakan.
- Glukoneogenesis dan glikogenolisis penting untuk *memback up* sumber glukosa pada saat puasa.

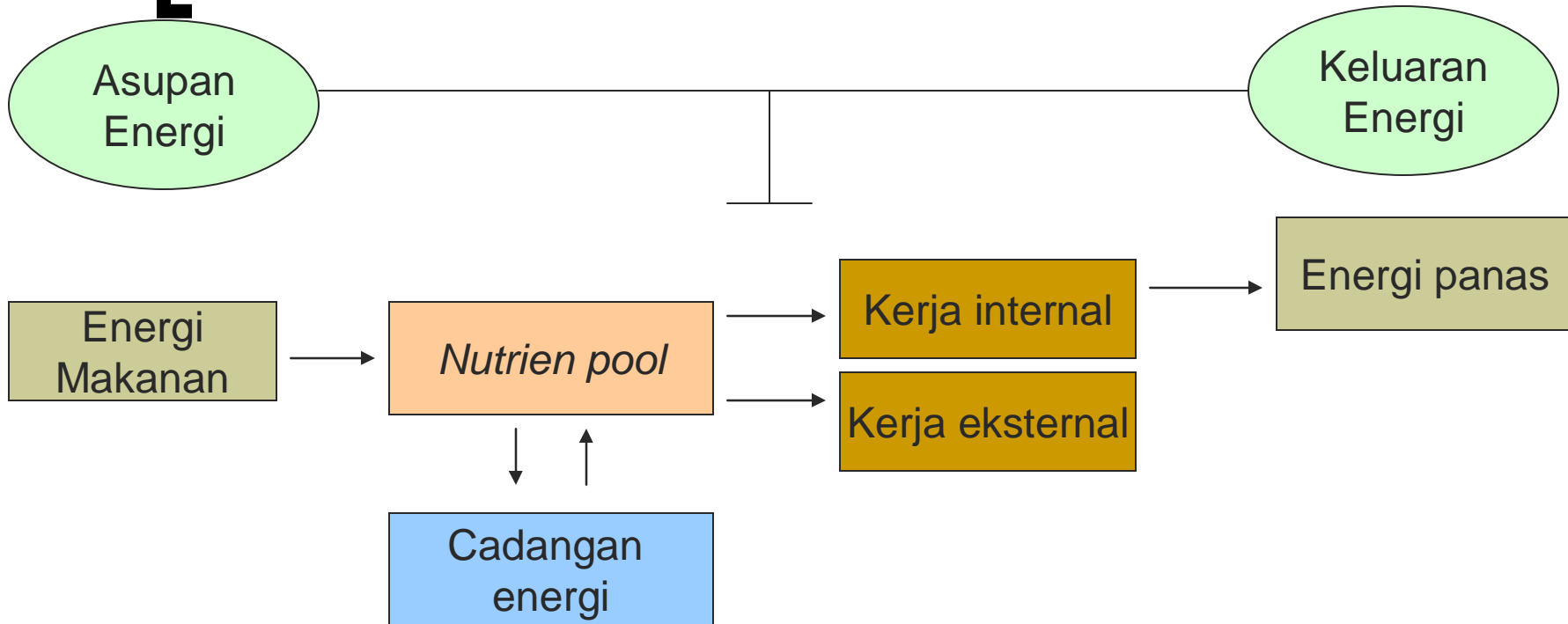
JALUR BOKIMIA PRODUKSI ENERGI



Produksi Energi saat Puasa



KESEIMBANGAN ENERGI



Energi dari Bahan Makanan

- Energi yang berasal dari makanan dapat diukur dengan cara langsung (*direct calorimetry*) melalui oksidasi bahan makanan di dalam suatu *bomb calorimeter*.
- Makanan dibakar dalam alat tersebut, panas yang dihasilkan dan terperangkap di dalam alat tersebut kemudian diukur.

Energi dari Bahan Makanan

- Hasil dari pengukuran :
karbohidrat menghasilkan panas 4,1 kcal/g, lemak 9,3 kcal/g, protein 4,1 kcal/g, dan alkohol 7,1 kcal/g.
- **Kilocalori (kcal)** ialah jumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 liter air sebanyak 1°C. Satu kilocalori (kcal) sama dengan 1 **Calori**.

Indirect calorimetry

- Produksi energi juga dapat diukur dengan mengukur produk hasil oksidasi biologis yang memproduksi energi, yaitu karbondioksida, air, dan produk metabolisme lain; atau dengan mengukur konsumsi oksigen. Cara ini disebut dengan *indirect calorimetry*.

Total Energy Expenditure (TEE)

Total penggunaan energi / *Total Energy Expenditure (TEE)* meliputi 3 komponen, yaitu:

1. Laju Metabolik Dasar (*Basal Metabolic Rate/BMR*)
2. *Diet-induced Thermogenesis (DIT)* atau *specific dynamic action (SDA)*
3. *Activity energy cost.*

Laju Metabolik Basal (*Basal Metabolic Rate*/BMR)

Laju Metabolik Basal (*Basal Metabolic Rate*/BMR) ialah energi yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi fisiologis normal pada saat istirahat.

BMR = kcal/ m²/jam (kilokalori energi yang digunakan per meter persegi permukaan tubuh per jam)

BMR

Fungsi fisiologis normal tersebut meliputi:

- 1) lingkungan kimia internal tubuh, yaitu gradient konsentrasi ion antara intrasel dan ekstrasel
- 2) aktivitas elektrokimia sistem saraf
- 3) aktivitas elektromekanik sistem sirkulasi
- 4) pengaturan suhu

Faktor-faktor yg mempengaruhi BMR

- Makanan

Makanan kaya protein akan lebih meningkatkan BMR daripada makanan kaya lipid atau kaya karbohidrat. Hal ini mungkin terjadi karena deaminasi asam amino terjadi relatif cepat.

Faktor-faktor yg mempengaruhi BMR

- Status hormon tiroid
Hormon tiroid meningkatkan konsumsi oksigen, sintesis protein, dan degradasi yang merupakan aktivitas termogenesis. Peningkatan BMR merupakan hal yang klasik pada hipertiroid, dan menurun pada penurunan kadar tiroid

Faktor-faktor yg mempengaruhi BMR

- Aktivitas saraf simpatis.
Pemberian agonis simpatis β juga meningkatkan BMR. Sistem saraf simpatis secara langsung melalui nervus vagus ke hati mengaktivasi pembentukan glukosa dari glikogen. Sehingga aktivitas saraf simpatis meningkatkan BMR.

Faktor-faktor yg mempengaruhi BMR

- Latihan

Latihan membutuhkan kalori ekstra dari makanan. Jika s/ makanan lebih banyak mengandung energi, maka berat badan akan meningkat. Jika penggunaan energi lebih banyak dari yg tersedia dlm makanan, maka tubuh akan memakai simpanan lemak yang ada dan mungkin akan menurunkan berat badan.

Faktor-faktor yg mempengaruhi BMR

- Umur & faktor lain
BMR seorang anak umumnya lebih tinggi daripada orang dewasa, krn anak memerlukan lebih banyak energi selama masa pertumbuhan. Wanita hamil & menyusui juga memiliki BMR yang lebih tinggi.
Demam meningkatkan BMR. Orang yg berotot memiliki BMR lebih tinggi daripada orang yg gemuk

Diet-induced Thermogenesis (DIT)

- *Diet-induced Thermogenesis (DIT)* atau *specific dynamic action (SDA)* ialah energi yang digunakan untuk metabolisme makanan yang menghasilkan panas.
- Setelah seseorang makan makanan campuran, penggunaan energi meningkat selama 6 jam. Hal ini mungkin digunakan untuk melakukan pencernaan makanan, absorpsi, dan penyimpanan makronutien.
- DIT berkisar antara 8%-15% dari TEE pada individu yang aktivitasnya sedang.
- Dari makanan yang kita konsumsi DIT lemak 2%-4%,, karbohidrat 4%-7%, dan protein 18%-25%.

[**Metabolisme pada *steady state***]

- ***Absorptive state*** ialah masa selama nutrien yang kita makan masuk ke peredaran darah dan beberapa nutrien tsb menyuplai energi bagi tubuh.
- ***Post-absorptive state*** ialah masa selama saluran pencernaan kosong dari nutrien dan simpanan/ cadangan tubuh harus menyuplai energi yang dibutuhkan.

Absorptive State

- Metabolisme yang terjadi ialah anabolisme.
- Nutrien yang diabsorpsi → untuk menyuplai energi, sintesis, dan penyimpanan
- Karbohidrat dan protein diabsorpsi ke dalam darah terutama dalam bentuk monosakarida dan asam amino. Sedangkan lemak diabsorpsi dalam bentuk triasilgliserol ke pembuluh limf.
- Karbohidrat yang diabsorpsi, selama masa absorptive state, yang menjadi sumber energi utama ialah glukosa, sebagian diubah menjadi glikogen dan disimpan di otot rangka dan hati.

Absorptive State

- Di jaringan adiposa, glukosa diubah dan disimpan sebagai lemak. Asam lemak dalam bentuk kilomikron dilepaskan dalam kapiler jaringan dan membentuk triasilgliserol.
- Sebagian besar asam amino masuk ke dalam sel dan digunakan untuk sintesis protein, dan kelebihanannya diubah menjadi karbohidrat atau lemak.

Postabsorptive State

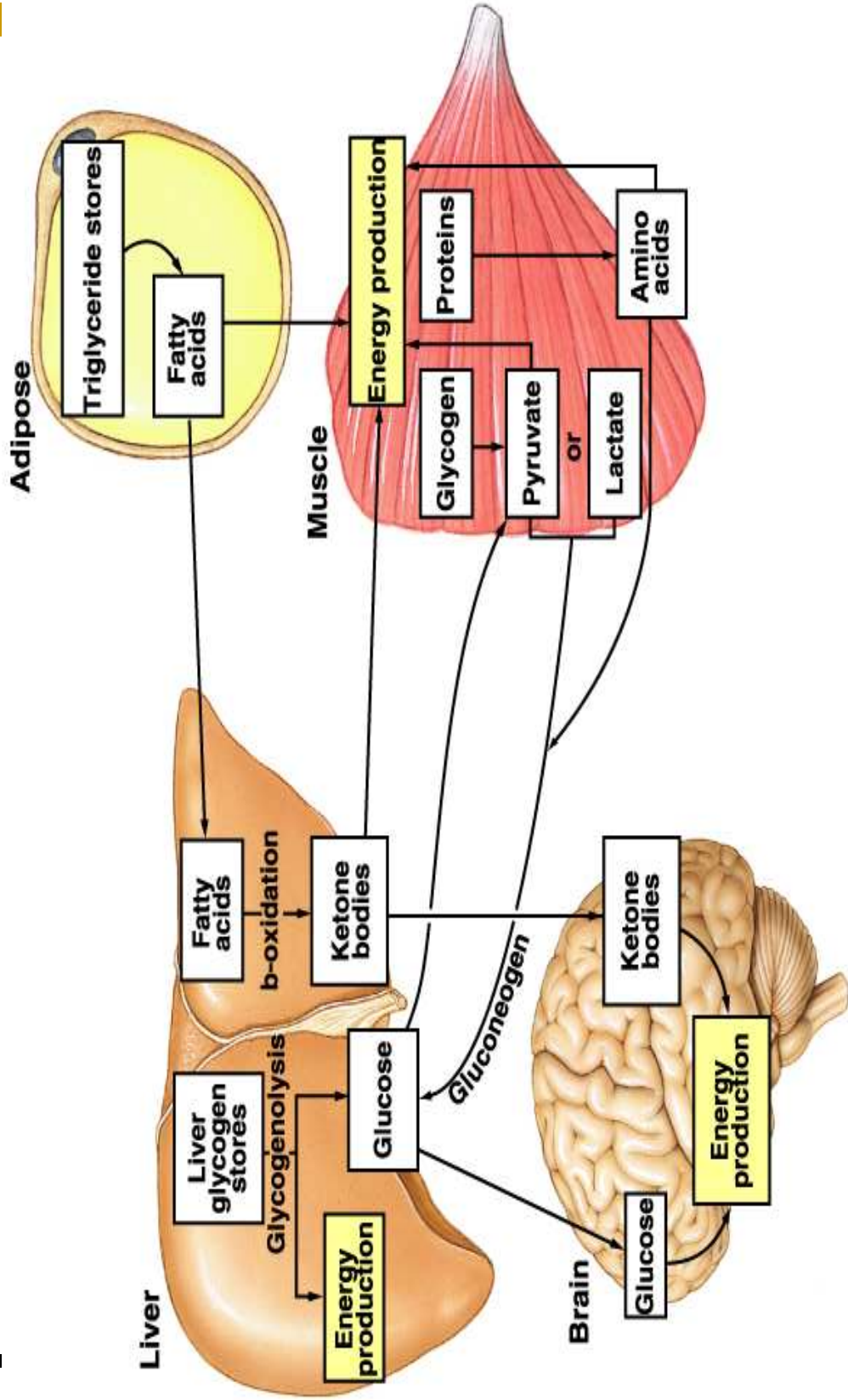
- Metabolisme yang terjadi ialah katabolisme.
- Setelah semua nutrien dicerna, diabsorpsi, dan didistribusikan ke sel yang berbeda-beda, kadar glukosa darah turun → sinyal untuk mengubah keadaan dari *absorptive state* menjadi *post-absorptive state (fasted-state)*.
- Tujuan dari *fasted-state* ialah mempertahankan konsentrasi glukosa dalam plasma dalam batas normal sehingga otak dan sel saraf tetap terpenuhi kebutuhannya.


[Kadar Glukosa Darah]

Kadar glukosa darah dipertahankan dengan cara:

1. **Glikogenolisis**, yaitu hidrolisis simpanan glikogen di hati dan otot rangka.
2. **Lipolisis**, yaitu katabolisme triasilgliserol menjadi gliserol dan asam lemak di jaringan adiposa. Gliserol yang mencapai hati akan diubah menjadi glukosa.
3. Protein dikatabolisme menjadi glukosa (***gluconeogenesis***)

Metabolisme post-absorptive state





**SELAMAT
BELAJAR**