

# METABOLISME

---

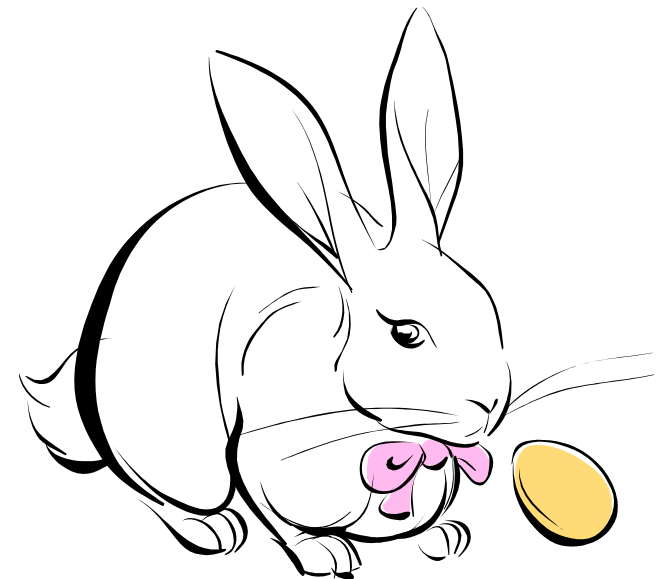
**Oleh:**

**Diah Tri Widayati**

**Kustono**

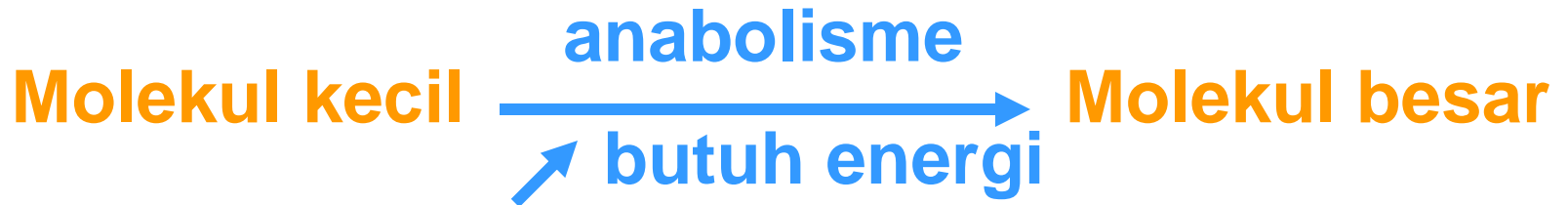
# Metabolisme

**Semua transformasi kimia dan energi pada sel – sel yang hidup.**



# Proses aktivitas dari sel

- Anabolisme atau sintesa konstituen sel dari zat – zat makanan.



- Katabolism atau pemecahan konstituen sel



- **Proses dimana energi ditangkap dari zat – zat makanan**

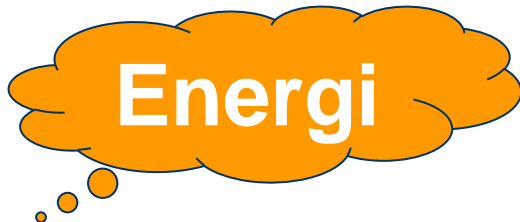
untuk proses fisiologis

zat-zat makanan



(supply nutrient)

**Energi**

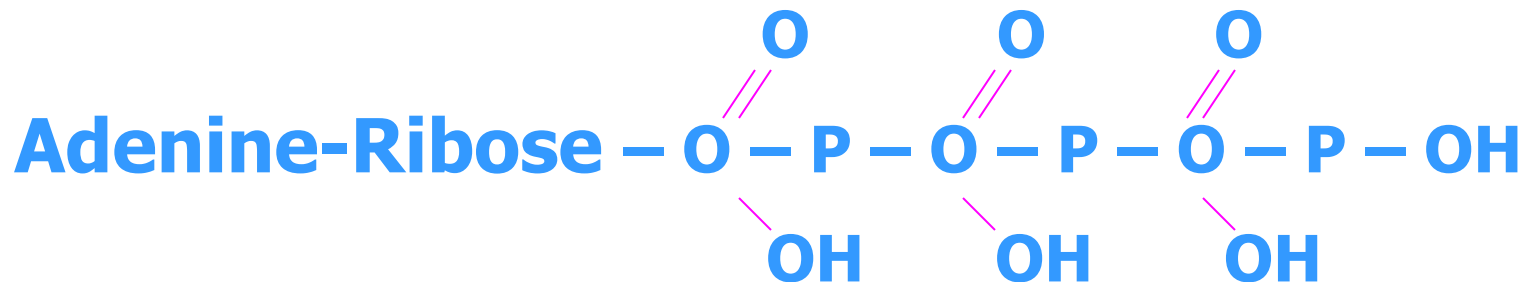


- **Respirasi**
- **Aktivitas otot**
- **Absorpsi, dan lain-lain**

**Reaksi oksidasi dari zat makanan menghasilkan energi → energi bebas**

**Energi bebas tidak bisa langsung digunakan, dikonversi → energi fosfat tinggi dan sebagai + ATP**

ATP = Adenosin Tri Phosphat = "Storehouse" adenosin yang dihubungkan dengan ribose dan 3 rangkaian fosfat



# Metabolisme Karbohidrat

Non ruminansia : starch (pati) dan glikogen dihidrolisa secara enzimatik

Bentuknya = disakarida (di dalam GIT)

Monosakarida juga terbentuk di dalam lumen usus halus dengan adanya reaksi oleh disakarida – disakarida dalam sel mukosa.

Selama absorpsi,  
disakarida **hidrolisa** → monosakarida

Hidrolisa oleh enzim dalam *brush border* dari sel – sel epitel mukosa.

Monosakarida yang dihasilkan melewati/masuk ke vena portal untuk diangkut ke hati.

Monosakarida dalam lumen usus diabsorpsi oleh sistem portal.

**Herbivora** : selulosa, hemiselulosa, dan pentosan – pentosan dikonversikan ke asam – asam lemak rendah → **fermentasi mikrobial**

Asam – asam lemak rendah yang dominan :

- Acetat
- Propionat
- Butirat



**Acetat dan Propionat** → paling banyak yang relatif jumlahnya bervariasi dengan pengaruh : **waktu, jenis makanan, pH, dan komposisi mikrobial dalam rumen.**



## Mekanisme

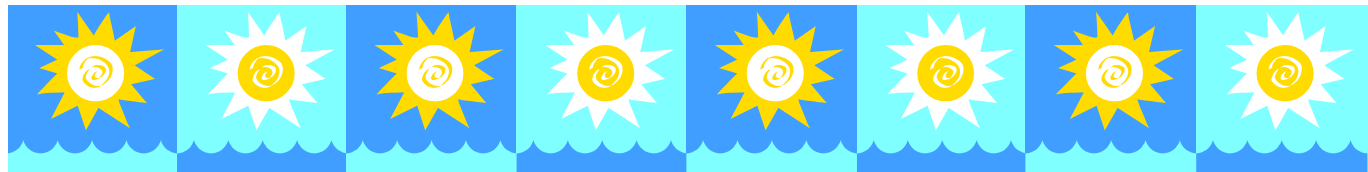


Reaksi metabolisme CHO cukup banyak, yang paling banyak dibicarakan pada species mamalia:

- Ⓜ **Glikolisis**
- Ⓜ **Siklus asam sitrat (siklus Krebs) – TCA**
- Ⓜ **Pentose phosphate pathway**
- Ⓜ **Degradasi dan formasi glikogen**
- Ⓜ **Interkonversi diantara monosakarida**

**Karbohidrat yang terabsorpsi (glucose, galaktose, dan fructosa) dimetabolisme melalui 3 jalan :**

- ❏ **Segera digunakan sebagai sumber energi**
- ❏ **Disimpan sebagai energi (hati dan otot glikogen)**
- ❏ **Diubah menjadi lemak tubuh.**



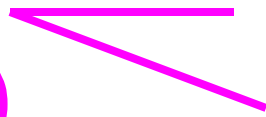


## Level normal glukosa darah

- ✦ Ruminansia : 40 – 60 mg/100 ml
- ✦ Manusia : 90 – 140 mg/100 ml
- ✦ Katak (berdarah dingin) : 20 mg/100 ml
- ✦ Burung > mamalia

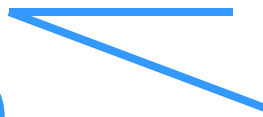
Pada ruminansia Kh yang tak larut (selulosa dan hemiselulosa) → **VFA**

**Acetat**  
(Lipogenik)



**10 ATP (siklus kreb)**  
**lemak tinggi (kolesterol)**

**Propionat**  
(Glukogenik)



**18 ATP (siklus kreb)**  
**Glukosa → 34 ATP (kreb)**  
glikogen

**Butirat**  
(Ketogenik)



**25 ATP (kreb)**  
**lewat reaksi  $\beta$ -oksidasi**  
**Asetat**

# Metabolisme Lemak



**Lemak dalam darah berasal dari :**

- **Absorpsi usus**
- **Mobilisasi lemak dari penyimpanan, atau**
- **Proses sintesa (terutama dalam hati)**

**Lemak dalam darah** → **chylomicron (silomikron)**  
→ **lipoprotein lain**  
(**very low density,**  
**low density, high density**)

Asam lemak yang tak mengalami esterifikasi diangkut sebagai **asam lemak kompleks** dan **albumin**.

Komponen lemak dalam darah berbeda antar species, faktor yang mempengaruhi :

- ▣ Jumlah dan tipe lemak makanan
- ▣ Waktu setelah mengkonsumsi makanan
- ▣ Kesehatan dan umur
- ▣ Keseimbangan hormon, dan
- ▣ Kebutuhan energi

Pada metabolisme lemak diproduksi Acetyl-CoA yang aktif → terjadi proses yang normal



Bila terjadi akumulasi Acetyl-CoA akan terbentuk benda keton dalam tubuh

→ ketosis (asetonemia) (↓ pH tubuh)

## Benda – benda keton

→ diproduksi di mitokondria hati

- Asam asetoasetat ( $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_2\text{-COOH}$ )
- Asam  $\beta$ -hidroksibutirat ( $\text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_2\text{-COOH}$ )
- Aseton ( $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ )

Tingginya penggunaan asam lemak dan  $\beta$ -oksidasi oleh hati merupakan kunci terjadinya pembentukan benda – benda keton.



**Bila degradasi Kh berkurang, level oxaloasetat menjadi tidak cukup untuk berkondensasi dengan Acetyl-CoA**

**Kondisi yang menstimulir ketogenesis :**

- ❑ Puasa (kelaparan)**
- ❑ Bunting → pada domba**
- ❑ Laktasi → sapi produksi tinggi**
- ❑ Diabetes (gangguan hormonal)**
- ❑ Makanan (lemak ↑, Kh ↓)**

# Kelaparan Diabetes



Normal benda –  
benda keton  
dalam darah 2-4  
mg/100 ml

Pada metabolisme KH

↓  
Metabolisme Kh (-)

↓  
Energi dari KH (-)

↓  
Berlebihnya mobilisasi lemak tubuh

↓  
Berlebihnya prod. Acetyl-CoA

↓  
Berlebihan pembentukan benda keton

↓  
**KETOSIS**





**Pencegahan** : - diberi glukosa yang cukup  
- insulin (sel  $\beta$  dari pankreas)  
(insulin memfasilitaskan glukosa masuk dalam sel hati)

- **Ketonuria** : ekskresi keton dalam air kencing
- **Ketonemia** : kelebihan keton dalam darah

# Gangguan patologi pada metabolisme lemak

## 1. Obesitas (kegemukan)

deposisi lemak yang berlebihan dalam tubuh

**Sebab :** - kelebihan makanan

- kurang penggunaan energi tanpa adanya penurunan tambahan energi
- gangguan hormonal (hiperinsulin&hipotyriod)
- (tyroid → mendePRES metabolisme CHO)

## 2. Cachexia

mobilisasi lemak tubuh  $\uparrow$  dibanding deposisinya

### a. Hypertyroid



sekresi hormon tyroid berlebihan



metabolisme Kh  $\uparrow$   $\rightarrow$  Kh tidak cukup



Komposisi untuk memobilisasi lemak tubuh



lemak tubuh  $\downarrow$

## b. Diabetes tak terkontrol

- gangguan penggunaan glukosa sebagai energi
- kegagalan mensintesa lemak tubuh

### 3. Perlemakan hati (Fatty liver)

Mobilisasi lemak tubuh  $\uparrow \rightarrow$  produksi acetyl-CoA  $\uparrow \rightarrow$  deposisi dalam hati

Kelebihan lemak dalam hati

$\rightarrow$  **Fatty Liver Haemorrhagic Syndrome (FLHS)**





## 4. Kelaparan (starvation)

- Menurunnya suplai Kh
  - Hewan menggunakan Kh sbg energi
- 
- Suplai Kh sbg glikogen hanya 24 jam
  - Suplai Kh (nol) → lemak dimobilisasi sbg sumber energi (hanya 4-6 minggu)
  - Jika > 5-6 minggu → menggunakan protein pada stadium awal dari kelaparan (normal wear dan tear)
  - Jika lebih lama → menggunakan cellular protein → fungsi cellular terganggu → **FATAL**

# Metabolisme Protein



- Unsur organik yang esensial dari semua sel
- Terdapat sekitar 18% dari berat tubuh
- **Asam amino bebas (FAA)** → produk akhir digesti protein
- FAA hampir seluruhnya diabsorpsi → sistem darah portal
- Diangkut ke hati → sistem darah sistemik → jaringan dan organ



**FAA mengalami katabolisme di dalam mukosa usus, hati, otot skeletal dan ginjal.**

**Proses katabolisme umumnya meliputi :**

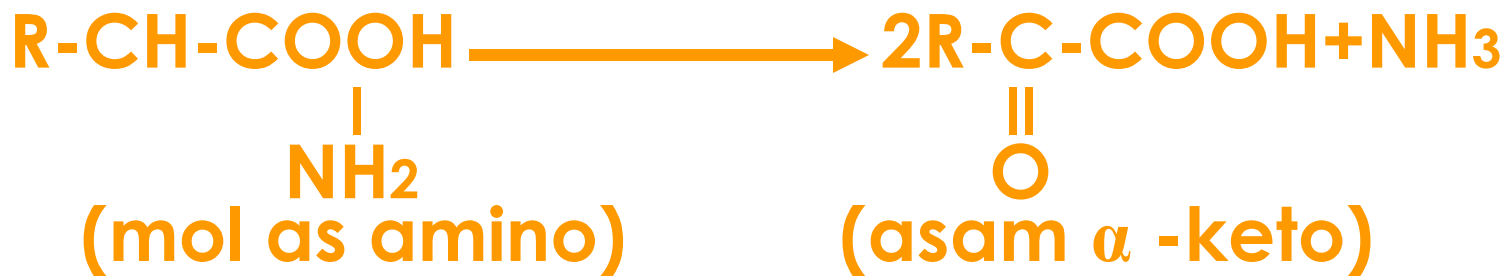
➤ **Deaminasi**

**proses pemindahan/pembuangan grup amino dari suatu asam amino**

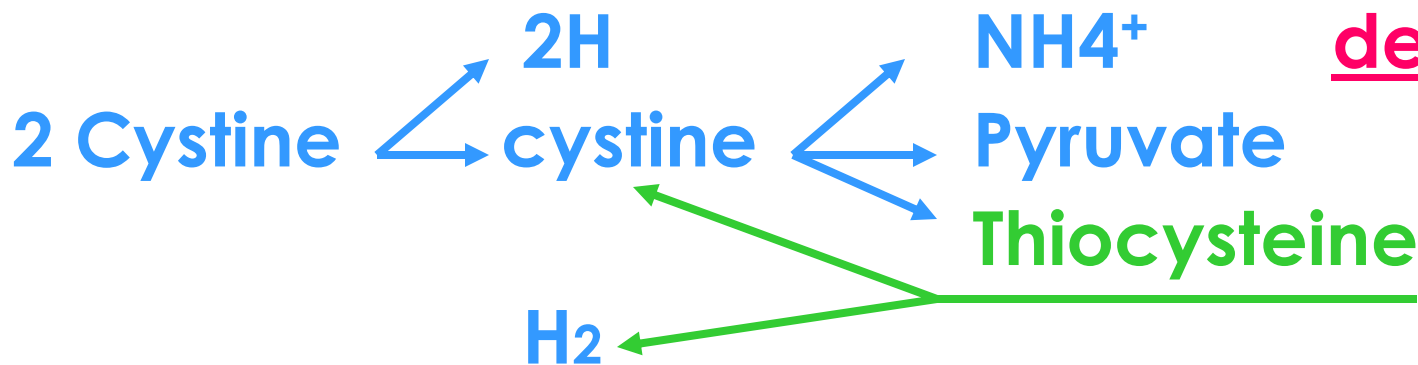
➤ **Penggunaan hasil asam  $\alpha$  -keto sbg energi**

Deaminasi terjadi secara aktif terutama di hati dan ginjal, **ada 2 cara** :

oxidative deamination



non-oxidative deaminasi



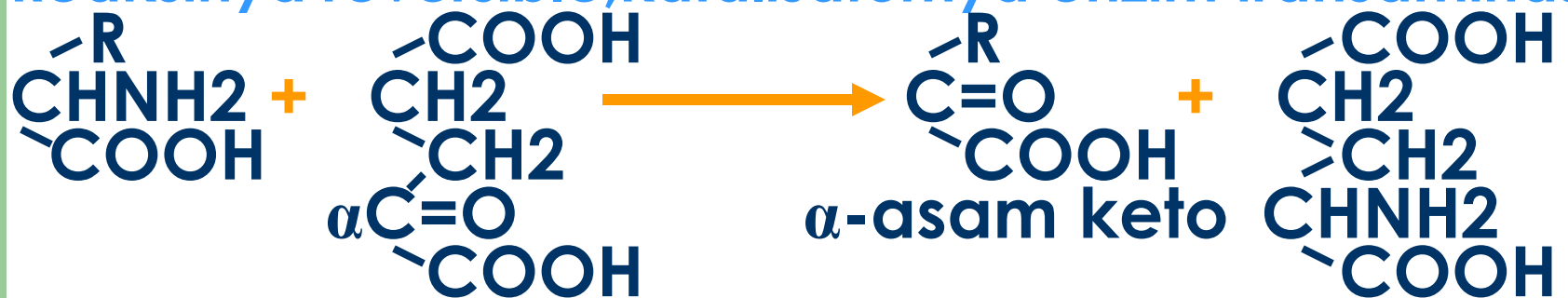
# Transaminasi

proses interconversi dari asam – asam keto

Amonia tidak terdapat dalam keadaan bebas

Co enzim untuk transaminasi → **piridoksal  
phosphat**

Reaksinya reversible, katalisatornya enzim transaminase



(a.a donor)  $\alpha$  - keto  
glutorat (aceptor)

asam glutamat

**Katabolisme asam amino pada umumnya dimulai dengan pembuangan grup  $\alpha$ -amino secara transaminasi/oxidative transaminase**

**Hasil yaitu asam  $\alpha$ -keto digunakan sebagai :**

- **Oxidative degradation untuk keperluan energi**
- **Dikonversikan sebagai glukosa atau glikogen**
- **Dikonversikan menjadi/disimpan sebagai lemak dan pembentukan benda-benda keton, kolesterol, asam-asam empedu dan hormon steroid**

Sintesa protein → “*all or none*”  
sistem (semua/ya atau sama sekali tidak)

**Artinya** : sintesa protein akan berlangsung  
tergantung dua kondisi, yaitu :

1. Asam amino yang digunakan untuk sintesa protein secara simultan harus tersedia (*simultaneously available*)

Satu a.a absen → sintesa protein tak berlangsung

**2. Semua a.a yang dibutuhkan harus ada dalam proporsi yang sama, sebagaimana protein jaringan yang akan dibentuk.**

Misalnya, protein yang akan dibentuk dalam jaringan **3A.2B.4C**

Sedang a.a yang tersedia dalam darah/plasma atau cairan ekstraseluler **3A.3B.3C**

Karena masih kurang 1 a.a untuk → 4C maka **sintesa protein tak terjadi.**

Tapi bila yang tersedia **3A.2B.5C**

**sintesa protein terjadi** dengan sisa C akan didegradasi sebagai energi

## Indikasi adanya sintesa protein :

- **Pertumbuhan (*growth*)**  
hewan muda → dewasa  
adanya penambahan jaringan
- **Terpeliharanya masa jaringan tubuh**
  - **Maintenance**
  - **Regenerasi**
- **Regenerasi dari jaringan yang rusak/terluka**

# Pengatur sintesa protein

## 1. Asam nucleat (nucleat acid)

**DNA (Dioxyribo Nucleic Acid)** → senyawa yang penting dalam kromosom.

**DNA** : yang menentukan macam dan jumlah protein yang disintesa sehingga bertanggung jawab terhadap *genetic code*.

**RNA** : ada 2 tipe : \* messenger RNA (m RNA)  
\* transfer RNA (t RNA)



**m RNA** : membawa gene code dari  
DNA → ribosoma  
(tempat terjadinya sintesa protein)

**t RNA** : mengangkut enzim yang mengaktifkan  
dan memberikan energi asam amino di  
dalam ribosoma.

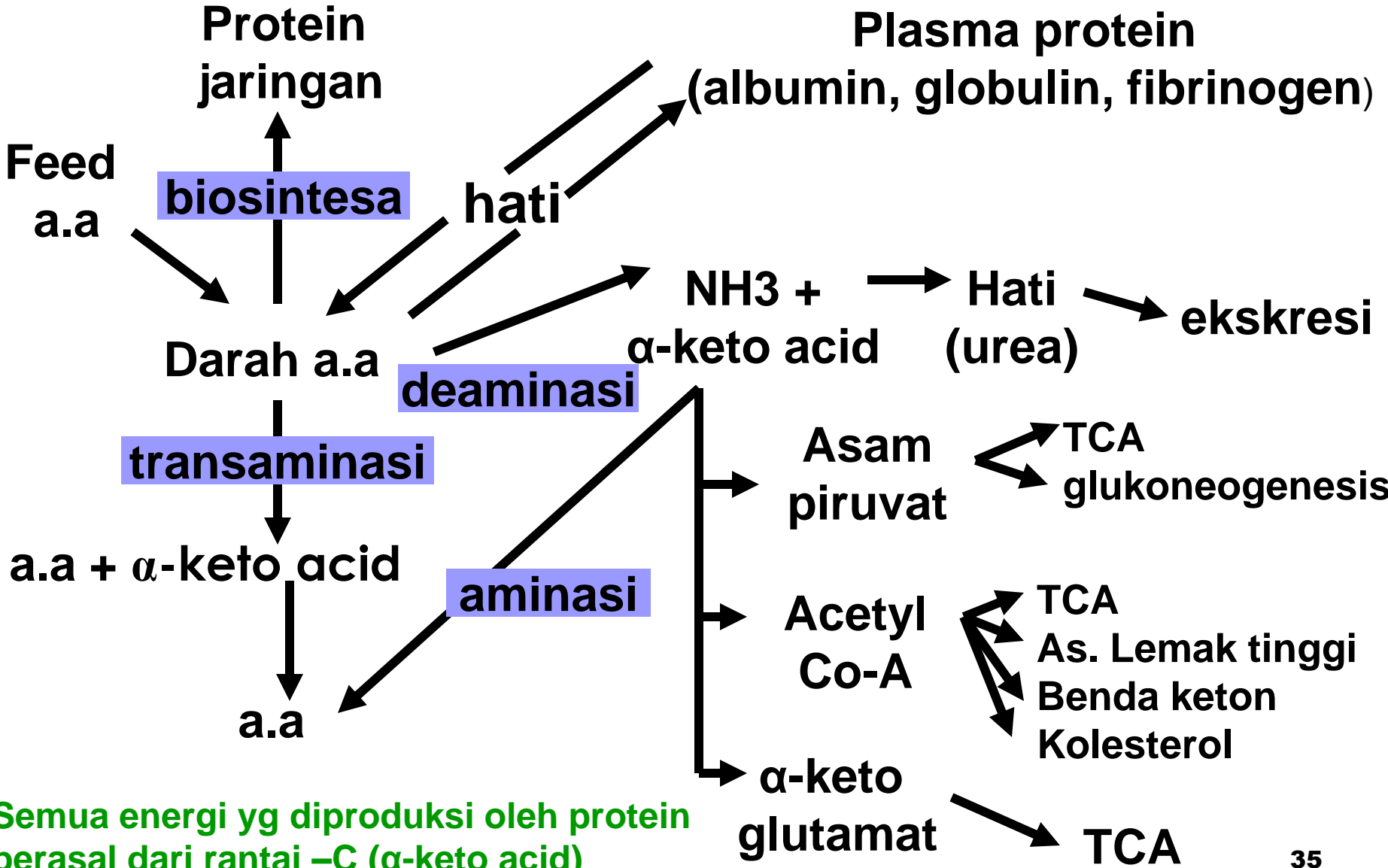
**2. Hormon** : yang mengatur keseimbangan  
dan sirkulasi a.a jaringan.

**GH (growth hormone)** : anterior pituitari  
memp[ercepat pengangkutan a.a lewat  
membran sel mengakselerasikan reaksi  
kimia,

**Kelebihan GH → gigantisme,  
Kekurangan GH → akromegali : dwarfism**

**Defisiensi insulin ↓ sintesa protein  
karena gangguan metabolisme Kh  
(glukosa → energi) akibatnya terjadi  
mobilisasi protein jaringan.**

# Ringkasan: Nasib pakan protein (*the fate of dietary N*)



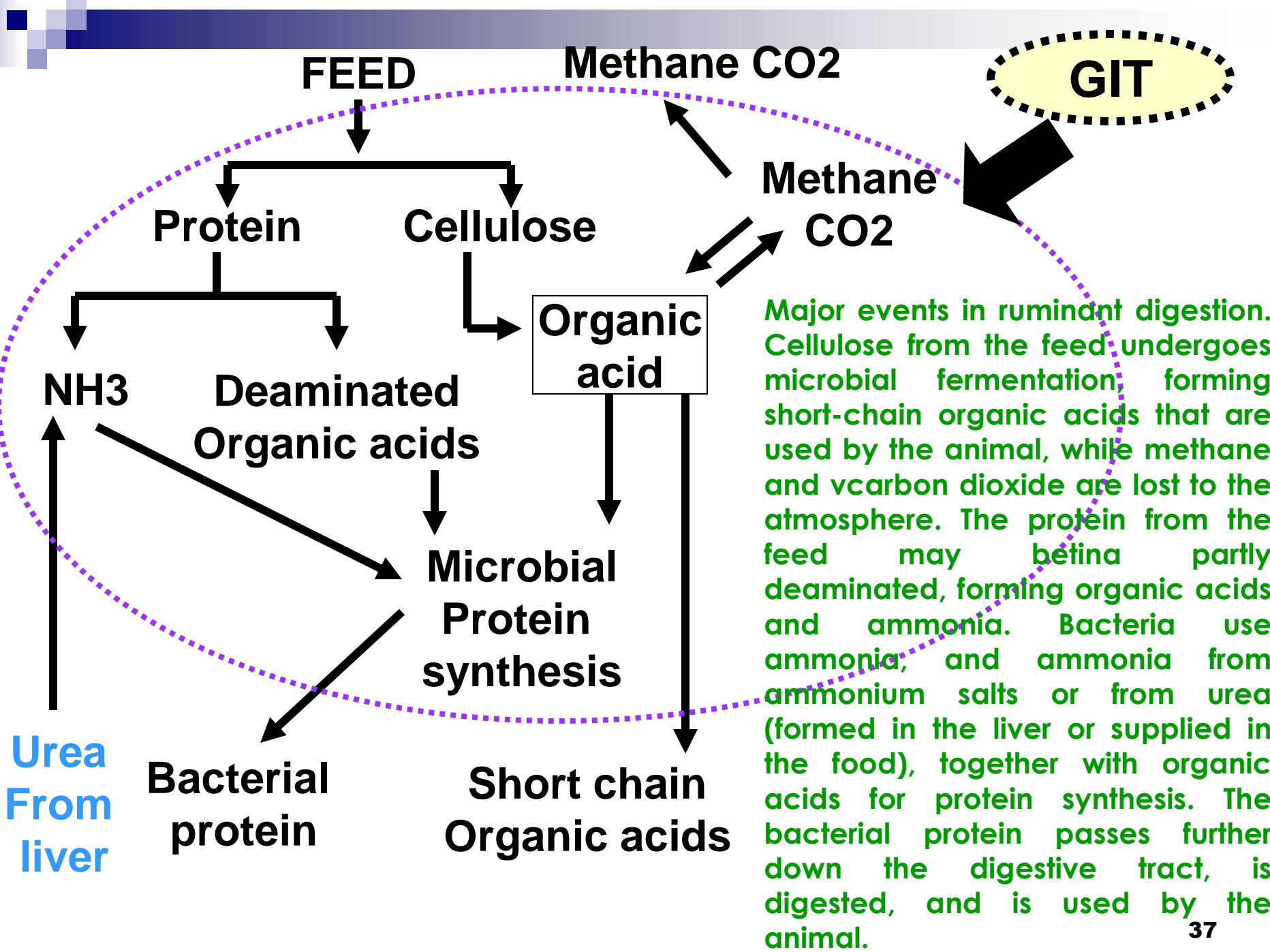
Semua energi yg diproduksi oleh protein berasal dari rantai -C (α-keto acid)

**Classification  
of the amino  
acid with  
respect to  
dietary needs  
of rat**



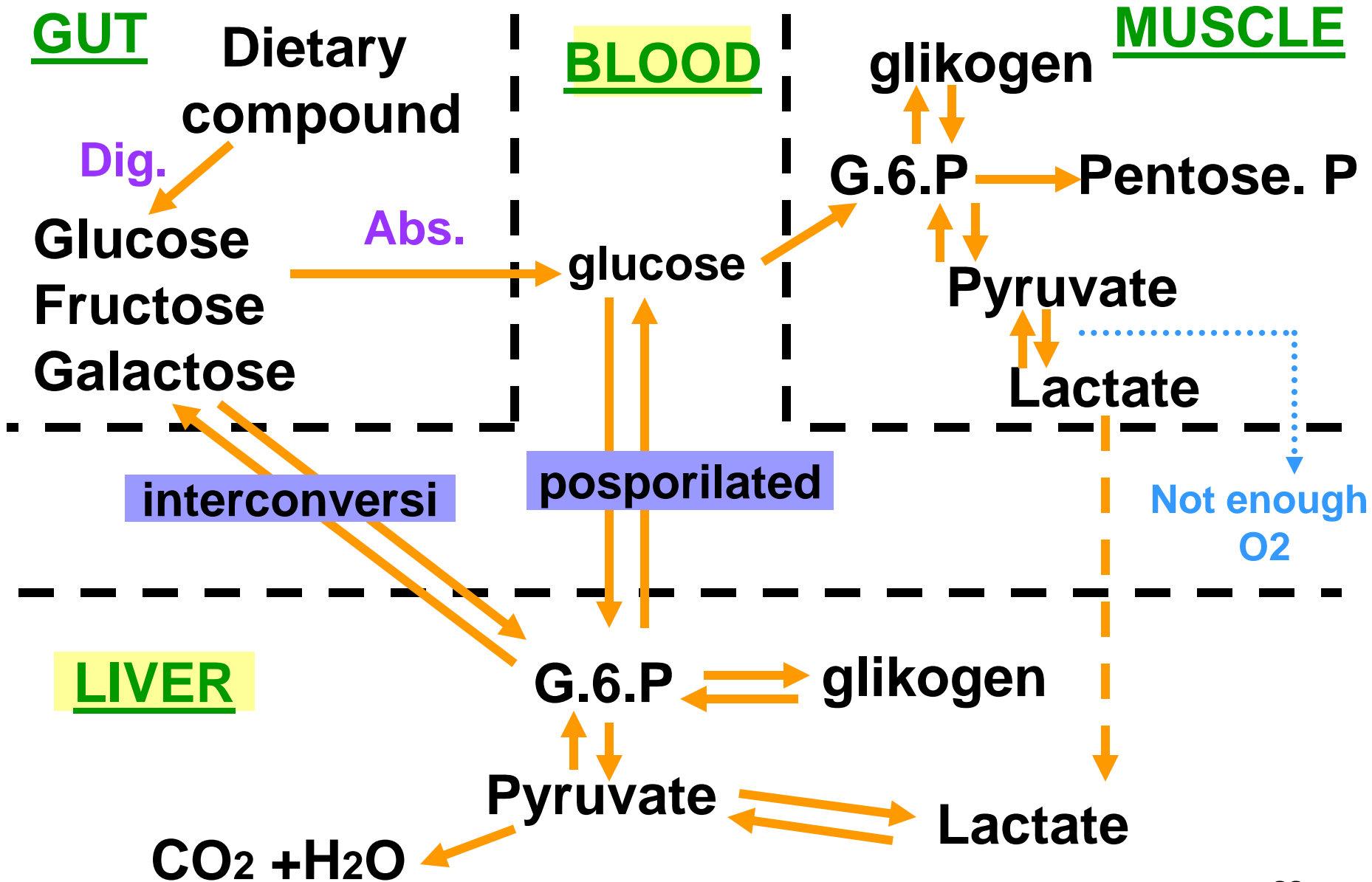
\* Arginine can be synthesized, but not a sufficiently rapid rate to meet the demands of normal growth.

<b><u>Essential</u></b>	<b><u>Nonessential</u></b>
<b>Lysine</b>	<b>Glycine</b>
<b>Tryptophan</b>	<b>Alanine</b>
<b>Histidine</b>	<b>Serine</b>
<b>Phenylalanine</b>	<b>Norleucine</b>
<b>Leucine</b>	<b>Aspartic acid</b>
<b>Isoleusine</b>	<b>Glutamic acid</b>
<b>Threonine</b>	<b>Proline</b>
<b>Methionine</b>	<b>Citruline</b>
<b>Valine</b>	<b>Tyrosine</b>
<b>Arginine*</b>	<b>Cystine</b>



Major events in ruminant digestion. Cellulose from the feed undergoes microbial fermentation, forming short-chain organic acids that are used by the animal, while methane and carbon dioxide are lost to the atmosphere. The protein from the feed may be in part deaminated, forming organic acids and ammonia. Bacteria use ammonia, and ammonia from ammonium salts or from urea (formed in the liver or supplied in the food), together with organic acids for protein synthesis. The bacterial protein passes further down the digestive tract, is digested, and is used by the animal.

# An over view of major sugar metabolism (CHO)





sekiian