

# **METABOLISME**

**Keseluruhan reaksi kimia yang berlangsung di dalam tubuh organisme**

**METABOLISME, hanya dapat berlangsung jika ada:**

- 1. materi atau zat yang bereaksi**
- 2. energi**
- 3. ATP**
- 4. enzim**

## **METABOLISME:**

- 1. ANABOLISME (reaksi penyusunan)**
- 2. KATABOLISME (reaksi pemecahan)**

# **ANABOLISME**

**PROSES SINTESIS MOLEKUL KOMPLEKS DARI  
SENYAWA-SENYAWA KIMIA YANG SEDERHANA SECARA  
BERTAHAP**

**Fase pembentukan (Sintesis) dari metabolisme, molekul pemula atau unit pembangun yg lebih kecil disusun menjadi makromolekul besar yg mrpkan komponen sel seperti protein, asam nukleat, dll**

**Biosintesis mengakibatkan peningkatan ukuran dan kompleksitas struktur**

membutuhkan energi dari luar (energi cahaya ataupun energi kimia) "REAKSI ENDERGONIK" dan energi dari hasil reaksi katabolisme (ATP)



Beberapa komponen sel juga perlu NADPH

**CONTOH:**

- Fotosintesis
- Kemosintesis

## **Tiga tahapan utama r anabolisme:**

- 1. Produksi prekursor seperti asam amino, monosakarida, dan nukleotida**
- 2. Pengaktifasian senyawa-senyawa tersebut menjadi bentuk reaktif menggunakan energi dari ATP**
- 3. Penggabungan prekursor tersebut menjadi molekul kompleks, seperti protein, polisakarida, lemak, dan asam nukleat**

**contoh hasil anabolisme :**

- glikogen, lemak, dan protein**
- molekul protein, protein-karbohidrat, dan protein lipid**

# **KATABOLISME**

**SERANGKAIAN REAKSI YANG MERUPAKAN PROSES PEMECAHAN SENYAWA KOMPLEKS MJD SENYAWA-SENYAWA YANG LEBIH SEDERHANA DENGAN MEMBEBAHKAN ENERGI “REAKSI EKSERGONIK”**

**Fungsi reaksi katabolisme : untuk menyediakan energi dan komponen yang dibutuhkan oleh reaksi anabolisme**

**Contoh: Respirasi atau fermentasi**

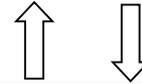
## **Tiga tahapan utama r katabolisme:**

- 1. Molekul organik besar seperti protein, polisakarida, atau lemak dicerna menjadi molekul yang lebih kecil**
- 2. Molekul-molekul yang lebih kecil diubah menjadi molekul yang lebih kecil, biasanya asetil koenzim A (Asetil KoA), yang melepaskan energi**
- 3. Kelompok asetil pada KoA dioksidasi menjadi air dan karbon dioksida pada siklus asam sitrat dan rantai transpor elektron, dan melepaskan energi yang disimpan dengan cara mereduksi koenzim (NAD<sup>+</sup>) menjadi NADH**

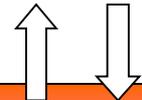
**ANABOLISME**

**Polimer : Protein,  
Asam Nukleat,  
Polisakarida, Lipid**

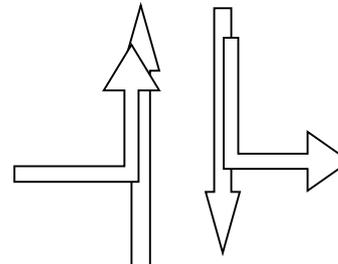
**KATABOLISME**



**Monomer : Asam amino,  
Nukleotida, Monosakarida,  
Asam lemak, Gliserol**



**Metabolit intermediat : Piruvat,  
Asetil CoA, Intermediat siklus  
TCA**



**Molekul sederhana :  
H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>**

# ENZIM

Kata Enzim berasal dari "enzyme" → berarti ragi (yeast)

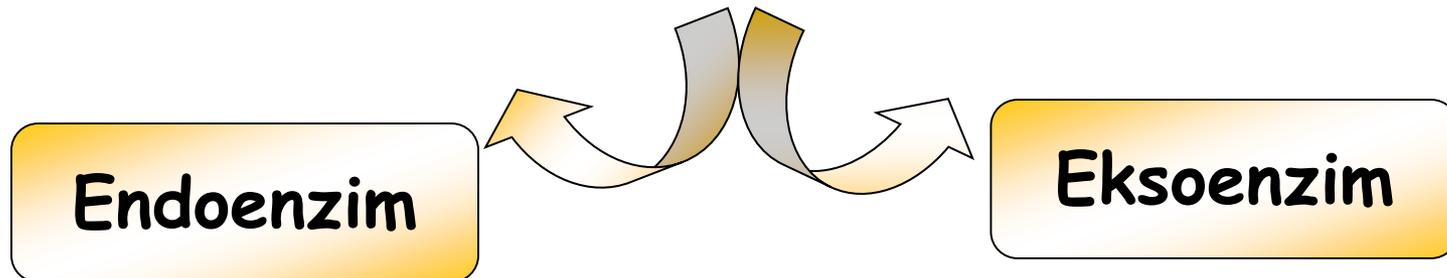
- Enzim merupakan unit fungsional dari metabolisme sel
- Enzim adl suatu protein molekul besar yang bobot molekulnya ribuan.  
Contoh enzim katalase bobot molekul 248.000, sedangkan enzim urease memiliki bobot 438.000.
- Enzim merupakan suatu zat yang dapat mempercepat proses anabolisme, dan katabolisme

SATU ATAU BEBERAPA GUGUS POLIPEPTIDA (PROTEIN)  
YANG BERFUNGSI SEBAGAI KATALIS DALAM SUATU  
REAKSI KIMIA → BIOKATALISATOR

## Fungsi:

- Menurunkan Energi Aktivasi
- Mempercepat Laju Reaksi Pada Suhu & Tekanan Tetap Tanpa Mengubah Tetapan Setimbang
- Mengendalikan Reaksi

Berdasarkan tempat bekerja' enzim dibagi 2:



- **Endoenzim disebut juga enzim intraselular**
  - ➔ enzim yg beraktivitas di dalam sel tempat sintesisnya
  - ➔ Enzim intraselular mensintesis bahan selular & jg menguraikan nutrient utk menyediakan energi yang dibutuhkan sel
- **Eksoenzim disebut juga ekstraselular**
  - ➔ enzim yg bekerja diluar sel atau di tempat lain diluar tempat sintesisnya.
  - ➔ Fungsi utama eksoenzim adalah melangsungkan perubahan2 seperlunya pada nutrient disekitarnya shg memungkinkan nutrient tsb memasuki sel (mis: amylase m'uraikan pati mjd unit gula yg lbh kecil)

# Struktur Enzim

**Apoenzim** →  
berupa protein

**Gugus prostetik** →  
berupa nonprotein



**HOLOENZIM**

- **Koenzim** : bagian gugus prostetik yang lepas & bersifat aktif. Mrpkan gugus organik yang pada umumnya merupakan vitamin (Vit B1, B2) *NAD<sup>+</sup> (Nicotinamide Adenine Dinucleotide) FAD (Flavin Adenin Dinukleotida), Sitokrom*
- **Kofaktor**, berupa gugus anorganik ( ion-ion logam, seperti  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , dan  $\text{Fe}^{2+}$ ), berperan sebagai stabilisator agar enzim tetap aktif

# SIFAT-SIFAT ENZIM

## a. Sangat Aktif/cepat

→ reaksi yg dikatalisis oleh enzim berlangsung beberapa ribu sampai lebih dari satu juta kali lebih cepat daripada reaksi yang sama tetapi tidak dikatalisis oleh enzim.

## b. Sangat selektif (bekerja secara khusus)

→ enzim tidak dapat bekerja dengan bagian lain mis : enzim lipase sebagai katalisator reaksi perubahan lemak menjadi asam lemak dan gliserol

### c. Aktif pada rentangan suhu & pH relatif sempit

- Enzim bekerja sesuai pH, pada umum' enzim bekerja pada PH netral
- Rusak oleh panas, karena enzim merupakan protein, enzim akan terdenaturasi oleh suhu tinggi, terspresipitasi (terendapkan) oleh etanol/garam-garam anorganik berkonsentrasi tinggi seperti amonium sulfat, & tidak dapat melewati membran semipermeabel atau membran selektif.

# TATA NAMA ENZIM

Nama sistematis (nama resmi) yaitu dibentuk menurut aturan-aturan pasti, memberikan petunjuk mengenai apa substratnya dan macam reaksi yang dikatalisisnya

Enzim diberi nama sesuai dengan nama substrat dan reaksi yang dikatalisis

Biasanya ditambah akhiran ase, namun ada yang juga yang tidak berakhiran ase

misal: Heksokinase adalah nama biasa dari ATP

Tripsin, Pepsin

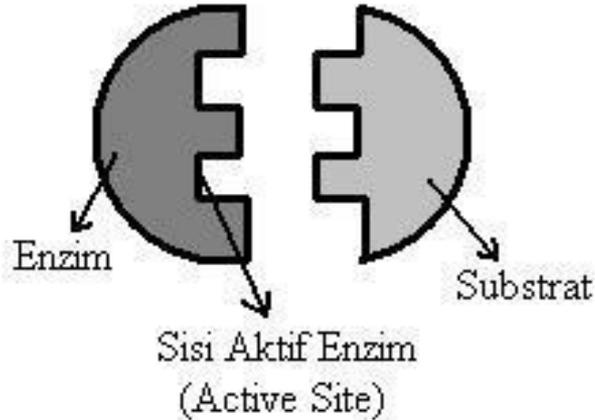
Enzim dibagi ke dalam 6 golongan besar

# PENGGOLONGAN ENZIM

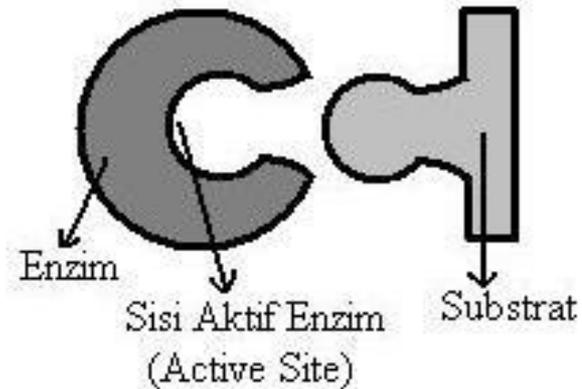
Klas	Tipe reaksi
Oksidoreduktase (nitrat reduktase)	memisahkan dan menambahkan elektron atau hidrogen
Transferase (Kinase)	memindahkan gugus senyawa kimia
Hidrolase (protease, lipase, amilase)	memutuskan ikatan kimia dengan penambahan air
Liase (fumarase)	membentuk ikatan rangkap dengan melepaskan satu gugus kimia
Isomerase (epimerase)	mengkatalisir perubahan isomer
Ligase/sintetase (tiokinase)	menggabungkan dua molekul yang disertai dengan hidrolisis ATP menggabungkan monomer-monomer sehingga terbentuk polimer

# KERJA ENZIM

- Teori Kunci-Gembok (Lock and Key Theory)
- Teori Kecocokan Induksi (Induced Fit Theory)



**Teori Kunci Gembok**  
Sisi aktif cenderung kaku



**Teori Kecocokan Induksi**  
Sisi aktif lebih fleksibel

# Faktor-faktor yg dapat mempengaruhi kerja enzim

## 1. Suhu

Suhu: optimum  $30^{\circ}\text{C}$ , minimum  $0^{\circ}\text{C}$ , maksimum  $40^{\circ}\text{C}$

## 2. pH (Tingkat Keasaman)

pH, tergantung pada jenis enzimnya (pepsin aktif kondisi masam, amilase kondisi netral, tripsin kondisi basa)

## 3. Aktivator dan Inhibitor

**Aktivator** adalah zat yang dapat mengaktifkan dan menggiatkan kerja enzim. Contohnya ion klorida, yang dapat mengaktifkan enzim amilase.

**Inhibitor** adalah zat yang dapat menghambat kerja enzim

## 4. Konsentrasi Enzim & Substrat

- Semakin tinggi konsentrasi enzim, reaksi semakin cepat → konsentrasi enzim berbanding lurus dengan kecepatan reaksi
- Apabila mencapai titik jenuhnya, maka konsentrasi substrat berbanding terbalik dgn kecepatan reaksi
- Konsentrasi substrat, substrat yang banyak mula-mula memacu aktifitas enzim, tetapi kemudian menghambat karena: penumpukan produk (*feed back effect*)

**Penggunaan enzim dalam proses produksi dapat meningkatkan efisiensi yang kmd akan meningkatkan jumlah produksi**

# Penghambatan aktifitas enzim ada dua tipe:

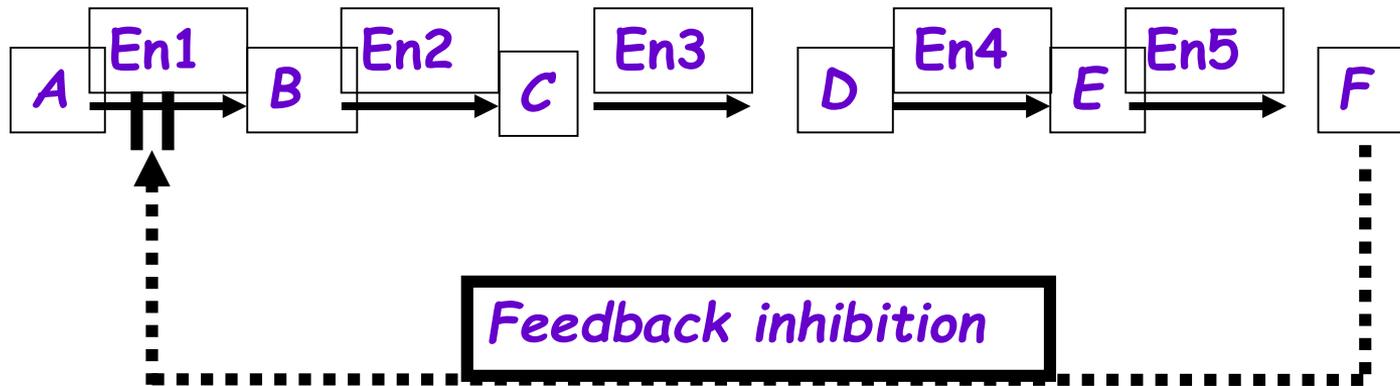
- **Kompetitif**

- zat penghambat mempunyai struktur yg mirip dgn substrat shg dapat bergabung dgn sisi aktif enzim. Terjadi kompetisi antara substrat dgn inhibitor untuk bergabung dengan sisi aktif enzim (*misal feed back effect*)

- **Non kompetitif**

- zat penghambat menyebabkan struktur enzim rusak sehingga sisi aktifnya tidak cocok lagi dengan substrat

# PENGHAMBATAN BALIK



# Penggunaan enzim dalam kehidupan sehari-hari

- *Amilase*

→ Terdapat dalam detergen untuk menyingkirkan kotoran seperti coklat, kari dan telur dari pakaian.

- *Protease*

→ Melembutkan daging, membantu menanggalkan kulit ikan dalam industri pengawetan ikan.

- *Selulase*

→ Melembutkan sayur-sayuran yang tinggi kandungan serabutnya, mengeluarkan kulit dari biji seperti gandum, mengasingkan agar-agar dari rumput laut dengan menguraikan dinding sel daun rumput laut dan membebaskan agar-agar yang terkandung dalamnya.

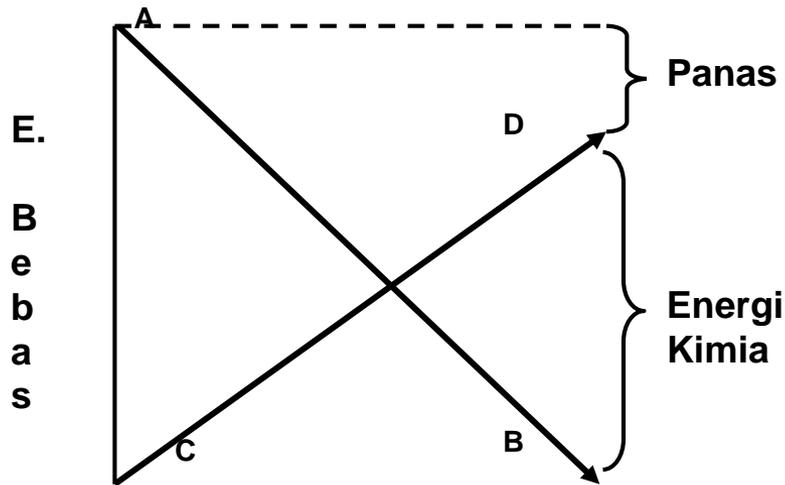
- **Papain**  
→ Untuk melembutkan daging.
- **Zimase**  
Untuk memecahkan gula pada etanol.
- **Renin**  
Mendidihkan susu.
- **Lipase**  
→ Mengurangkan lemak dalam makanan seperti daging, dan bertindak balas terhadap lemak susu dalam penyediaan keju.

# ENERGI BIOKIMIA

Bioenergetika atau termodinamika biokimia → ilmu yg mempelajari perubahan energi yang menyertai reaksi biokimia

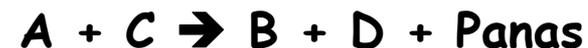
Reaksi ini diikuti oleh pelepasan energi selama sistem reaksi bergerak dari tingkat energi yang lebih tinggi ke tingkat yang lebih rendah → plg sering panas → non biologik: panas dpt diubah mjd energi mekanik atau listrik

- Dlm sistem biologi → isotermik, panas yg dilepaskan tdk dapat langsung digunakan untuk menggerakkan proses/ reaksi vital yg memerlukan energi.
- Misal: reaksi sintesis, kontraksi otot, transpor aktif,



A ke B → Eksergonik

C ke D → Endergonik



# ENERGI BEBAS

- Energi Bebas  $\rightarrow$  bagian dr energi suatu sistem yg dapat dipergunakan untuk melakukan kerja
- Perubahan energi bebas ( $\Delta G$ )  $\rightarrow$  adl bagian dr perubahan energi total pada sistem yg dapat melakukan kerja, yaitu energi yang bermanfaat
- $\Delta G$  sama dengan  $\Delta F$  yg digunakan pada bbrp buku
- Satu sistem yg b' bentuk satu reaksi kimia yaitu zat A yang berubah menjadi zat B  $\rightarrow$  pada perubahan itu terjadilah perubahan energi bebas

## HUBUNGAN ANTARA KONSTANTE KESEIMBANGAN & PERUBAHAN STANDAR ENERGI BEBAS

Persamaan untuk menghitung perubahan energi bebas pada suhu dan tekanan tetap adalah



$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \ln \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

$\Delta G^\circ$  perubahan energi bebas standar

[ ] menyatakan kadar/ konsentrasi zat

R konstante gas universal (1,98 kal/mol/°K)

T suhu absolute ( dalam derajat Kelvin )

- $\Delta G$  dapat lebih besar atau lebih kecil  $\Delta G^0$  tergantung konsentrasi berbagai reaktan
- Dalam keadaan seimbang  $\rightarrow$  tidak terjadi lagi perubahan kadar baik zat mula-mula maupun hasil reaksinya.  
**Berarti** bahwa tidak ada perubahan energi bebas lagi jadi  $\Delta G$  sama dengan 0

# **PERANAN FOSFAT BERENERGI TINGGI DLM BIOENERGETIKA & PENANGKAPAN ENERGI**

- Utk mempertahankan proses kehidupan, organisme mendapatkan suplai energi bebas dari lingkungannya
- Organisme autotropik → dgn menggandengkan metabolisme pada bbrp proses eksergonik sederhana di sekitarnya

Misal:

Tumb. hijau menggunakan energi matahari

- Organisme heterotropik → memperoleh energi bebas dengan menggandengkan metabolismenya pada pemecahan molekul-molekul organik yg kompleks

- Pada semua proses → ATP memegang peranan utama dlm pemindahan energi bebas dr proses-proses eksergonik ke proses-proses endergonik.
- ATP → adl suatu nukleotida khusus yg mengandung adenin, ribosa, dan 3 gugus fosfat.  
Pada reaksinya dalam sel, ia berfungsi sebagai kompleks  $Mg^{2+}$
- ATP mempunyai peranan dalam pemindahan radikal fosfat
- Peranan ATP dlm bioenergetika biokimia diperlihatkan pd percobaan yg menunjukkan bhw ATP & kreatin fosfat dipecah' selama kontraksi otot & disintesis kembali yg t'gantung pada suplai energi dr proses-proses oksidatif

# SINTESIS

- ATP dihasilkan melalui berbagai proses seluler → sering dijumpai di mitokondria melalui proses fosforilasi oksidatif dengan bantuan enzim ATP sintetase.
- Pada tumbuhan sering dijumpai dalam kloroplas → melalui fotosintesis
- Bahan bakar utama sintesis ATP adalah glukosa dan asam lemak