

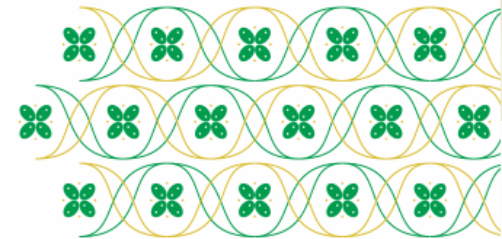


**unisa**  
Universitas 'Aisyiyah  
Yogyakarta



# **BIOKIMIA**

## PROFESI BIDAN

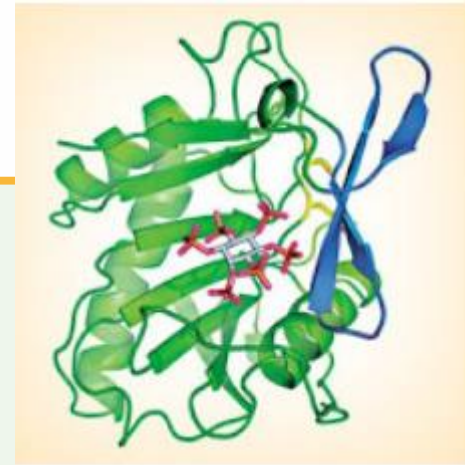




رَضِيتُ بِاللَّهِ رَبًّا وَبِالْإِسْلَامِ دِينًا وَبِمُحَمَّدٍ نَبِيًّا وَرَسُولًا  
رَبِّي زِدْنِي عِلْمًا وَارزُقْنِي فَهْمًا

“Kami ridho Allah SWT sebagai Tuhanku, Islam sebagai agamaku, dan Nabi Muhammad sebagai Nabi dan Rasul, Ya Allah, tambahkanlah kepadaku ilmu dan berikanlah aku kefahaman”





# MATERI I ENZIM DAN KOENZIM

**INTAN MUTIARA PUTRI, S.ST., M.KEB  
BIOKIMIA**





# TUJUAN PEMBELAJARAN

1. Menjelaskan sifat, Fungsi dan Cara Kerja enzim
2. Menjelaskan penggolongan enzim
3. Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi cara kerja enzim
4. Menjelaskan kerja inhibitor dalam menghambat fungsi enzim
5. Memahami hubungan antara vitamin dan koenzim





وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنْ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا  
يَعْرِشُونَ (68) ثُمَّ كُلِّي مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا يَخْرُجُ  
مِنْ بُطُونِهَا شَرَابٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ  
يَتَفَكَّرُونَ (69)

Artinya:

*Dan Tuhamu mewahyukan kepada lebah: "Buatlah sarang-sarang di bukit-bukit, di pohon-pohonkayu, dan di tempat-tempat yang dibikin manusia." (16: 68)*

*Kemudian makanlah dari tiap-tiap (macam) buah-buahan dan tempuhlah jalan Tuhanmu yang telah dimudahkan (bagimu). Dari perut lebah itu keluar minuman (madu) yang bermacam-macam warnanya, di dalamnya terdapat obat yang menyembuhkan bagi manusia. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda (kebesaran Tuhan) bagi orang-orang yang memikirkan. (16: 69).*



# *SIFAT ENZIM*

Sebagai katalisator

Enzim bekerja secara spesifik dan selektif

Enzim bersifat bolak-balik

Seperti protein

Enzim bersifat termolabil

Hanya diperlukan dalam jumlah sedikit

Merupakan koloid

Enzim mampu menurunkan energi aktivasi



# Nomenclatur enzim

Nama resmi enzim ditentukan menurut *International Union of Biochemistry* (IUB). Tiap enzim ditetapkan ke dalam empat tingkat nomor kelas dan diberikan suatu nama sistematis dan diberi nomor EC ( *EC number* )





- Contoh: EC 2.7.1.1. *fosfotransferase ATP : glukosa*
- Angka 2 → nama kelas (transferase),
- Angka 7 → subkelas fosfotransferase,
- Angka 1 → sub subkelas (fosfo transferase dengan gugus hidroksil sebagai penerima )
- Angka 1 → penerima gugus fosfat : glukosa. Jika nama panjang terlalu rumit, maka biasanya digunakan nama trivialnya yaitu heksokinase





KELAS ENZIM	REAKSI YG DIKATALISIS
EC 1 <b>Oxydorecuctase</b>	Pemindahan elektron/reaksi <b>oksidasi/reduksi</b>
EC 2 <b>Transferase</b>	Reaksi <b>transfer gugus fungsi</b> (misal gugus methyl atau fosfat )
EC 3 <b>Hydrolase</b>	<b>Reaksi hidrolisis</b> berbagai ikatan kimia
EC 4 <b>Lyase</b>	Penambahan gugus ke ikatan ganda atau sebaliknya
EC 5 <b>Isomerase</b>	Pemindahan gugus di dalam molekul menghasilkan bentuk <b>isomer</b>
EC 6 <b>Ligase</b>	Pembentukan <b>ikatan kovalen</b>



## Berdasarkan pusat aktivitas enzim dikelompokkan menjadi

**Kelompok Sulhidril :**  
gugus  $-SH-$  Sistein

- Contoh : papain, bromelein

**Kelompok Serin :**  
gugus  $-OH-$  Serin

- Contoh : tripsin, kimotripsin, elastin, renin

**Kelompok Asam :**  
gugus  $-COOH$  (asam aspartat)

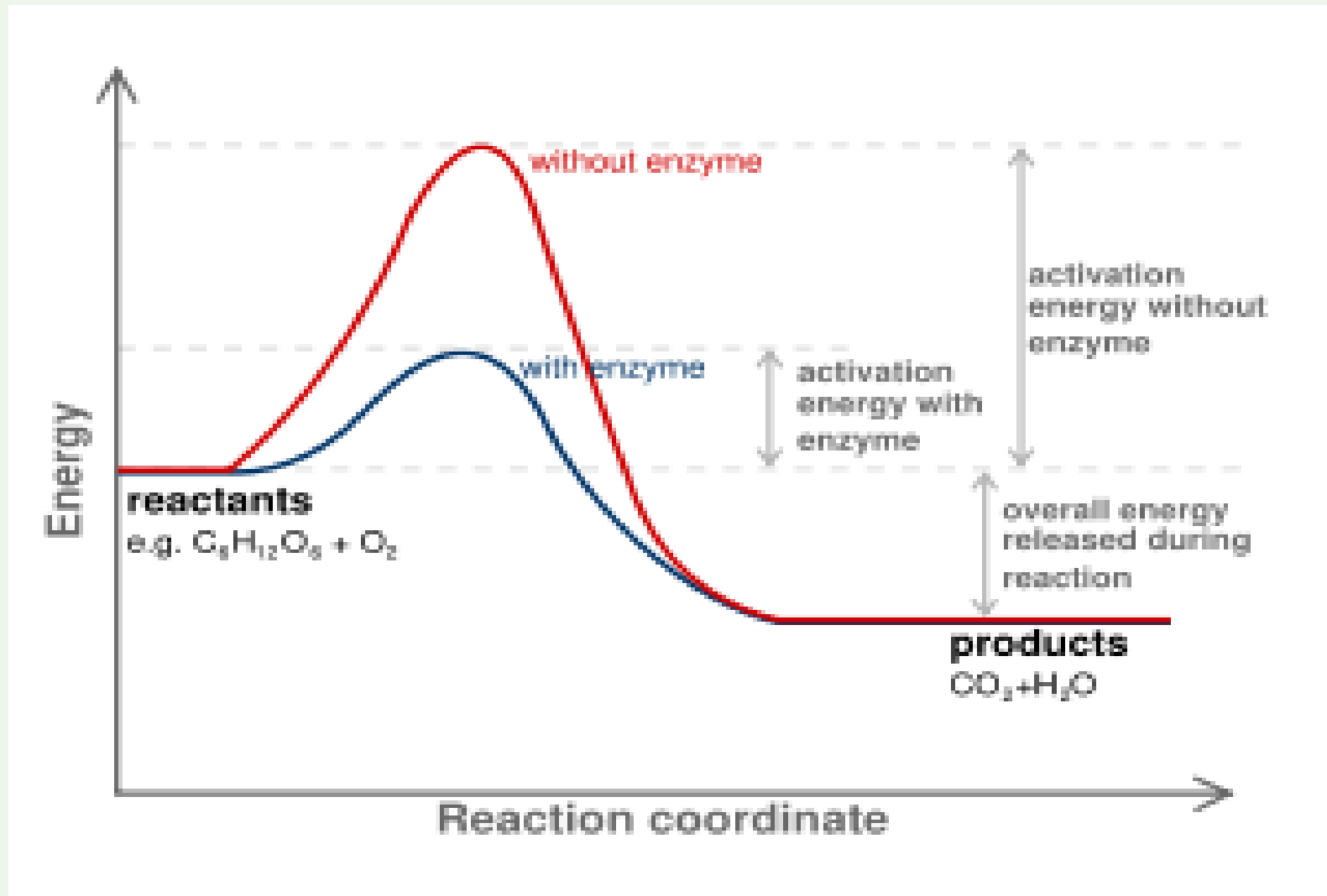
- Contoh : pepsin

**Metaloenzim :** untuk aktivitasnya memerlukan ion logam

- Contoh : ATP-ase memerlukan  $Mg^{2+}$



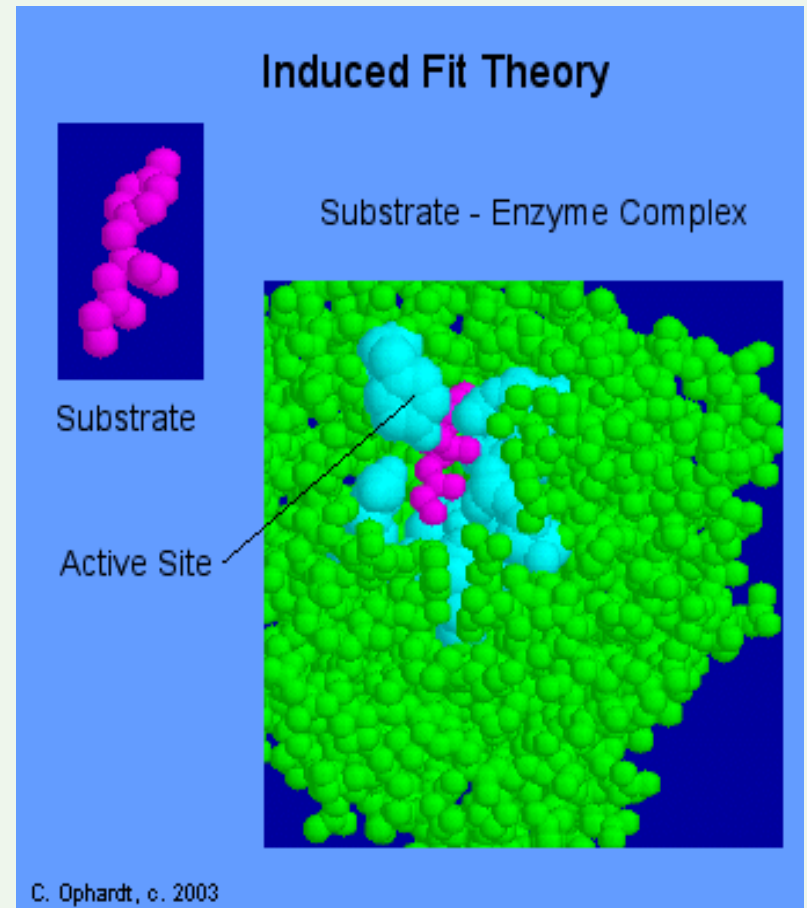
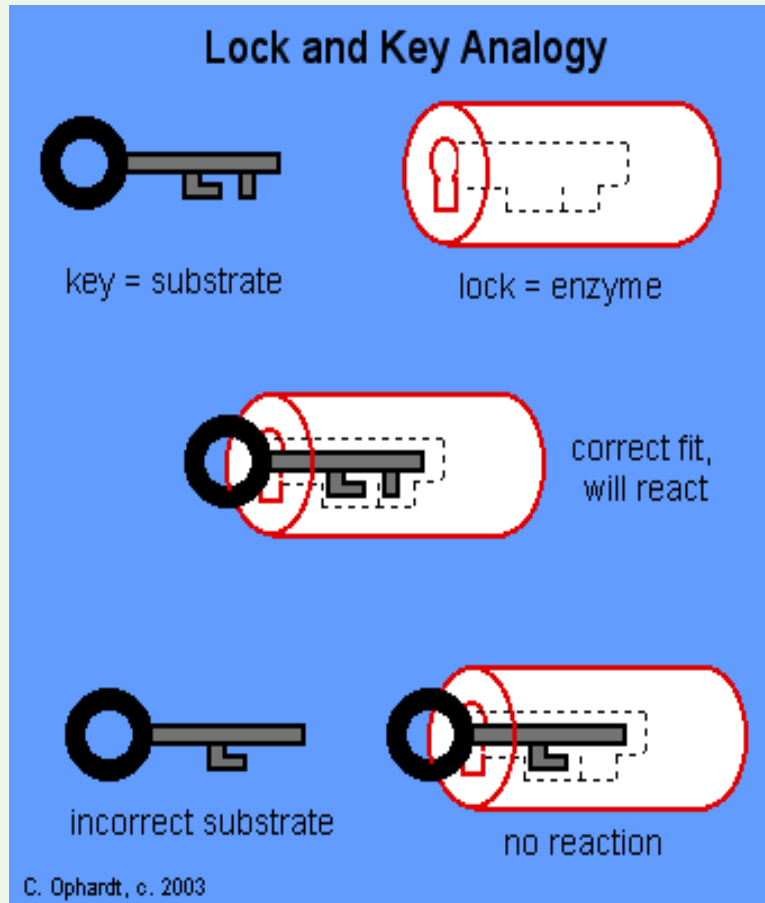
# Mekanisme kerja enzim



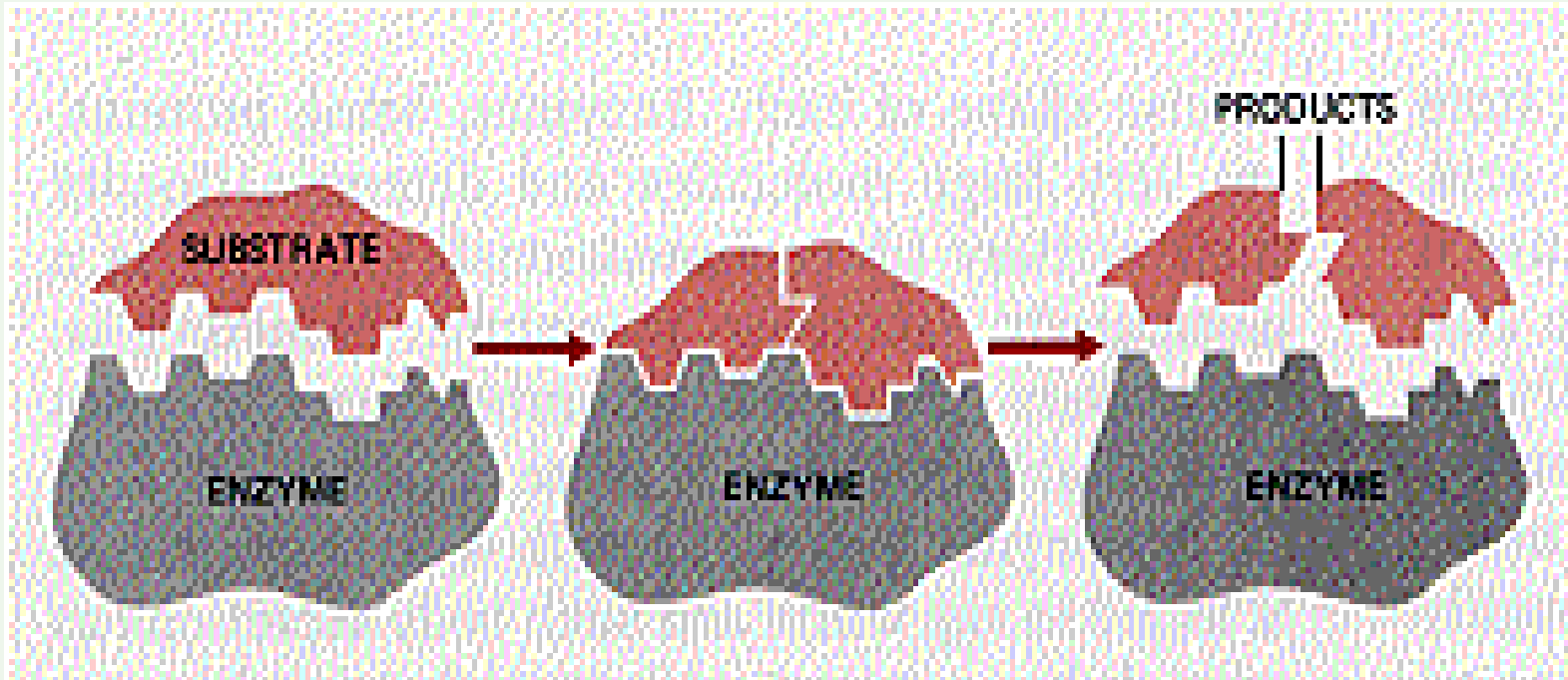
# Model reaksi enzimatik

- MODEL Lock & key

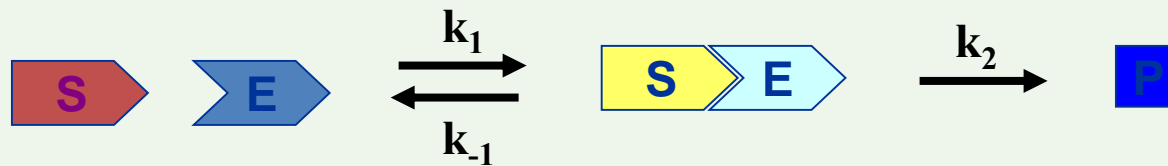
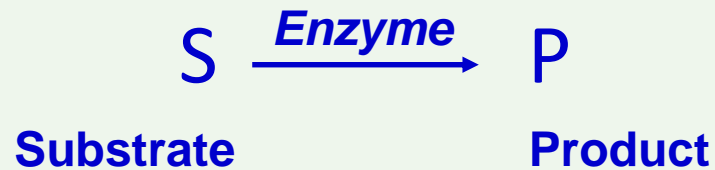
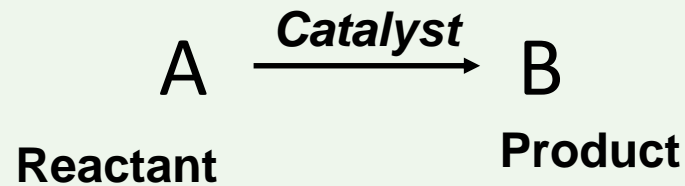
- MODEL Induced fit



# Reaksi enzimatik



# Dasar Reaksi Enzimatik



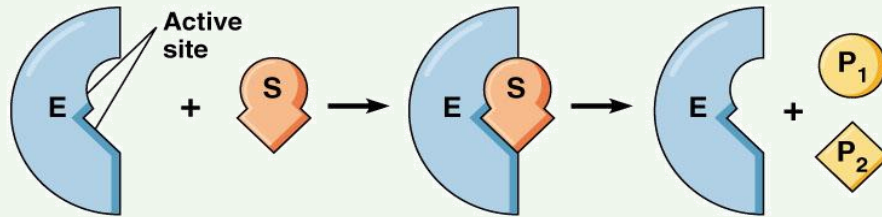
Langkah  
pengikatan

Langkah  
katalitik



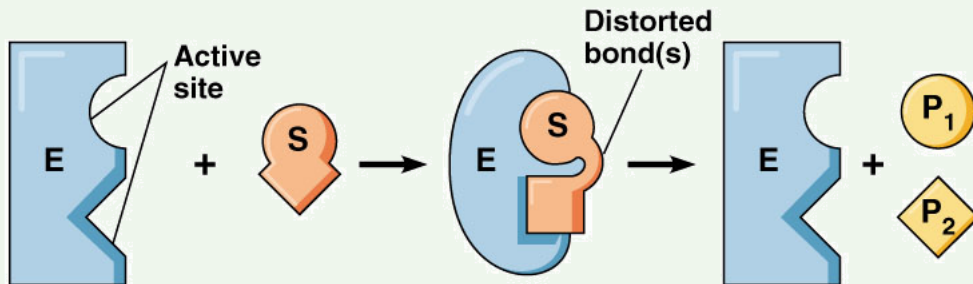
# 2 model interaksi enzyme-substrat

## 1. Lock and key model Emil Fischer (1890)



(a) Lock-and-key model

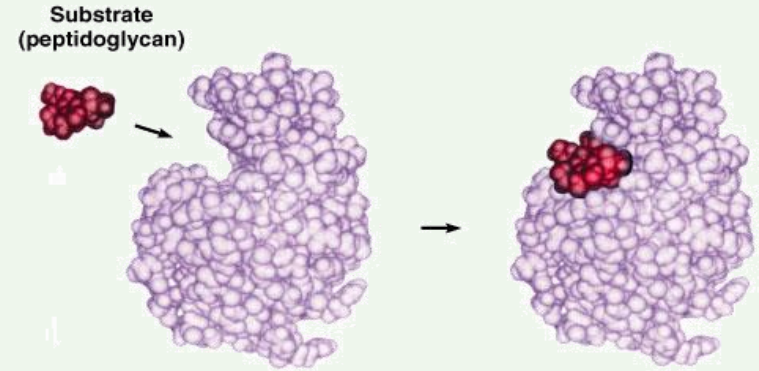
## 2. Induced fit model Daniel Koshland (1958)



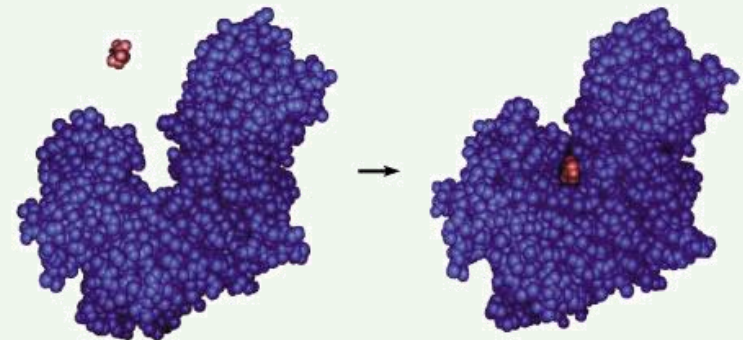
(b) Induced-fit model

### The active site:

- The Substrate Binding Site
- The Catalytic Site



(a) Lysozyme



(b) Hexokinase



# Faktor –faktor yang memepengaruhi kerja enzim

Temperatur/suhu

pH

Konsentrasi substrat [S]

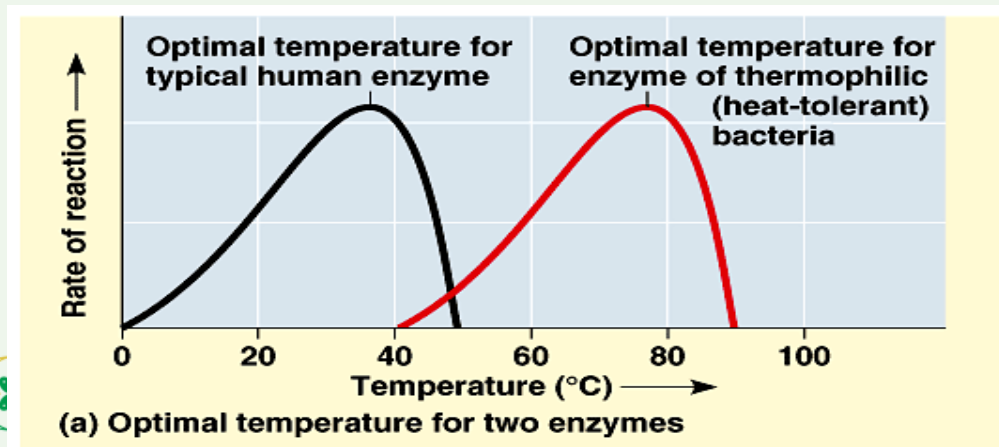
Konsentrasi enzim [E]

Inhibitor



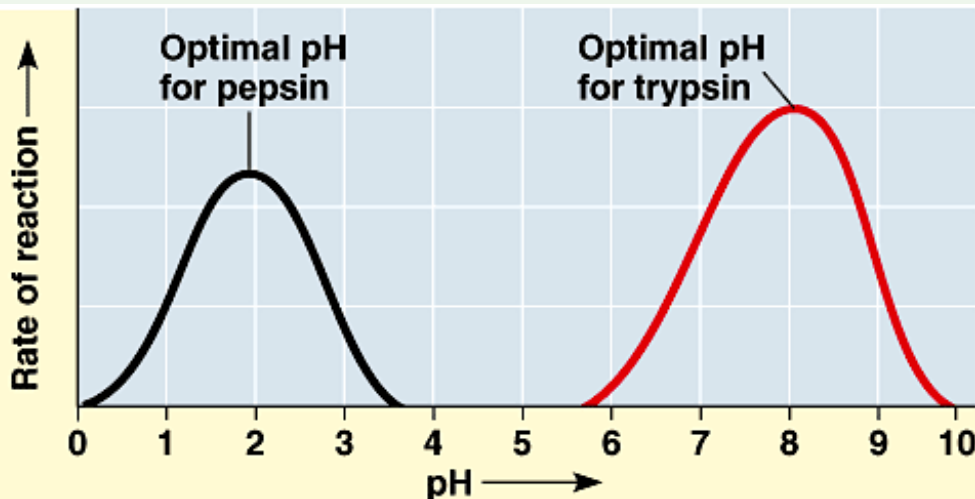
# 1. Temperatur

- Pada suhu rendah aktivitas reaksi kimia lambat (**sedikit tumbukan**)
- Kecepatan meningkat jika suhu tinggi (**lebih banyak tumbukan**)
  - Setiap kenaikan suhu  $10^{\circ}\text{C}$ , kecepatan reaksi mengalami kenaikan 1,1 hingga 3X lipat
- Paling aktif pada suhu optimum (sekitar  $37^{\circ}\text{C}$  pada manusia,  $40\text{-}50^{\circ}\text{C}$  pada hewan dan  $50\text{-}60^{\circ}\text{C}$  pada tumbuhan)
- Aktivitas hilang jika terdenaturasi pada suhu tinggi  $> 60^{\circ}\text{C}$



# 2. pH

- pH berpengaruh pada ionisasi sisi active (active site)
- pH berpengaruh pada denaturasi enzim
- Setiap enzim mempunyai pH optimum (~ 6 - 8 )
  - Kecuali :
    - enzym digestive pada lambung ( pH 2 )
    - enzim digestive intestin (pH 8)



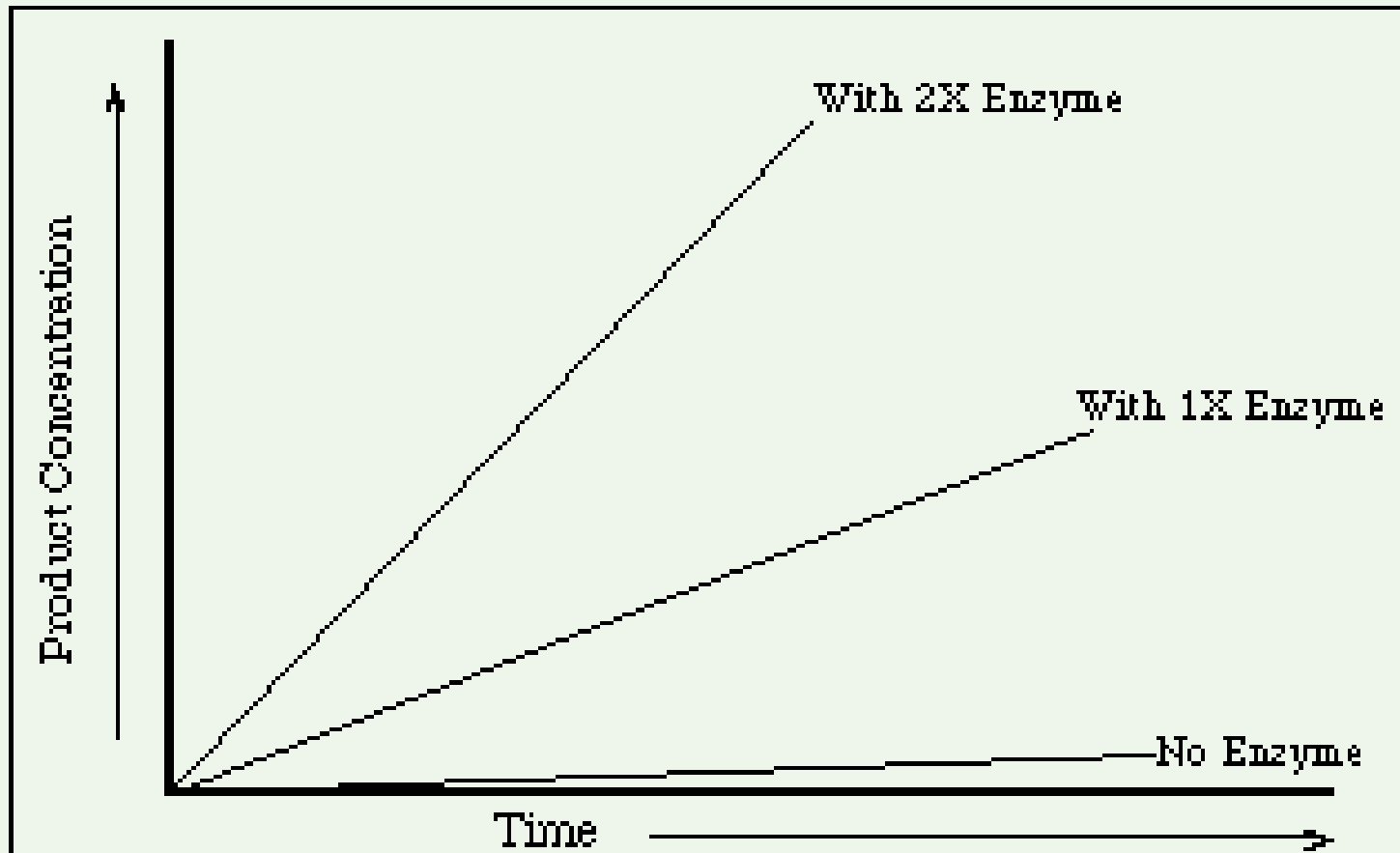
(b) Optimal pH for two enzymes

## Optimum pH of Some Enzymes

Enzyme	Optimum pH
<b>Pepsin</b>	<b>1.5</b>
<b>Catalase</b>	<b>7.6</b>
<b>Trypsin</b>	<b>7.7</b>
<b>Fumarase</b>	<b>7.8</b>
<b>Ribonuclease</b>	<b>7.8</b>
<b>Arginase</b>	<b>9.7</b>

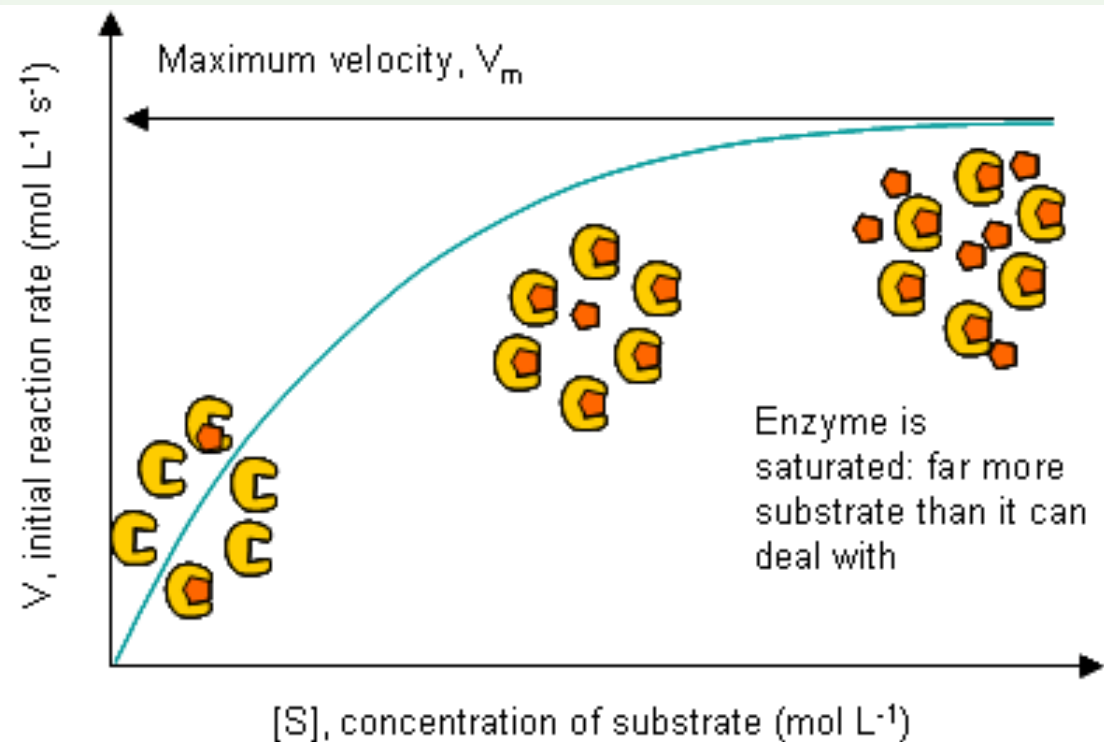
# 3. Konsentrasi Enzim

- Kecepatan ( $v$ ) reaksi **meningkat** sebanding dengan konsentrasi enzim  $[E]$  ( $[S]$  is high).



# 4. Konsentrasi Substrat

- Peningkatan  $[S]$  meningkatkan kecepatan reaksi (enzyme concentration is constant) **TETAPI**
- Kecepatan Maximum tercapai jika semua **E** berikatan dengan **S** membentuk **ES**



# Konsentrasi Substrat

Hubungan konsentrasi Substrat dengan Kecepatan reaksi Enzimatis dinyatakan dengan  $KM$  (tetapan **Michaelis Menten**) didefinisikan sebagai konsentrasi substrat tertentu pada saat enzim mencapai setengah kecepatan maksimum.

$$V_o = \frac{V_{max} [S]}{KM + [S]}$$

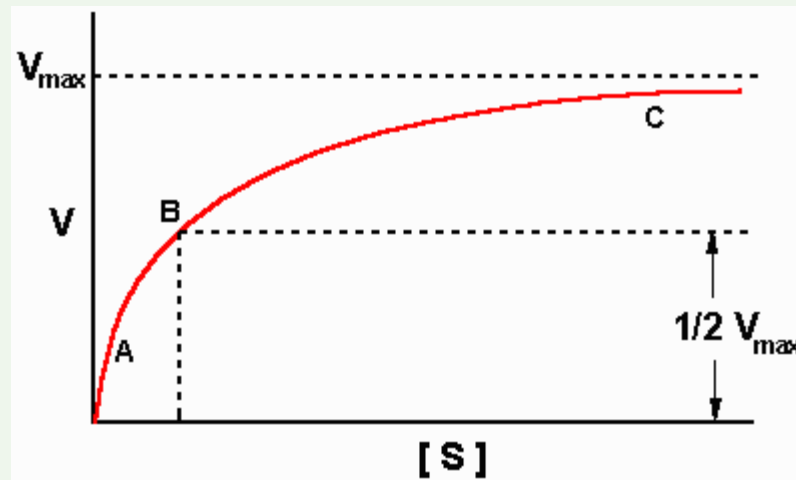
$V_o$  = kecepatan awal pada konsentrasi substrat  $[S]$

$V_{max}$  = kecepatan maksimum

$KM$  = tetapan Michaelis Menten enzim bagi substrat tertentu



$$V_1 = \frac{V_{\max} [S]}{\{K_m + [S]\}}$$



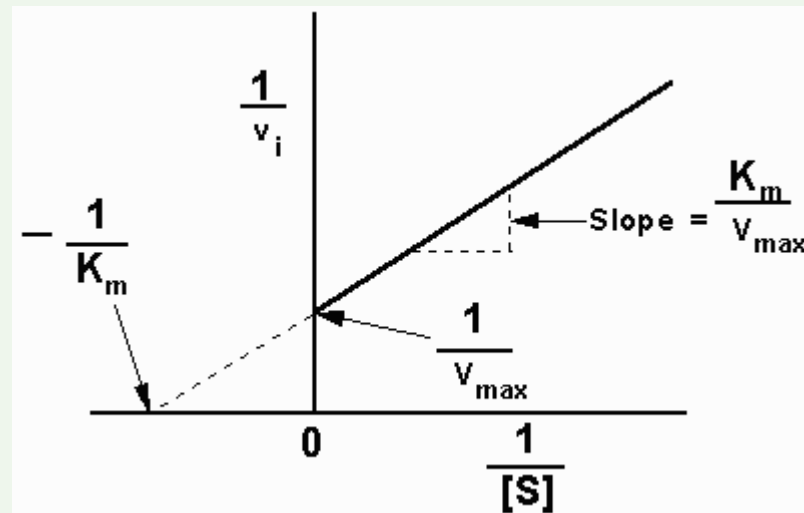


# lanjutan

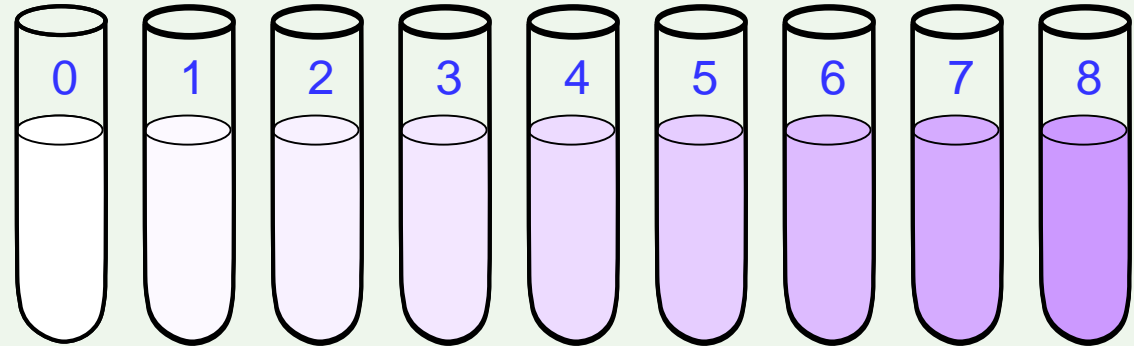
Bentuk aljabar (persamaan Lineweaver-Burk)

$$\frac{1}{v_o} = \frac{K_M}{V_{max} [S]} \rightarrow \frac{1}{v_o} = \frac{K_M}{V_{max}} \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{max}}$$

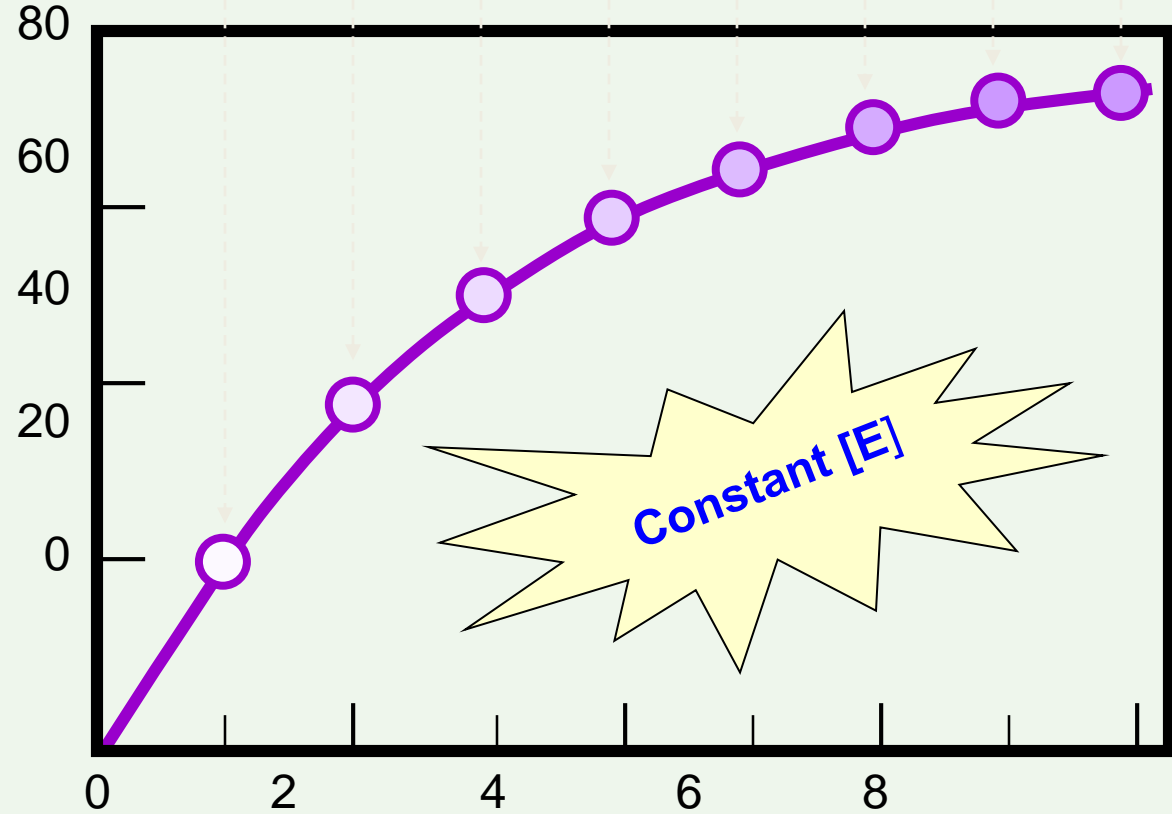
$$V_o \quad V_{max} [S] \quad V_o \quad V_{max} [S] \quad V_{max}$$



# Kurva Velocity enzim



↑  
Kec. reaksi (v)

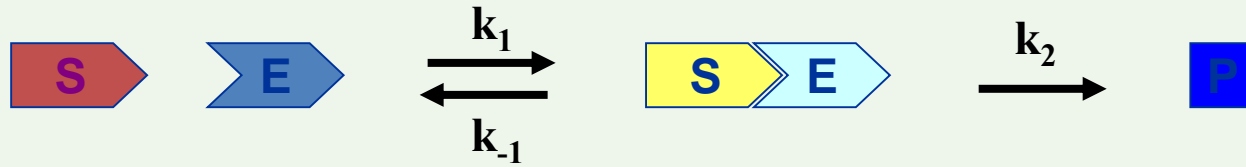


(in a fixed period of time)

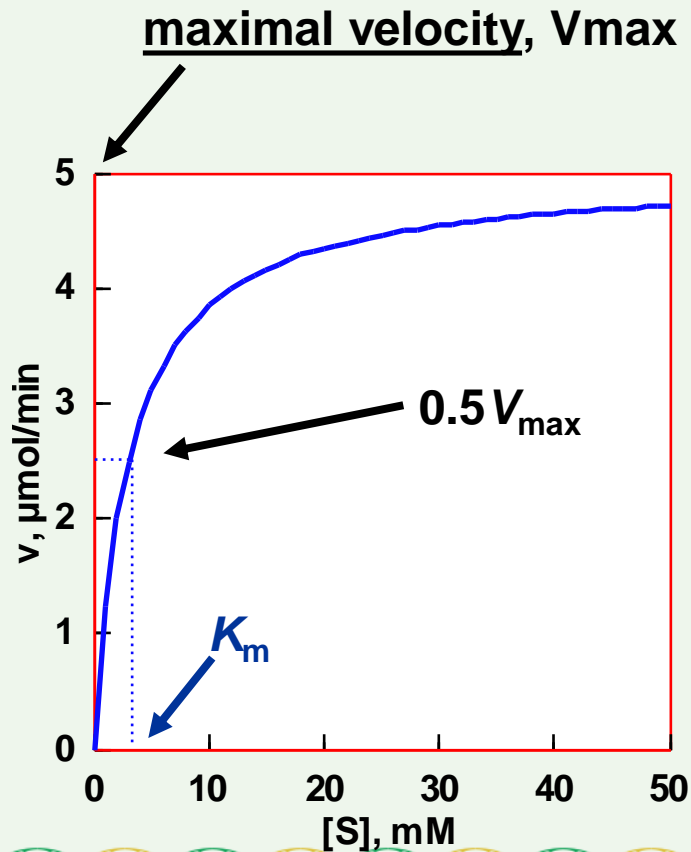
→ Substrate (μmole) [S]



# Persamaan Michaelis-Menten



hyperbolic (Michaelis-Menten plot)



$$v_i = \frac{V_{max} [S]}{K_m + [S]}$$

$K_M$  is the Michaelis constant

$$K_m = \frac{K_{-1} + K_{+2}}{K_{+1}} = [S]_{v = \frac{V_{max}}{2}}$$



# 5. INHIBITOR ENZIM

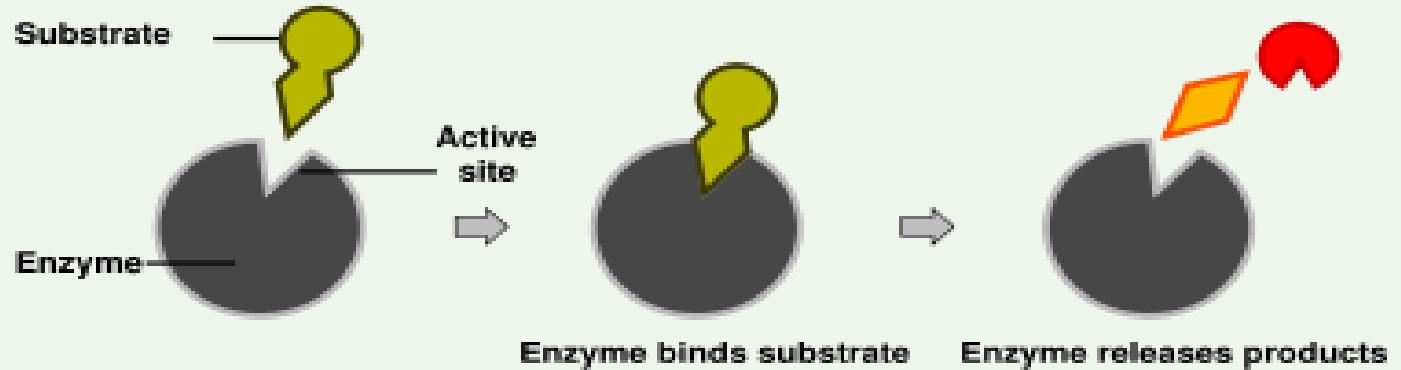
**Penghambatan kompetitif (bersaing )** karena ada molekul yg mirip dg subtrat.

- reversibel, bisa kembali ke keadaan semula bila [S] ditambah
- $V_{max}$  tetap
- $KM$  meningkat
- Contoh : malonat, oksalat, ossaloasetat dapat menghambat kerja enzim suksinat dehidrogenase dalam reaski dehidrogenasi asam suksinat.



# Inhibisi kompetitif

## (a) Reaction



## (b) Inhibition



# Penghambatan non kompetitif

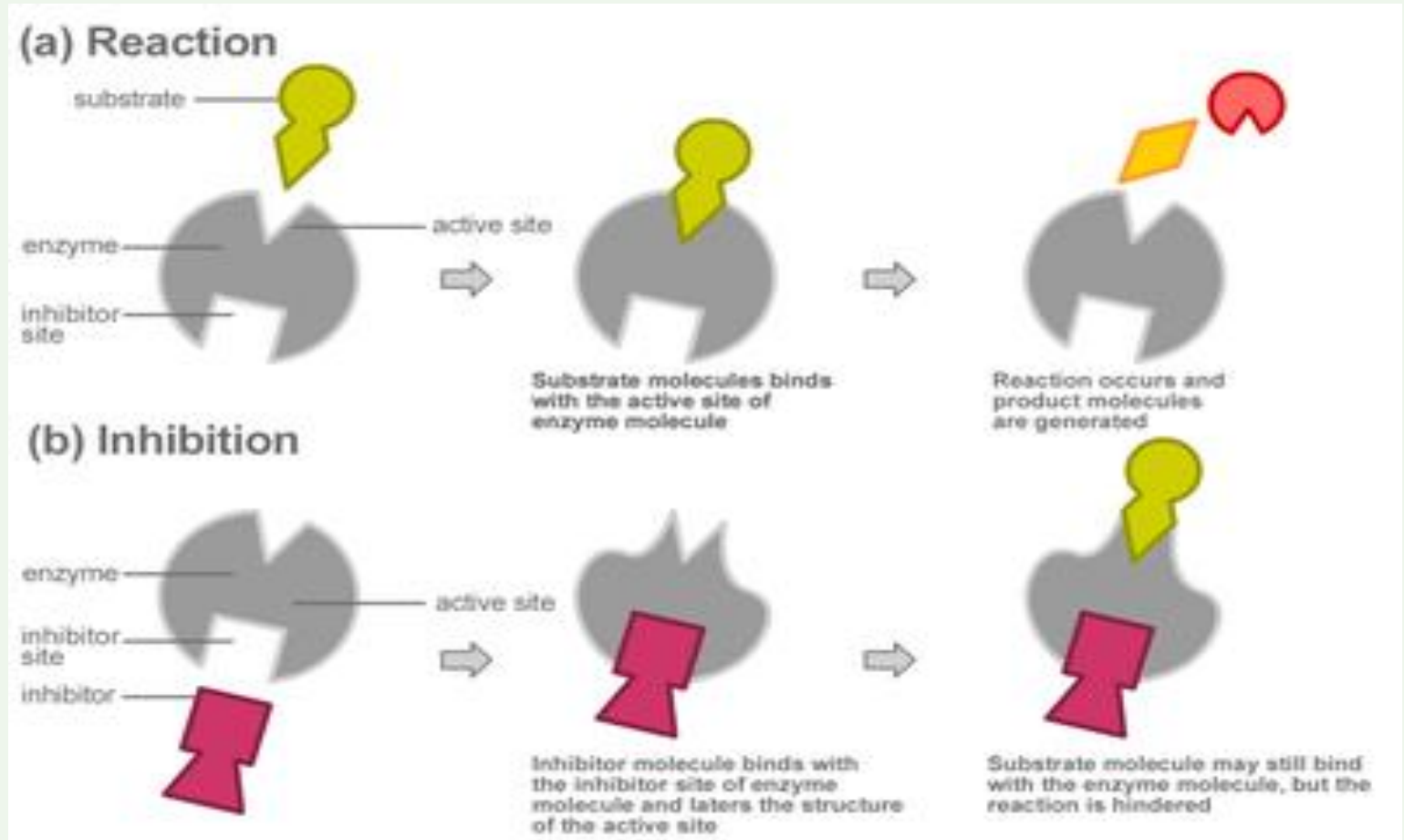
- Enzim dan inhibitor berikatan pada tempat yang berbeda
- $V_{max}$  menurun
- $K_M$  tetap
- Irreversible
- Contoh : Ag, Hg, Pb merintangai enzim dengan membentuk garam merkaptida.



Tidak terbentuk hasil reaksi



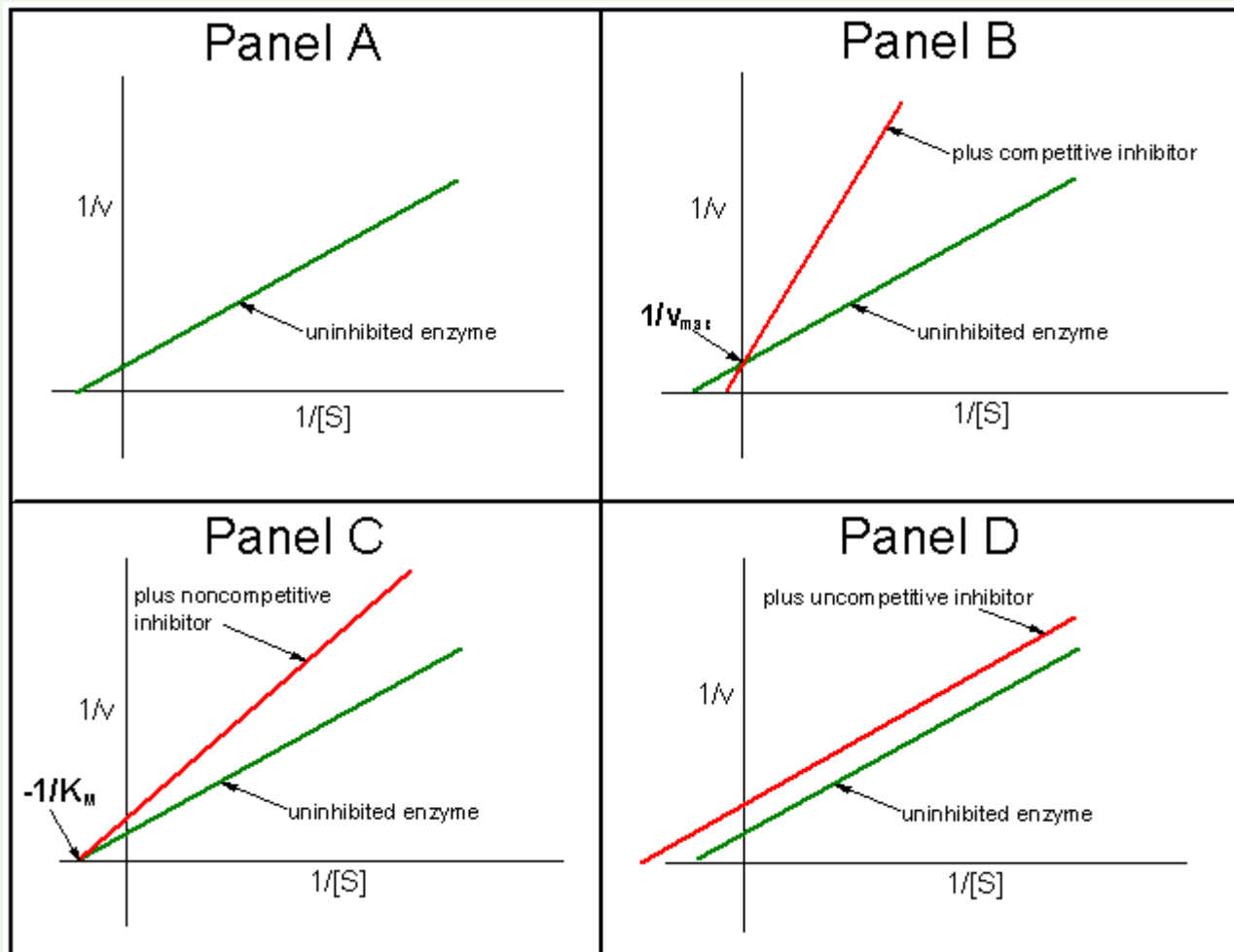
# Inhibisi nonkompetitif





<b>Inhibitor</b>	<b>Pengikatan</b>	<b>Efek kinetik</b>
<b>Kompetitif</b>	<b>Berikatan pada sisi aktif anzim, reversibel</b>	<b>Vmax tetap Km meningkat</b>
<b>Non kompetitif</b>	<b>Berikatan bukan pada sisi aktif enzim, terbentuk kompleks ESI, tidak menghasilkan produk</b>	<b>Vmax menurun Km tetap</b>
<b>Unkompetitif/ tidak reversible</b>	<b>Berikatan bukan pada sisi aktif enzim, memodifikasi struktur enzim,</b>	<b>Vmax menurun Km menurun</b>





# Pengaturan Aktivitas Enzim

- Pengaturan ekspresi gen untuk mengatur jumlah kecepatan sintesis enzim
- Aktivitas enzim proteolitik untuk memecah enzim
- Pengaturan oleh hormon
- Modifikasi kovalen → pembentukan atau hidrolisis ikatan kovalen

Contoh : proenzim (inaktif) → enzim aktif



# Koenzim

- Untuk aktvitasnya, enzim membutuhkan komponen lain untuk berfungsi sebagai katalis yaitu Kofaktor

Protein (in aktiv)+non protein → holoenzim  
(aktiv)



Apoenzim

kofaktor/  
koenzim



# Kofaktor di bagi dala tiga kelompok

Gugus prostetik  
Flavin adenin  
dinukleotida → enzim  
suksinat dehidrogenase

- kelompok kofaktor yang terikat pada enzim dan tidak mudah lepas dari enzimnya

Koenzim  
NAD, NADP, asam tetra  
hidrofosfat, tiamin  
pirofosfat dan ATP

- Molekul organik kecil, tahan terhadap panas, mudah terdisosiasi dapat dipisahkan dari enzimnya

Aktivator  
 $K^+$ ,  $Mn^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Cu^{++}$   
atau  $Zn^{++}$

- Ion-ion logam yang dapat terikat dan mudah terlepas dari enzim



<b>Unsur</b>	<b>Fungsi</b>
<b>Fe</b>	<b>Gugus prostetik enzim katalase, oksidase sitokrom</b>
<b>Iodium</b>	<b>Struktur tiroid</b>
<b>Cu</b>	<b>Gugus prostetik oksidase sitokrom</b>
<b>Mn</b>	<b>Kofaktor arginase</b>
<b>Zn</b>	<b>Kofaktor enzim dehidrogenase, Polimerase DNA, Anhidrase karbonik</b>
<b>Mo</b>	<b>Kofaktor xantin oksidase</b>
<b>Se</b>	<b>Kofaktor peroksidase glutation</b>
<b>Ni</b>	<b>Kofaktor enzim urease</b>



# Hubungan antara Vitamin dengan Koenzim

## Niasin

Molekul Nikotinamida/ asam nikotinat terdapat dalam hewan (daging) dan tumbuhan. Koenzim  $\text{NAD}^+$  dan  $\text{NADP}^+$  untuk enzim dehidrogenase yg merupakan katalis pd reaksi oksidasi reduksi.





## Vit. B2

Molekul Riboflavin sebagai faktor pertumbuhan bagian dari molekul FAD. Enzim yang menggunakan gugus prostetik FAD adalah reaksi pembentukan asam fumarat dari asam suksinat dengan enzim suksinat dehidrogenase



## Asam lipoat

Terdapat dalam dua bentuk teroksidasi dan bentuk tereduksi. Berfungsi sebagai kofaktor pada enzim piruvat dehidrogenase dan ketoglutarat dehidrogenase dalam reaksi pemisahan gugus asli



# Biotin

Biositin adalah senyawa yang terdiri dari biotin yang berikatan dengan lisin diperoleh dari proses hidrolisis protein. Biotin berfungsi sebagai koenzim pada reaksi karboksilasi



# B1

Molekul Tiamin, jika kekurangan vitamin ini akan mengidap penyakit beri-beri. Koenzim Tiaminpirofospat (TPP) berperan dalam reaksi yg menggunakan enzim  $\alpha$  keto dekarboksilase, asam  $\alpha$  keto oksidase, transketolase dan fosfo ketolase



## B6

Terdiri dari tiga senyawa : Piridoksal, Piridoksin dan Piridoksamin. Kekurangan vitamin B6 terserang penyakit Dermatitis dan GSSP. Koenzimnya piridoksalfosfat dan piridoksaminafosfat. Berfungsi pada reaksi metabolisme asam amino yaitu **transaminasi** → enzim glutamat-aspartat transaminase,

**Dekarboksilasi** → enzim glutaman dekarboksilase

**Rasemisasi** → enzim glutamat rasemase



## Asam Folat

Koenzim → asam tetrahidrofolat (FH4) berperan sebagai pembawa unit senyawa satu atom karbon yang berguna dalam biosintesis purin, serin dan glisin



## B12

Molekul Sianokobalamina bagian dari koenzim B12 bekerja pada reaksi pemecahan ikatan C-C, C-O dan C-N. Enzimnya mutase dan dehidrase



## Asam Pantotenat

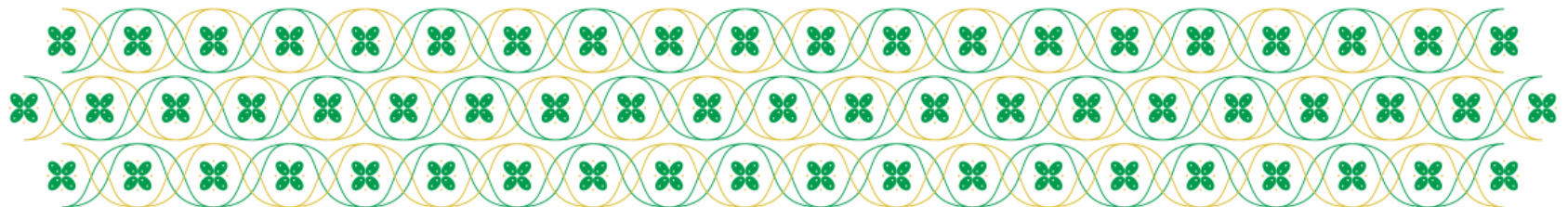
Sebagai komponen dalam molekul koenzim A → gugus Sulfhidril (-SH). Koenzim berpesan sebagai pembawa gugus asetil dalam biosintesis asam lemak





Koenzim yang tidak berhubungan dengan vitamin adalah **adenosin trifosfat (ATP)** tergolong senyawa berenergi tinggi. Berfungsi memindahkan gugus fosfat.

ATP melepaskan 1 gugus fosfat akan berubah menjadi adenosin difosfat (ADP) dan juga menghasilkan energi dalam reaksi metabolisme karbohidrat. Enzim kinase (heksoinase dan piruvat kinase)





**UNISA**

Universitas 'Aisyiah  
Yogyakarta

