

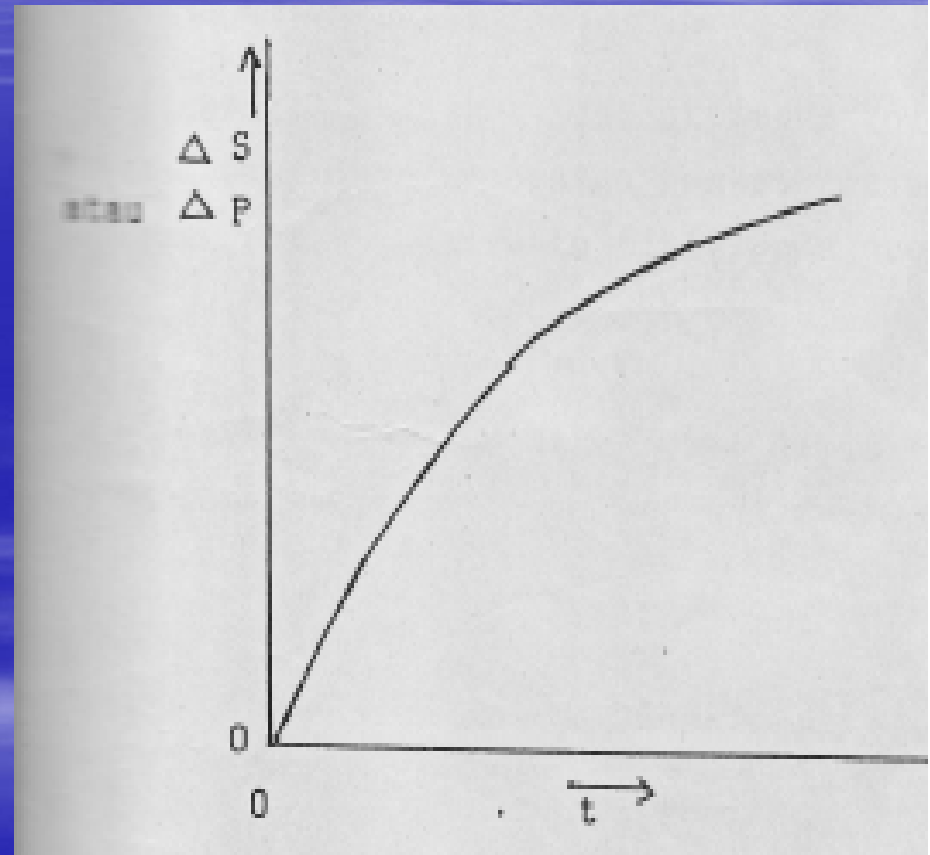
# Kinetika Enzim

# Kinetika Enzim

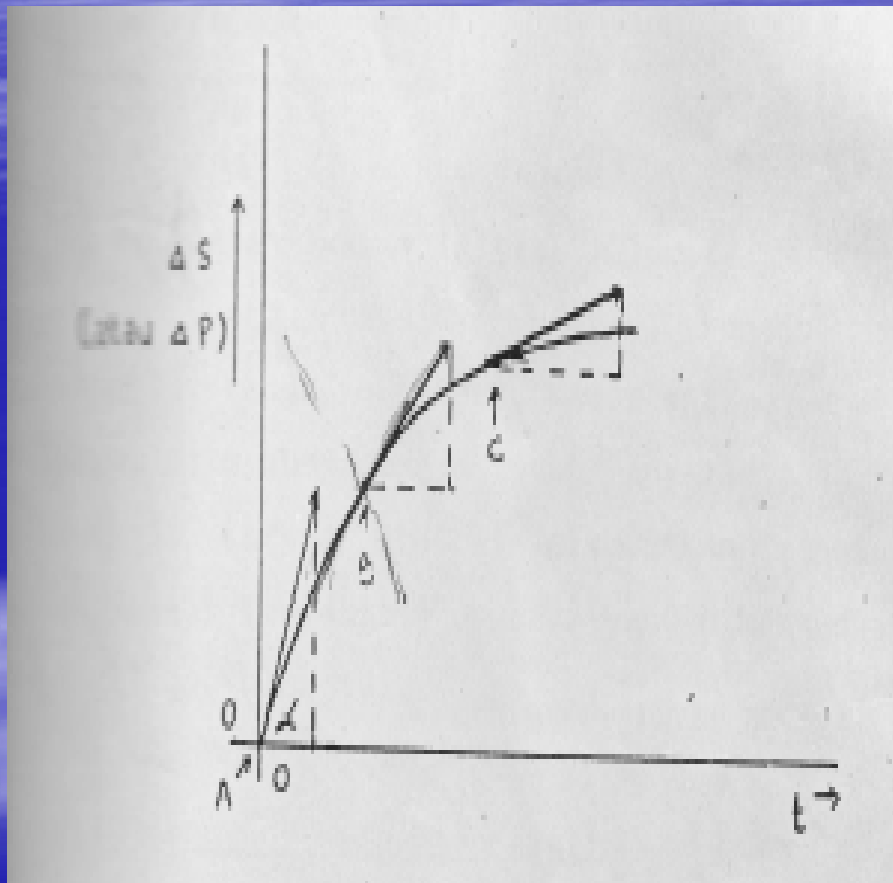
- Pengukuran jumlah enzim berdasarkan kecepatan reaksi yang dikatalisisnya
- Cara : dibandingkan dengan enzim murni yang diketahui kadarnya. Satuan :  $\mu\text{g}$
- Berdasarkan jumlah substrat yang bereaksi atau produk yang terbentuk per satuan waktu. Satuan : unit
- 1 i.u : Jumlah enzim yang mengkatalisis pembentukan 1  $\mu\text{ mol}$  produk per menit pada kondisi tertentu.

# Mengukur Kecepatan Reaksi enzimatik

- Jumlah substrat yg diubah atau produk yang dihasilkan per satuan waktu
- = *progress curve*
- *Grafik berbelok:*
  - *Substrat berkurang*
  - *Product inhibition*



# Kecepatan sesaat (instantaneous velocity)



- Kecepatan reaksi enzimatis pada suatu waktu yang sangat pendek
- Tangens dari garis singgung terhadap grafik pada suatu titik tertentu

# Kecepatan Rata-rata & Kecepatan awal

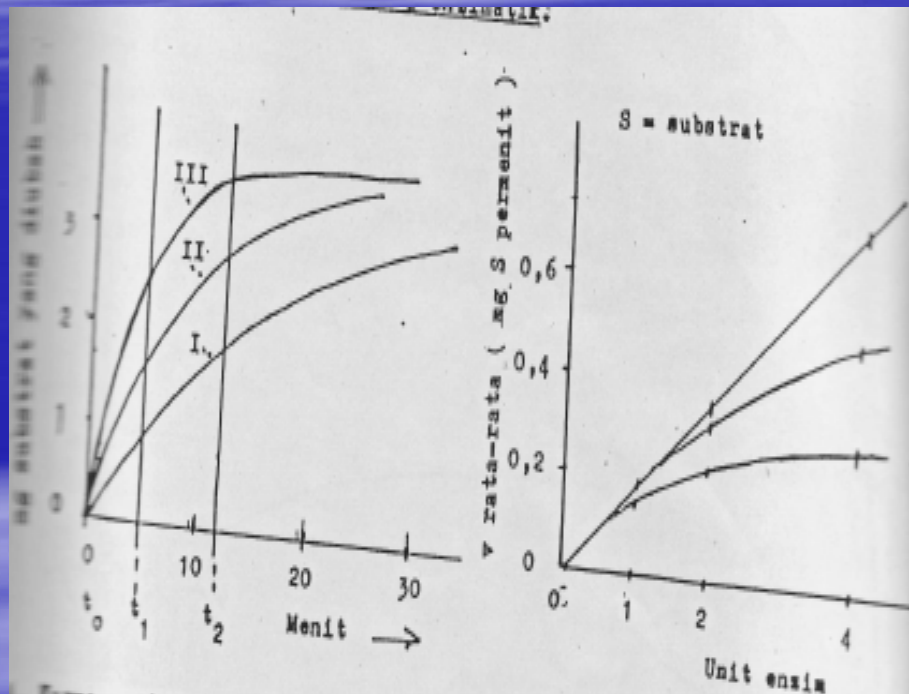
- $V$  rata-rata =  $\Delta S / \Delta t$
- $V_0$  : Kecepatan sesaat pada waktu mendekati nol (grafik masih berupa garis lurus =  $\text{tg } \alpha$ )

# Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Reaksi Enzimatik

- Reaksi enzimatik dipengaruhi oleh:
  - Kadar enzim
  - Kadar substrat
  - pH
  - Suhu
  - Aktivator
  - Inhibitor

# Pengaruh Kadar Enzim Terhadap Reaksi Enzimatik

- Ket A: I (1u), II (2u), III (4u)
- Ket B: pada  $t_0$  grafik linier =  $V_0$  berbanding lurus dengan kadar enzim

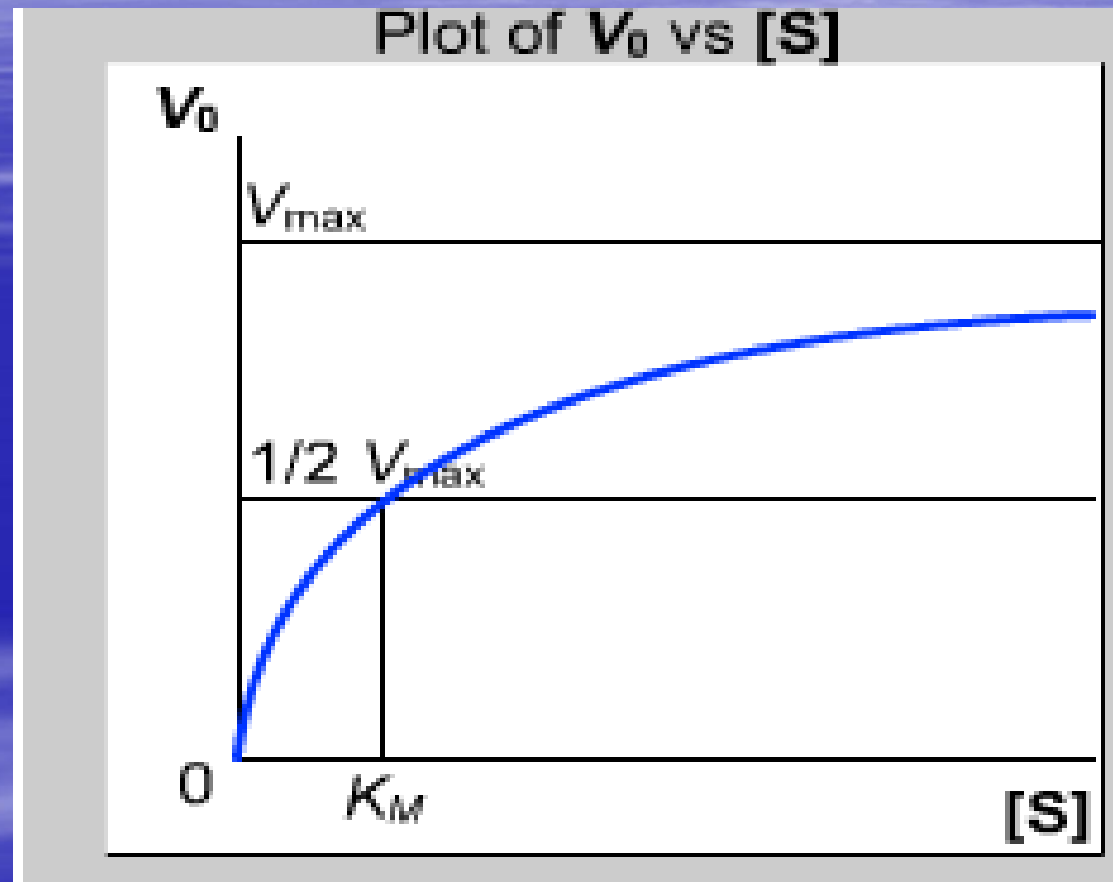


# Pengaruh Kadar Substrat Terhadap Reaksi Enzimatik

- Kadar substrat dinaikkan  $V_o$  makin tinggi
- Pada kadar substrat tertentu didapatkan  $V_o$  maximum, sehingga jika kadar substrat dinaikkan  $V_o$  tidak berubah
- Kadar substrat yang dibutuhkan agar  $V_o = 1/2 V_{o\max}$  disebut  $K_m$  (konstanta michelis-menten)



# Hubungan antara [S] dan $V_0$



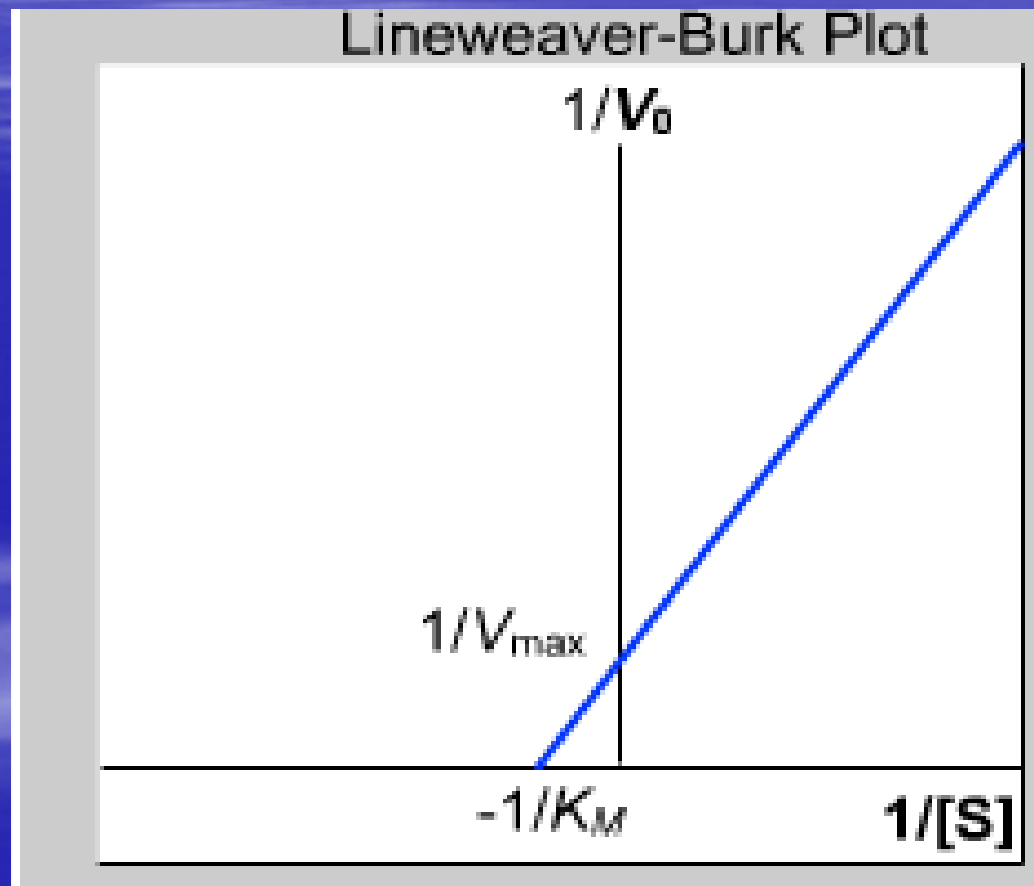
# Persamaan Michaelis-Menten



$$V_0 = \frac{V_{\max} [S]}{K_M + [S]}$$

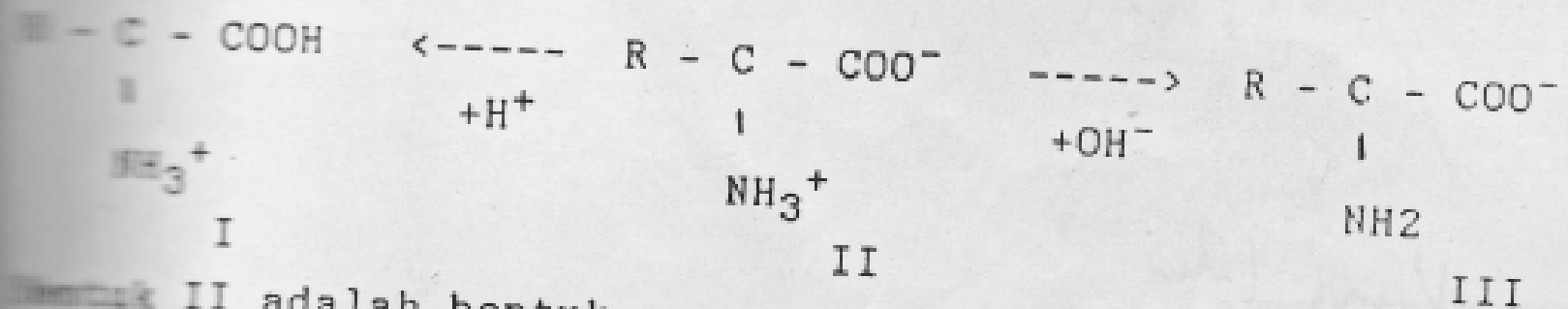
- $K_m$  : affinitas enzim terhadap substrat
- $K_m$  dipengaruhi oleh struktur substrat, suhu dan pH
- Kadar substrat intra sel sekitar harga  $K_m$

# Cara Menentukan Harga Km

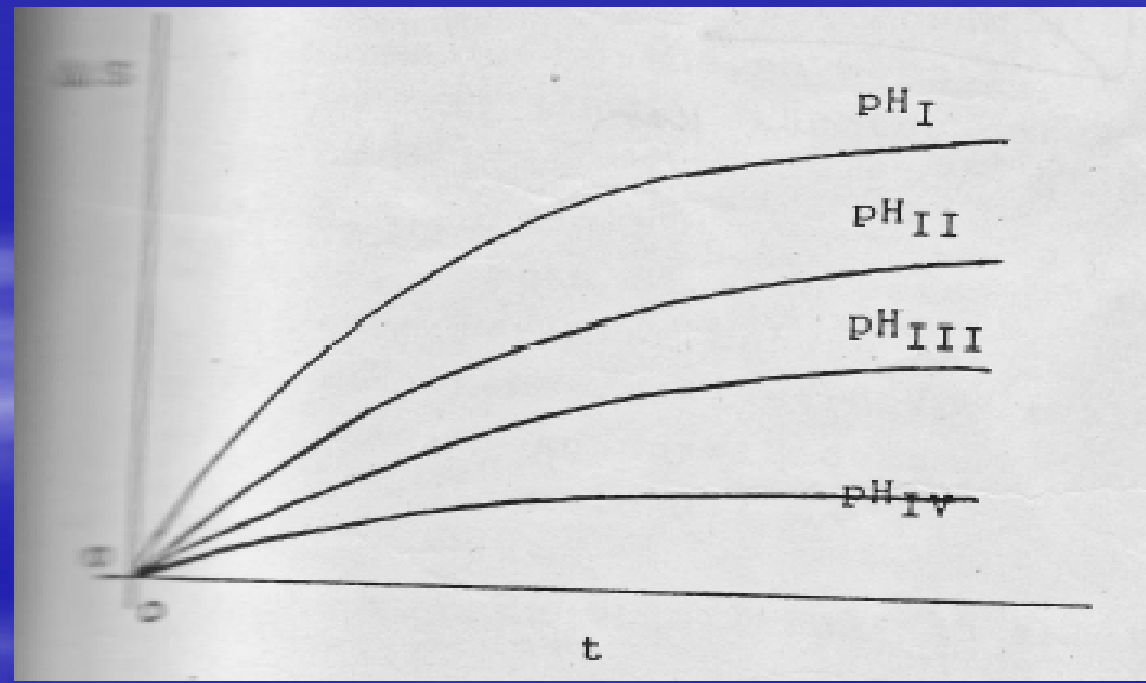


# Pengaruh pH pada Reaksi Enzimatik

- Enzim merupakan protrein jadi peka terhadap perubahan pH
- Pada pH yang terlalu tinggi atau terlalu rendah, enzim akan mengalami denaturasi.
- pH optimim : pH dimana  $\Delta S/t$  pada tiap-tiap saat selalu lebih besar dibandingkan pada pH yang lain.

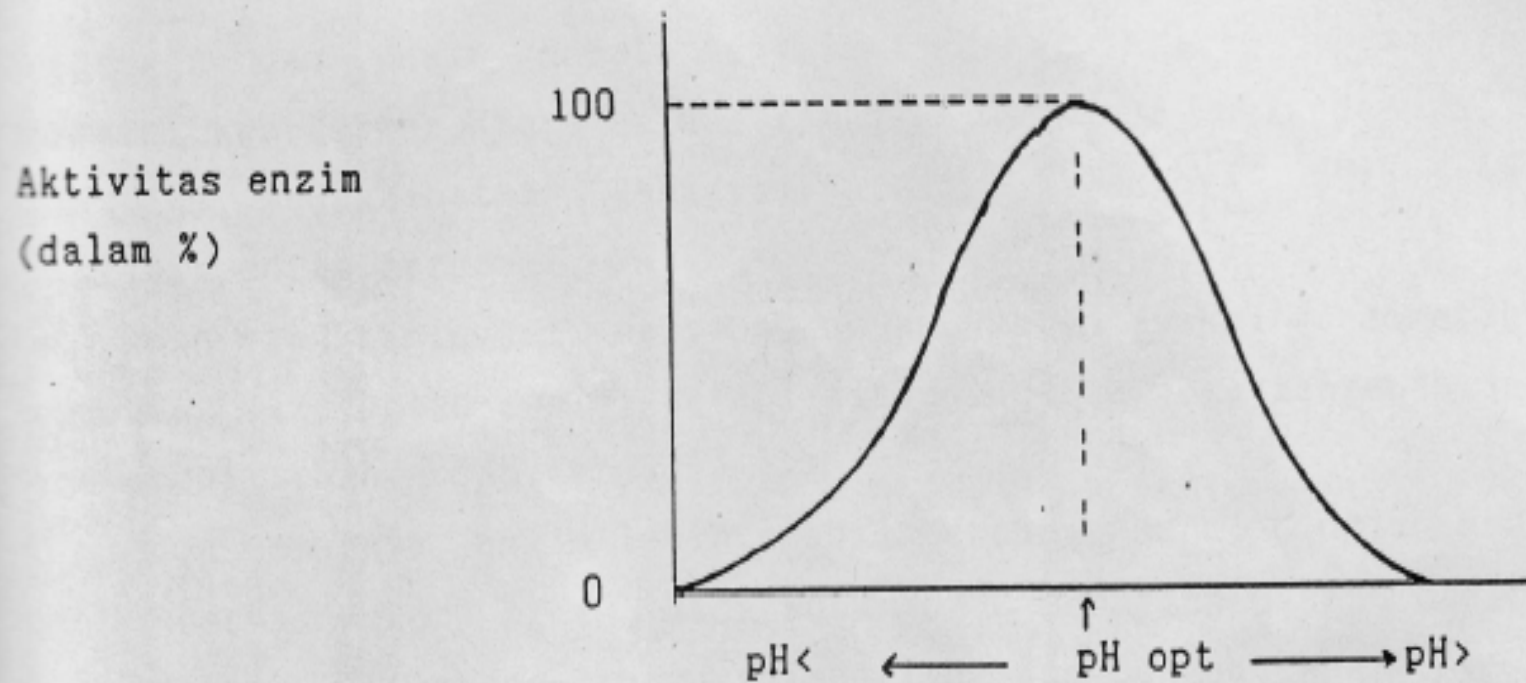


Bentuk II adalah bentuk asam amino pada pH isoelektrik  
 Bentuk I pada pH < pH isoelektrik  
 Bentuk III pada pH > pH isoelektrik



# Hubungan pH dengan Aktivitas Enzim

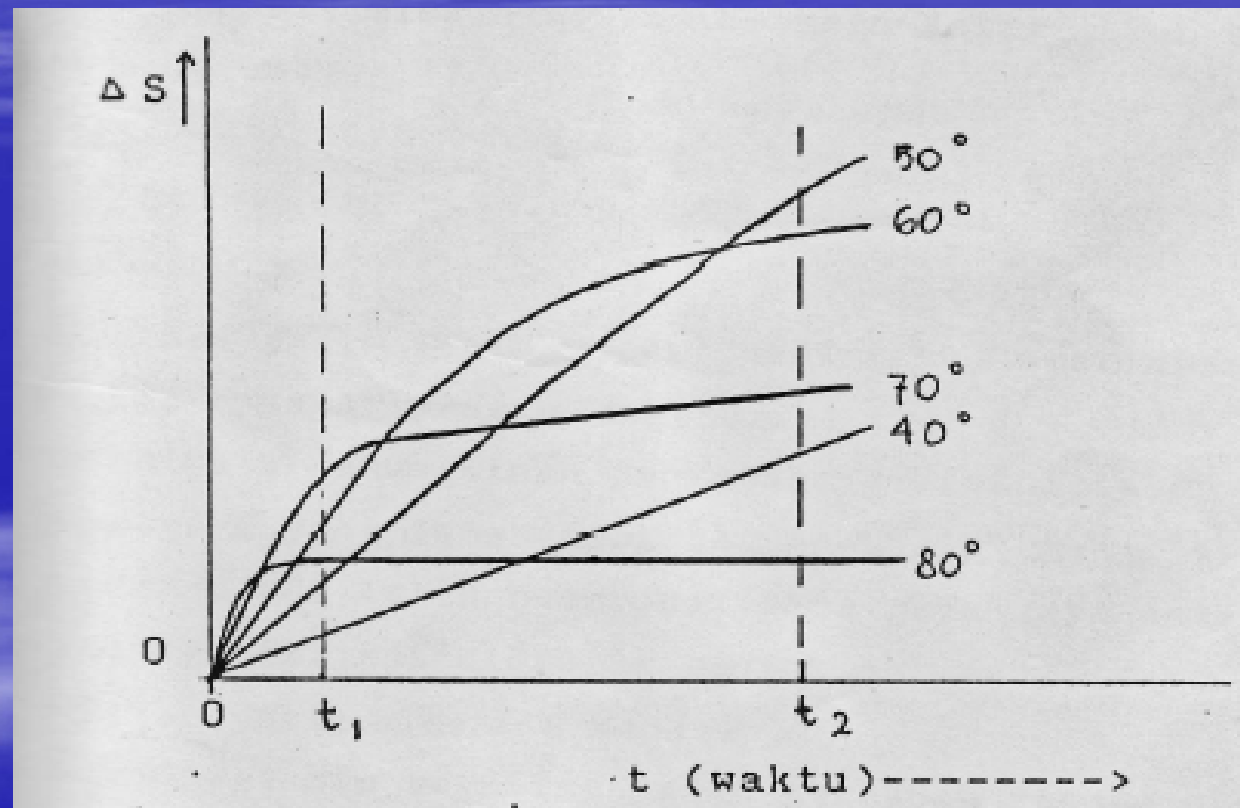
Hubungan antara pH dengan aktivitas enzim dalam %



# Pengaruh Suhu pada Reaksi Enzimatik

- Pada umumnya reaksi kimia berjalan lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi.
- Pada suhu yang tinggi enzim mengalami denaturasi ( pada suhu  $70^{\circ}\text{C}$ , sebagian besar enzim menjadi inaktif)
- Pada suhu yang meningkat, kecepatan reaksi juga meningkat ( $V_0$ ), tetapi denaturasi lebih mudah terjadi.
- Suhu optimum selalu berubah tergantung pada waktu.

# Pengaruh Suhu pada Reaksi Enzimatik





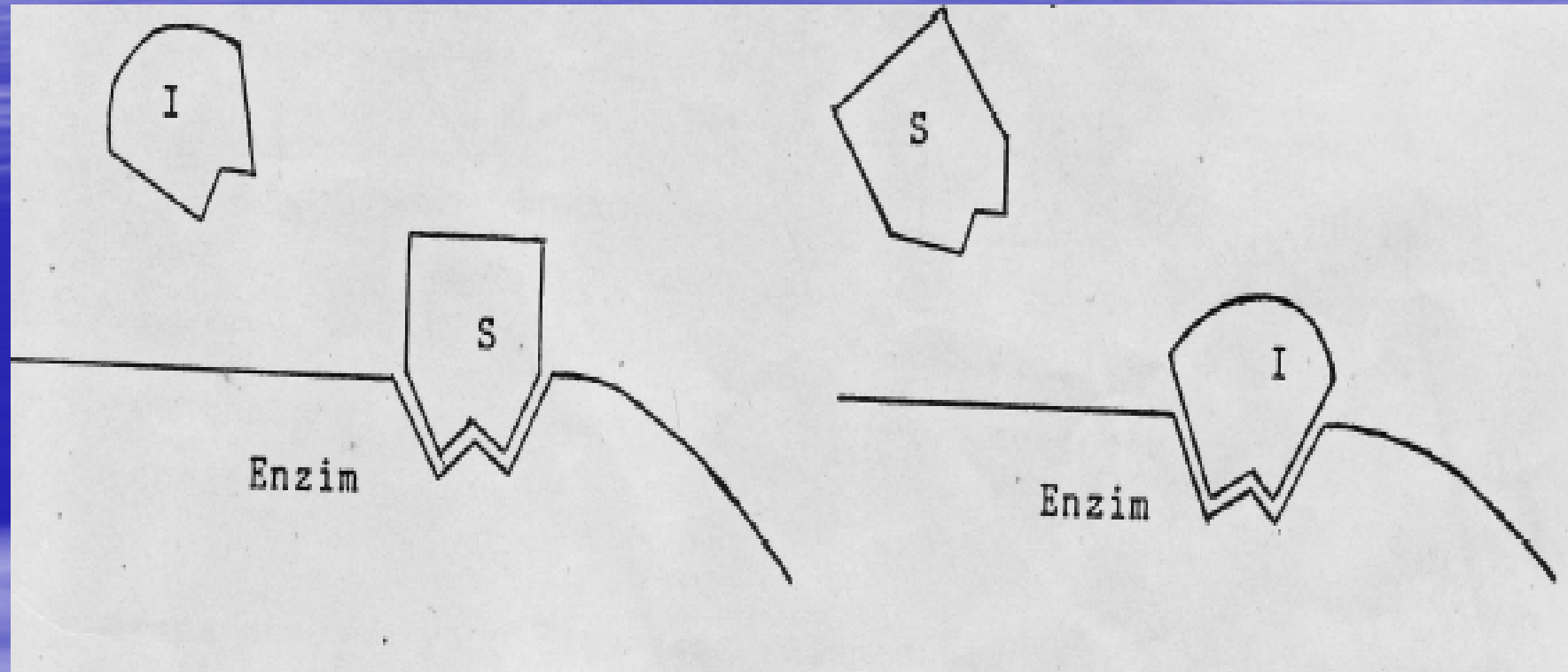
# Pengaruh Inhibitor Terhadap Reaksi Enzimatik

- Menghambat reraksi enzimatik
- Dapat berikatan dengan enzim
- Klasifikasi inhibitor:
  - Berdasar sifat kinetiknya:
    - Inhibitor kompetitif (hambatannya dapat dikurangi/ditiadakan dg peningkatan kadar substrat)
    - Inhibitor nonkompetitif hambatannya tidak dapat dikurangi/ditiadakan dg peningkatan kadar substrat)
  - Berdasar sifat ikatan enzim-inhibitor:
    - Inhibitor reversibel
    - Inhibitor irreversibel

# Inhibitor Kompetitif

- Selalu bersifat reversibel
- Inhibitor kompetitif hanya dapat mengikat enzim bebas tetapi tidak dapat mengikat kompleks enzim substrat
- Mekanisme hambatan:
  - Inhibitor analog substrat: inhibitor memiliki struktur yang mirip dengan substrat sehingga dapat terikat pada *active site*.
  - *Steric hindrance inhibitor*: inhibitor tidak terikat pada active site, tetapi dapat menghalangi substrat terikat pada active site karena terjadi halangan sterik.

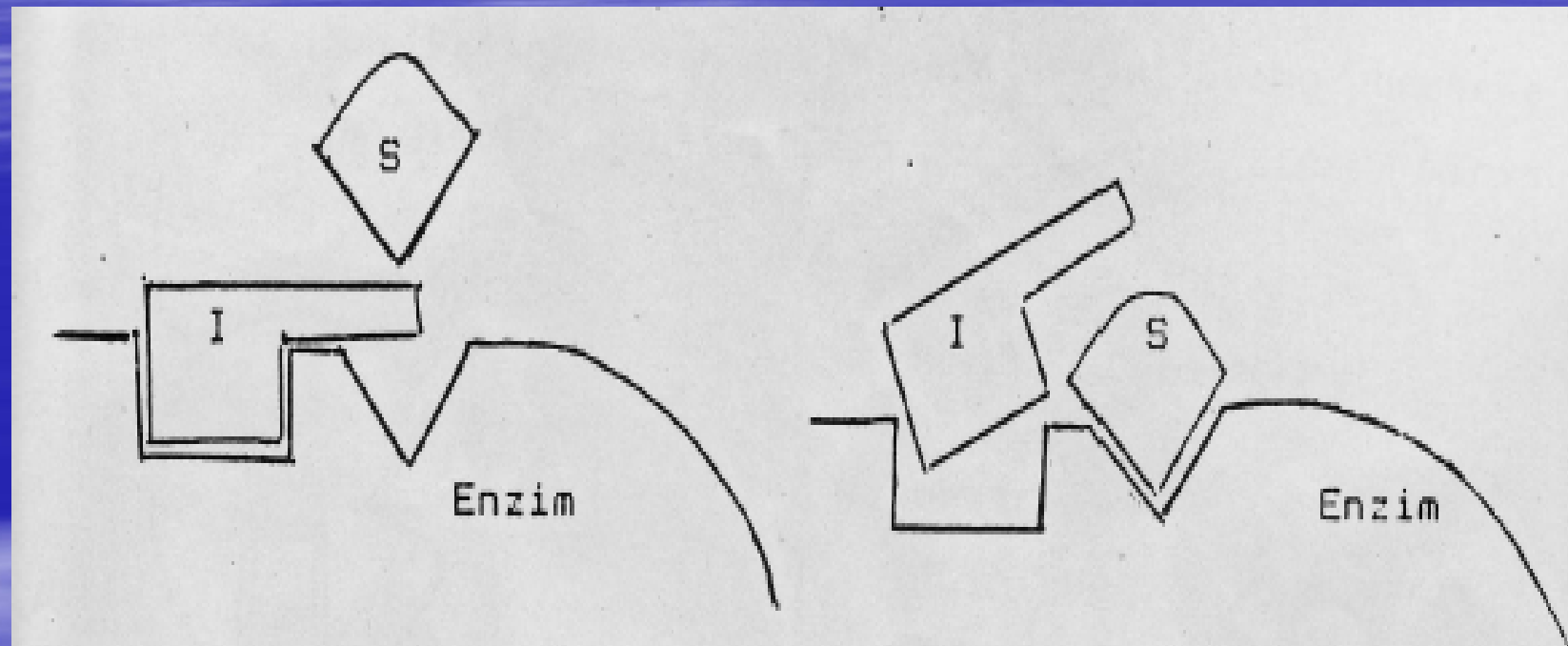
# Inhibitor Kompetitif Analog Substrat



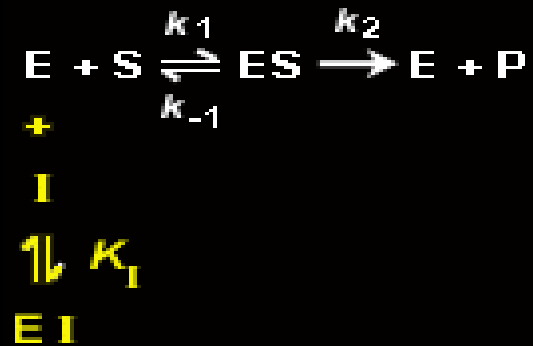
# Inhibitor Kompetitif 2

- Contoh :
  - Sulfanilamid (struktur mirip PABA): inhibitor dihidropteroat sintetase
  - Fisosstigmin (mirip asetilkolin) : inhibitor asetilkolinesterase
  - Asetazolamide: inhibitor enzim anhidrase asam karbonat

# Inhibitor Kompetitif Steric Hindrance



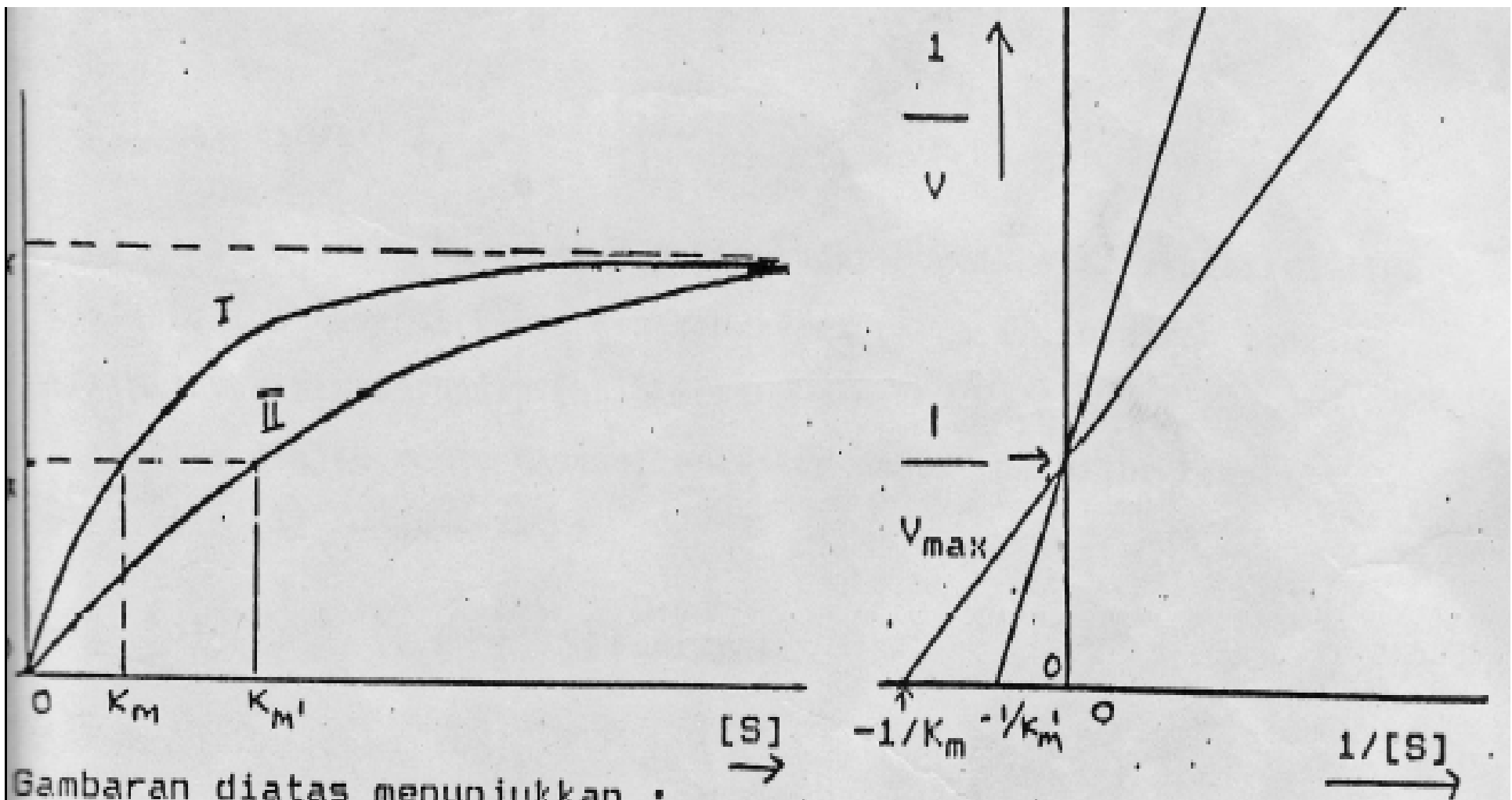
# Inhibitor Kompetitif



$$K_1 = \frac{[E][I]}{[EI]}$$

$$v_0 = \frac{V_{\max} [S]}{\alpha K_M + [S]}$$

$$\frac{1}{v_0} = \frac{\alpha K_M}{V_{\max}} \frac{1}{[S]} + \frac{1}{V_{\max}}$$



Gambaran diatas menunjukkan :

- I. tanpa penambahan inhibitor
- II. dengan inhibitor kompetitif

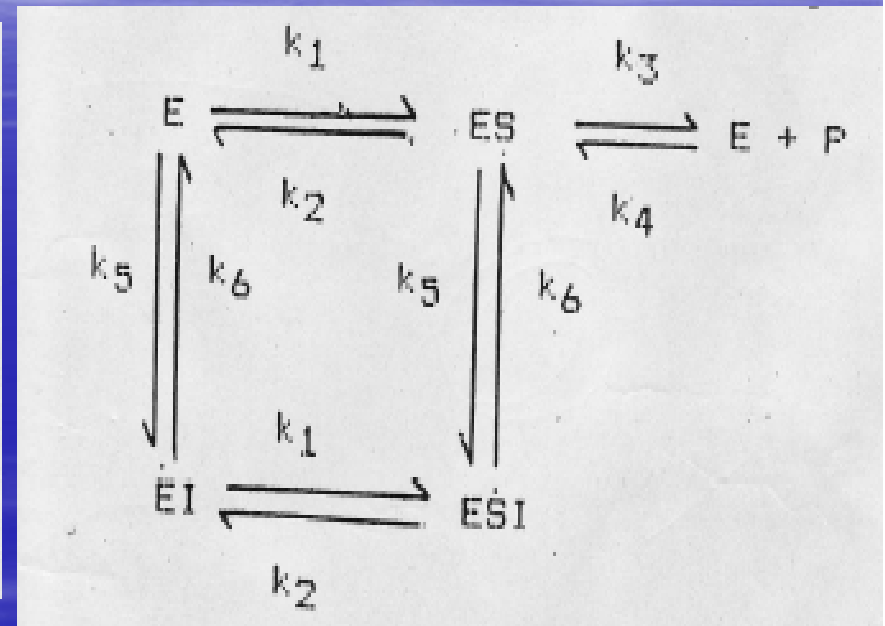
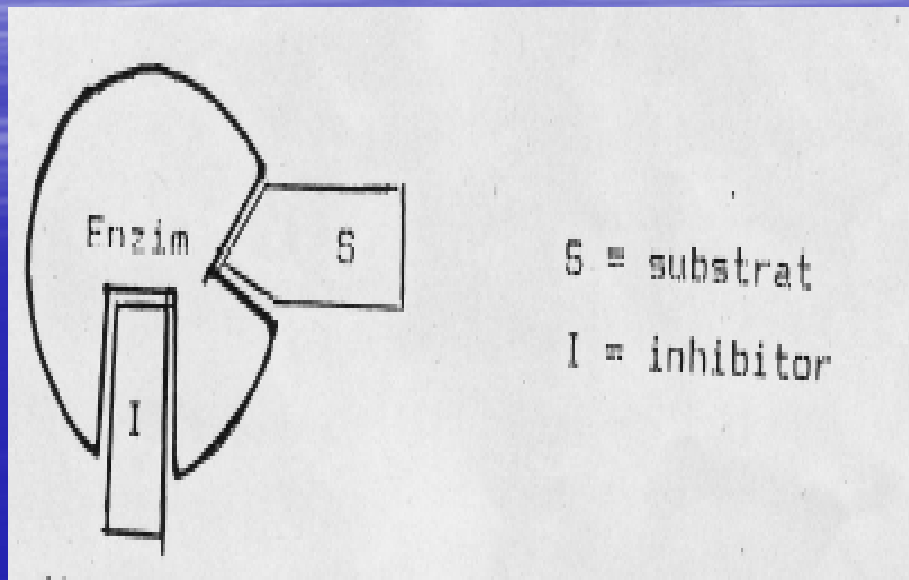
Jadi pengaruh inhibitor kompetitif: 1. menaikkan harga  $K_m$   
 2. tidak merubah harga  $V_{max}$



# Inhibitor nonkompetitif

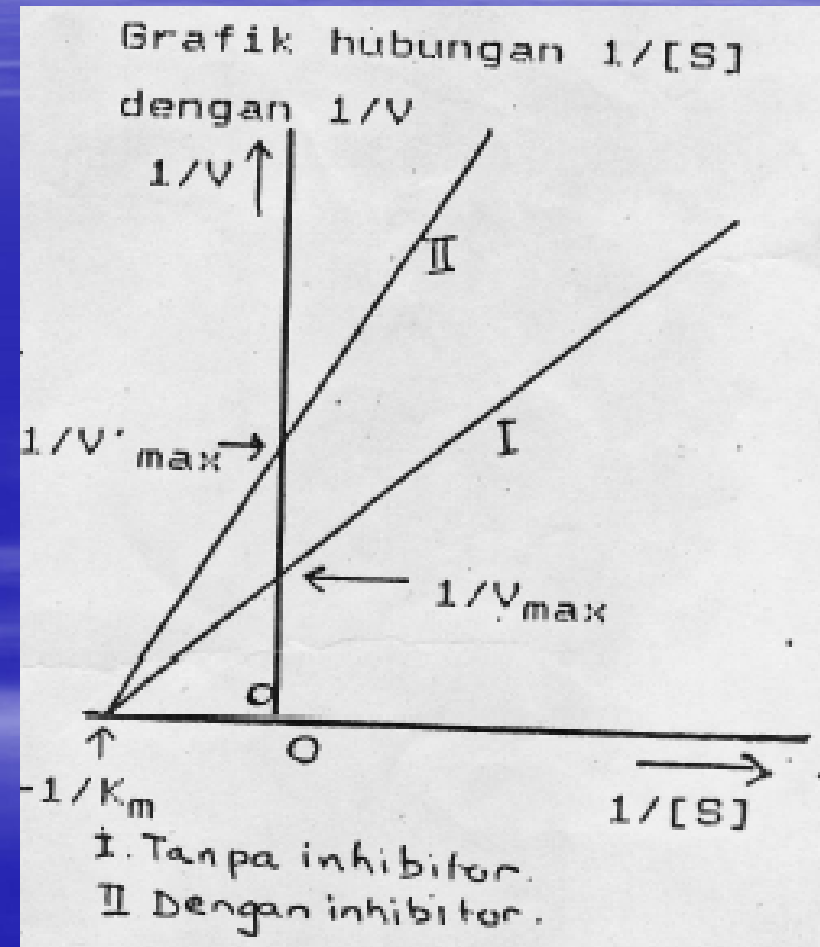
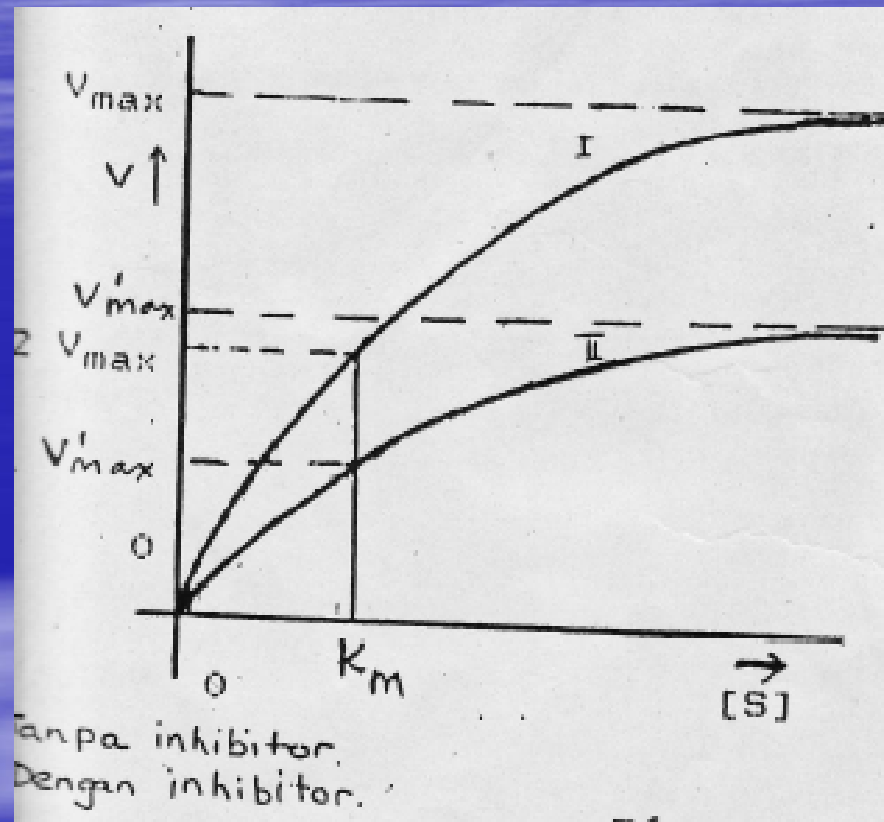
- Inhibitor nonkompetitif reversibel :
  - dapat berikatan dengan enzim bebas maupun kompleks enzim substrat
  - Terikat pada tempat yang berbeda dengan pengikatan substrat
  - “Menurunkan kadar enzim yang aktif”
- Inhibitor nonkompetitif irreversibel
  - Berikatan dengan enzim secara irreversibel
  - Merubah konformasi enzim atau active site, sehingga enzim menjadi inaktif
  - Contoh:  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Ag}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$

# Inhibitor Nonkompetitif Reversibel





# Inhibitor Nonkompetitif Reversibel



# Pengukuran Kadar Enzim untuk Diagnosis Klinis

- Enzim di plasma/serum:
  - Enzim plasma/serum fungsional:
    - mempunyai fungsi fisiologik dalam plasma
    - Contoh: lipoprotein lipase
  - Enzim plasma/serum nonfungsional:
    - Ditemukan dalam plasma tetapi tidak diketahui mempunyai fungsi fisiologis di plasma
    - Contoh: lipase, amilase, tripsin (banyak ditemukan dipankreas); alkali fosfatase (tulang); transaminase : SGOT (jantung), SGPT (hati)

# Cacat Enzimatik Genetik

- Perubahan aktivitas enzim karena mutasi pada gen
- Dapat diturunkan
- Contoh : Penyakit von gierke, Galaktosemia, Penyakit Nieman Pick, fenilketonuria.