

Katalis

Part I

Definisi

Katalis: zat yang dapat mempercepat laju reaksi, tetapi zat itu sendiri tidak mengalami perubahan yang kekal (tidak dikonsumsi atau tidak dihabiskan).

Teori tumbukan : teori yang menyatakan bahwa suatu reaksi berlangsung sebagai hasil tumbukan antar-partikel pereaksi dengan energi cukup serta arah tumbukan yang tepat.

Part II

Katalis

KATALIS Pada kebanyakan reaksi yang berguna di bidang industri, reaksi akan berlangsung terlalu lambat tanpa bantuan katalis. Katalis adalah suatu zat yang dapat mempercepat laju reaksi namun tidak dikonsumsi atau dihabiskan dalam reaksi. Katalis dibedakan atas katalis homogen (satu fase dengan zat yang akan dikatalisis) dan heterogen (berbeda fase dengan zat yang akan dikatalisis).

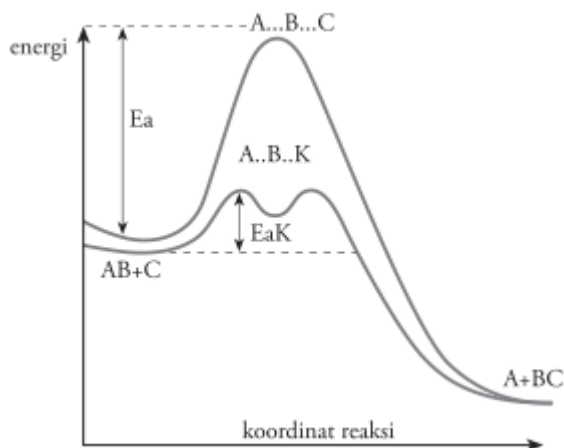
Berikut ini beberapa katalis yang digunakan dalam industri

Penggunaan	Katalis
Sintesis amonia (proses Haber)	besi
Sintesis asam sulfat (proses kontak)	V_2O_5
Pembuatan margarin dari minyak kelapa	nikel
<i>catalytic converter</i> kendaraan bermotor	platina-paladium

Katalis juga sangat penting dalam sistem biologis, terutama pada manusia. Reaksi-reaksi metabolisme dapat berlangsung pada suhu tubuh yang relatif rendah karena adanya suatu biokatalis, yaitu enzim. Enzim bekerja efektif pada suhu dan rentang pH tertentu. Karena enzim merupakan protein, sehingga dapat mengalami denaturasi/kerusakan jika pada suhu tinggi.

Katalis bekerja dengan cara menurunkan energi aktivasi (energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya reaksi) melalui pembentukan mekanisme reaksi alternatif. Bila digambarkan melalui diagram energi adalah sebagai berikut.

Reaksi yang terjadi: $AB + C \rightarrow A + BC$



Meski demikian penggunaan katalis juga memiliki kelemahan, yakni dapat diracuni hingga tidak aktif atau kinerjanya terganggu. Seperti *catalytic converter* yang dapat diracuni oleh timbal.

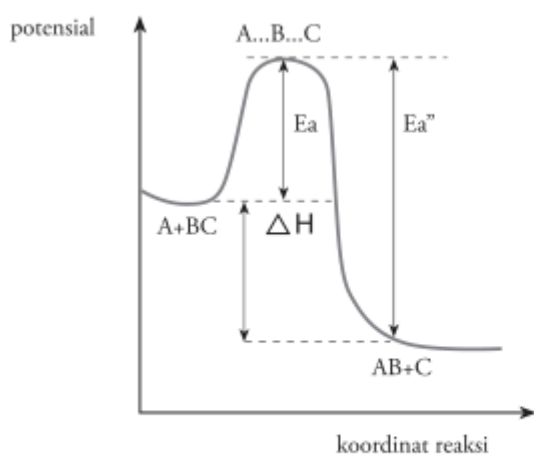
TEORI TUMBUKAN Teori ini dapat menjelaskan berbagai faktor yang mempengaruhi laju reaksi, dimana suatu reaksi berlangsung sebagai hasil tumbukan antar-partikel pereaksi yang memiliki energi cukup serta arah atau orientasi tumbukan yang tepat. Sehingga laju reaksi akan bergantung pada tiga hal berikut:

1. Frekuensi tumbukan
2. Energi partikel pereaksi
3. Arah tumbukan

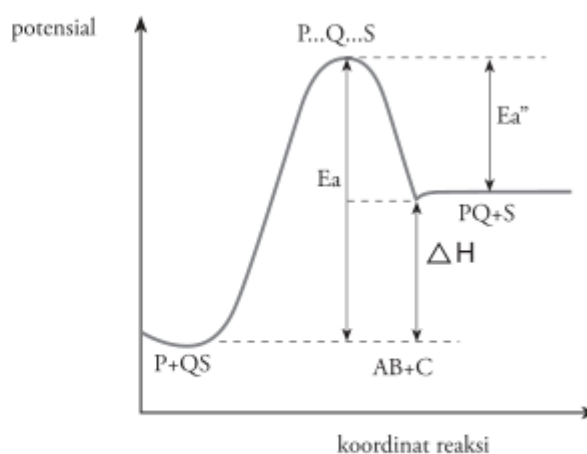
Tumbukan yang menghasilkan reaksi disebut tumbukan efektif. Energi minimum yang diperlukan oleh partikel pereaksi sehingga menghasilkan tumbukan efektif disebut **energi aktivasi (E_a)**. Semua reaksi, baik endoterm maupun eksoterm memerlukan energi aktivasi. Energi aktivasi ini digambarkan sebagai suatu penghalang, atau 'bukit' diantara pereaksi dan produk. Pereaksi harus didorong melewati 'bukit' tersebut baru kemudian ia dapat membentuk produk, bila digambarkan sebagai berikut.

Reaksi eksoterm: $A + BC \rightarrow AB + C$

Reaksi endoterm : $P + QS \rightarrow PQ + S$

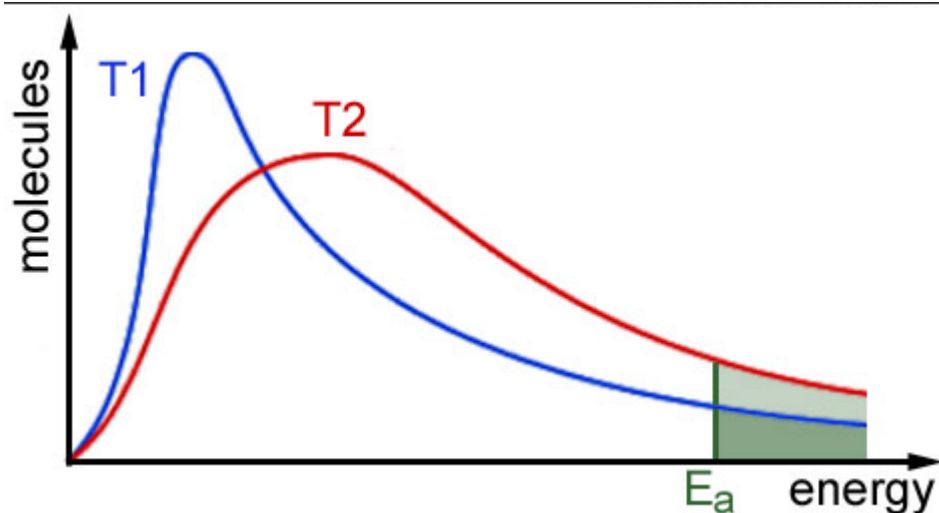


Eksoterm



Endoterm

Pengaruh suhu terhadap laju reaksi dapat dijelaskan melalui distribusi Boltzmann berikut.



Pada 2 kondisi reaksi dimana $T_2 > T_1$, terlihat bahwa jumlah molekul dengan energi melebihi E_a lebih besar pada T_2 dibanding T_1 . Inilah yang menyebabkan laju reaksi berbanding lurus dengan suhu reaksi.

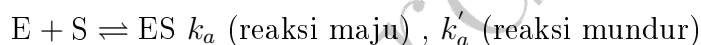
ENZIM

Mekanisme Katalisis Enzim

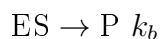
Mekanisme yang juga disebut mekanisme Michaelis-Menten memiliki prinsip sebagai berikut:

1. Untuk suatu konsentrasi awal substrat, $[S]_0$, laju awal pembentukan produk berbanding lurus dengan konsentrasi total enzim, $[E]_0$
2. Untuk suatu nilai $[E]_0$ dan nilai $[S]_0$ yang rendah, laju pembentukan produknya berbanding lurus dengan $[S]_0$
3. Untuk suatu nilai $[E]_0$ dan nilai $[S]_0$ yang tinggi laju pembentukan produk tidak lagi tergantung pada $[S]_0$ dan mencapai nilai maksimum yang dikenal sebagai v_{\max}

Sehingga mekanisme reaksi adalah sebagai berikut, pada langkah pertama terbentuk kompleks enzim-substrat :



Kemudian terbentuk produk :



Sehingga laju reaksi yang terbentuk adalah

$$v = k_b[ES]$$

dari pendekatan *steady-state* kita dapatkan :

$$\frac{d[ES]}{dt} = k_a[E][S] - k'_a[ES] - k_b[ES] = 0$$

kita buat persamaan terhadap $[ES]$

$$[ES] = \left(\frac{k_a}{k'_a + k_b} \right) [E][S]$$

$$\left(\frac{k_a}{k'_a + k_b} \right) = \frac{[ES]}{[E][S]} \quad \text{kita definisikan konstanta Michaelis, } K_M$$

$$K_M = \frac{k'_a + k_b}{k_a} = \frac{[E][S]}{[ES]}$$

Seperti diketahui, konsentrasi enzim awal $[E]_0 = [E] + [ES]$, sementara itu karena konsentrasi substrat pada umumnya jauh berlebih, kita dapat mengasumsikan bahwa $[S] \approx [S]_0$. Sehingga persamaannya menjadi :

$$[ES] = \frac{[E]_0}{1 + K_M/[S]_0} \dots (1)$$

Maka, sesuai pengamatan :

1. Ketika $[S]_0 \ll K_M$,

$$v = \frac{k_a}{K_M} [S]_0 [E]_0$$

2. Ketika $[S]_0 \gg K_M$

$$v = v_{\max} = k_b [E]_0$$

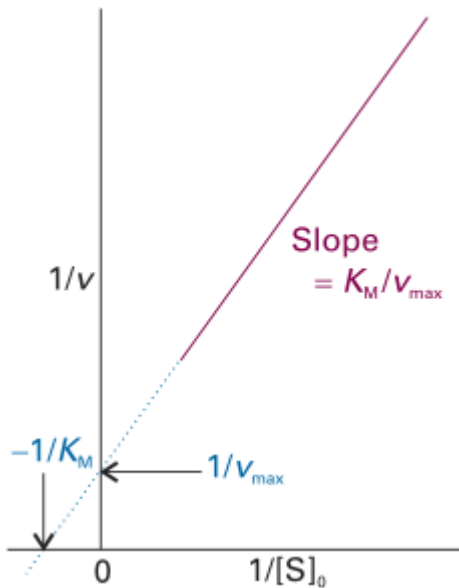
Memasukkan K_M dan v_{\max} ke persamaan (1) menghasilkan :

$$v = \frac{v_{\max}}{1 + K_M/[S]_0}$$

apabila kita atur ulang akan didapatkan plot Lineweaver-Burk:

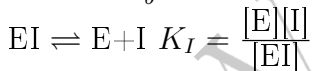
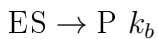
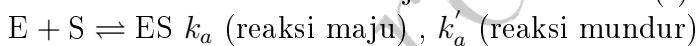
$$\frac{1}{v} = \frac{1}{v_{\max}} + \left(\frac{K_M}{v_{\max}} \right) \frac{1}{[S]_0}$$

dan didapat grafik sebagai berikut:



Mekanisme Inhibisi Enzim

Secara umum mekanisme kerja suatu inhibitor (I) enzim adalah sebagai berikut:



Sesuai aturan *mass balance*, maka konsentrasi total enzim adalah :

$$[E]_0 = [E] + [EI] + [ES] + [ESI]$$

bila kita buat istilah berikut:

$$\alpha = 1 + \frac{[I]}{K_I} \quad \text{dan} \quad \alpha' = 1 + \frac{[I]}{K'_I}$$

masukkan ke persamaan *mass balance*

$$[E]_0 = [E]\alpha + [ES]\alpha'$$

kemudian kita masukkan $K_M = [E][S]/[ES]$ dan didapat :

$$[E]_0 = \frac{K_M [ES]}{[S]_0} \alpha + [ES] \alpha' = [ES] \left(\frac{\alpha K_M}{[S]_0} + \alpha' \right)$$

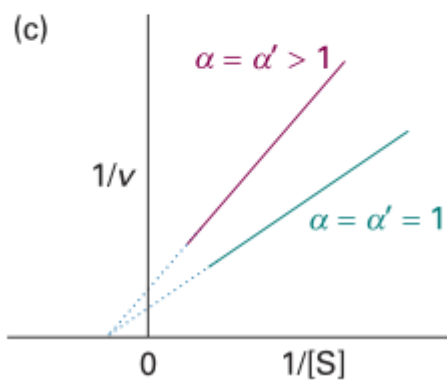
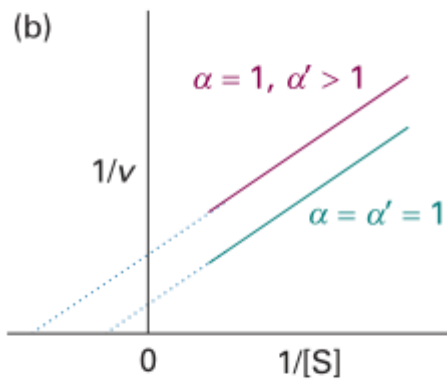
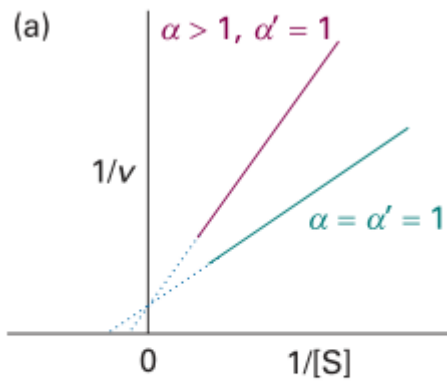
maka, persamaan lajunya menjadi :

$$v = \frac{v_{\max}}{\alpha' + \alpha K_M/[S]_0}$$

apabila kita buat plot Lineweaver-Burk :

$$\frac{1}{v} = \frac{\alpha'}{v_{\max}} + \left(\frac{\alpha K_M}{v_{\max}} \right) \frac{1}{[S]_0}$$

didapatkan grafik berikut:



- Grafik (a) menunjukkan inhibisi kompetitif
- Grafik (b) menunjukkan inhibisi tak kompetitif
- Grafik (c) menunjukkan inhibisi non-kompetitif

Part III

Contoh Soal dan Pembahasan

1. Dalam kaitan dengan teori tumbukan, jelaskan mengapa potongan kertas tidak terbakar pada suhu kamar?

Jawaban

Kertas terbakar akibat reaksinya dengan udara. Reaksi ini tidak berjalan pada suhu kamar karena tumbukan antara kertas dan udara belum menghasilkan energi tumbukan yang melebihi energi aktivasi untuk reaksi pembakaran tersebut.

2. Katalis homogen diketahui mampu menyediakan mekanisme reaksi alternatif. Sementara itu, bagaimanakah cara kerja katalis heterogen yang mungkin?

Jawaban

Katalis heterogen dapat mempercepat reaksi dengan cara menyediakan permukaan yang panas sehingga reaksi dapat berlangsung lebih cepat. Selain itu dapat pula melalui adsorpsi, dimana molekul pereaksi teradsorpsi pada permukaan katalis, sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan lebih besar.

Wardaya College