

Laju Reaksi

Purwanti Widhy H, M.Pd



SK, KD dan Indikator



Kemolaran



Konsep Laju Reaksi



Faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi



Evaluasi



Referensi



Selesai

Standar Kompetensi, Kompetensi Dasar & Indikator

SK

KD

Ind

3. **Memahami kinetika reaksi, kesetimbangan kimia, dan faktor-faktor yang mempengaruhinya, serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari dan industri**

Standar Kompetensi, Kompetensi Dasar & Indikator

SK

KD

Ind

3.1 Mendeskripsikan pengertian laju reaksi dengan melakukan percobaan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi

Standar Kompetensi, Kompetensi Dasar & Indikator

SK

KD

Ind



1. **Menjelaskan kemolaran larutan**
2. **Menghitung kemolaran larutan**
3. **Menjelaskan pengertian laju reaksi**
4. **Menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi**

Kemolaran

Kemolaran adalah satuan konsentrasi larutan yang menyatakan banyaknya mol zat terlarut dalam 1 liter larutan
Kemolaran (M) sama dengan jumlah mol (n) zat terlarut dibagi volume (v) larutan

$$M = \frac{n}{V} \quad \text{atau} \quad M = \frac{gr}{Mr} \times \frac{1000}{V}$$

Kemolaran

Pengenceran larutan menyebabkan konsentrasi berubah dengan rumusan :

$$V_1M_1 = V_2M_2$$

dimana:

V_1M_1 : volume dan konsentrasi larutan asal

V_2M_2 : volume dan konsentrasi hasil pengenceran

Kemolaran

Pencampuran larutan sejenis dengan konsentrasi berbeda menghasilkan konsentrasi baru, dengan rumusan :

$$M_{campuran} = \frac{V_1M_1 + V_2M_2 + \dots + V_nM_n}{V_1 + V_2 + \dots + V_n}$$

Konsep Laju Reaksi

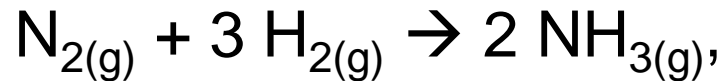
Laju reaksi menyatakan laju perubahan konsentrasi zat-zat komponen reaksi setiap satuan waktu:

$$V = \frac{\Delta[M]}{t}$$

- Laju pengurangan konsentrasi pereaksi per satuan waktu
- Laju penambahan konsentrasi hasil reaksi per satuan waktu
- Perbandingan laju perubahan masing-masing komponen sama dengan perbandingan koefisien reaksinya

Konsep Laju Reaksi

Pada reaksi :



Laju reaksi :

- laju penambahan konsentrasi NH_3
- laju pengurangan konsentrasi N_2 dan H_2 .

Laju reaksi menggambarkan
seberapa cepat reaktan terpakai
dan produk terbentuk

Faktor-faktor yang mempengaruhi Laju Reaksi

Laju reaksi dipengaruhi oleh :



Suhu



Konsentrasi



Luas permukaan sentuhan/ Ukuran partikel



Katalis

Kembali

Suhu

Kenaikan suhu dapat mempercepat laju reaksi karena dengan naiknya suhu energi kinetik partikel zat-zat meningkat sehingga memungkinkan semakin banyaknya tumbukan efektif yang menghasilkan perubahan

Suhu

Hubungan Kuantitatif perubahan suhu terhadap laju reaksi:

Hubungan ini ditetapkan dari suatu percobaan, misal diperoleh data sebagai berikut:

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Laju reaksi (M/detik)
10	0,3
20	0,6
30	1,2
40	2,4
t	Vt

Suhu

Hubungan Kuantitatif perubahan suhu terhadap laju reaksi:

Dari data diperoleh hubungan:

Setiap kenaikan suhu 10 °C, maka laju mengalami kenaikan 2 kali semula, maka secara matematis dapat dirumuskan

$$V_t = V_0 \cdot 2^{\frac{t-t_0}{10}}$$

Dimana :

V_t = laju reaksi pada suhu t

V_0 = laju reaksi pada suhu awal (t_0)

Reaksi Order Pertama

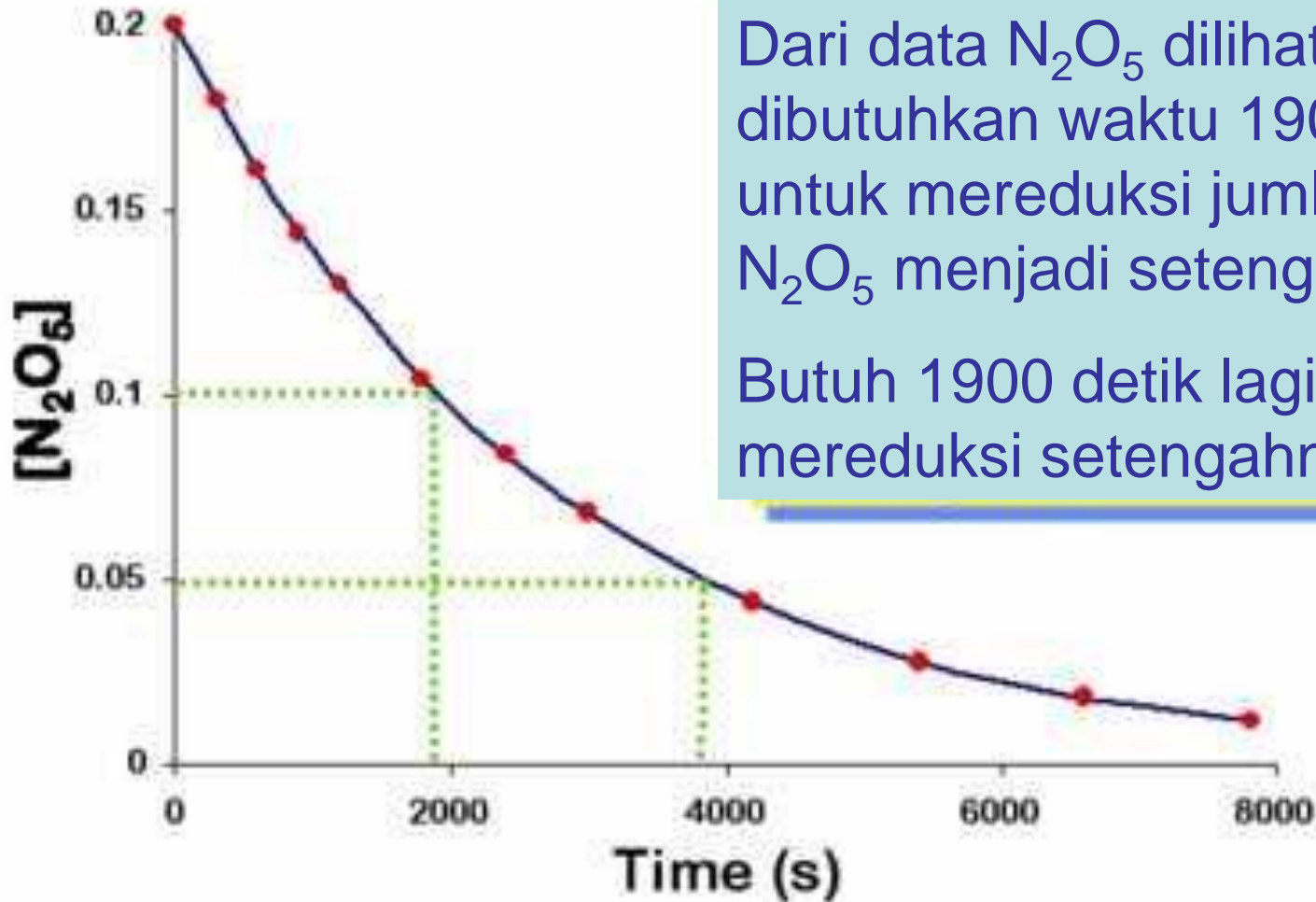
Beberapa aplikasi dari reaksi order I

- Menggabarkan berapa banyak obat yang dilepas pada peredaran darah atau yang digunakan tubuh
- Sangat berguna di bidang geokimia
- Peluruhan radioaktif

Waktu Paruh ($t_{1/2}$)

Waktu yang dibutuhkan untuk meluruhkan $\frac{1}{2}$ dari kuantitas awal suatu reaktan

Waktu Paruh



Dari data N_2O_5 dilihat bahwa dibutuhkan waktu 1900 detik untuk mereduksi jumlah awal N_2O_5 menjadi setengahnya.

Butuh 1900 detik lagi untuk mereduksi setengahnya kembali

Waktu Paruh

Hubungan waktu paruh dengan konstanta laju reaksi

$$t_{1/2} = \frac{0.693}{k}$$

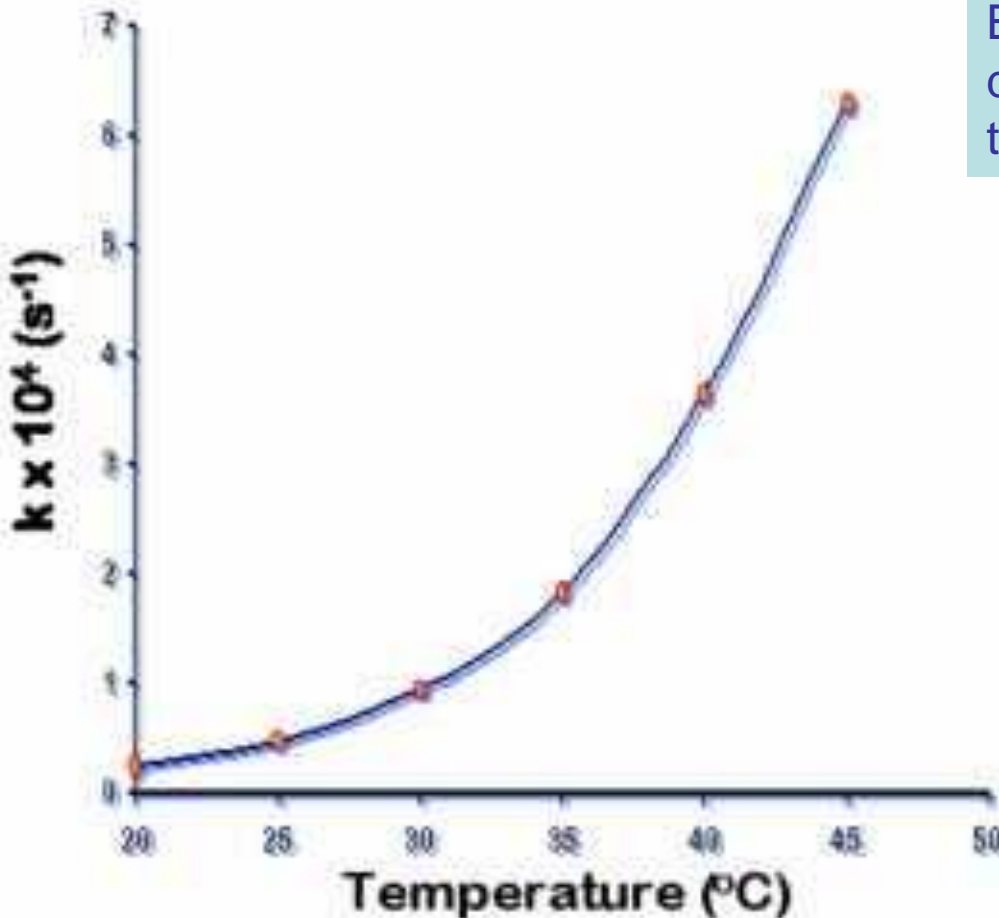
Waktu paruh dapat digunakan untuk menghitung konstanta laju reaksi orde pertama

Contoh N_2O_5 dengan waktu paruh 1900 detik

$$k = \frac{0.693}{t_{1/2}} = \frac{0.693}{1900 \text{ s}} = 3.65 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

Pengaruh Temperatur

Laju reaksi sangat bergantung dengan temperatur

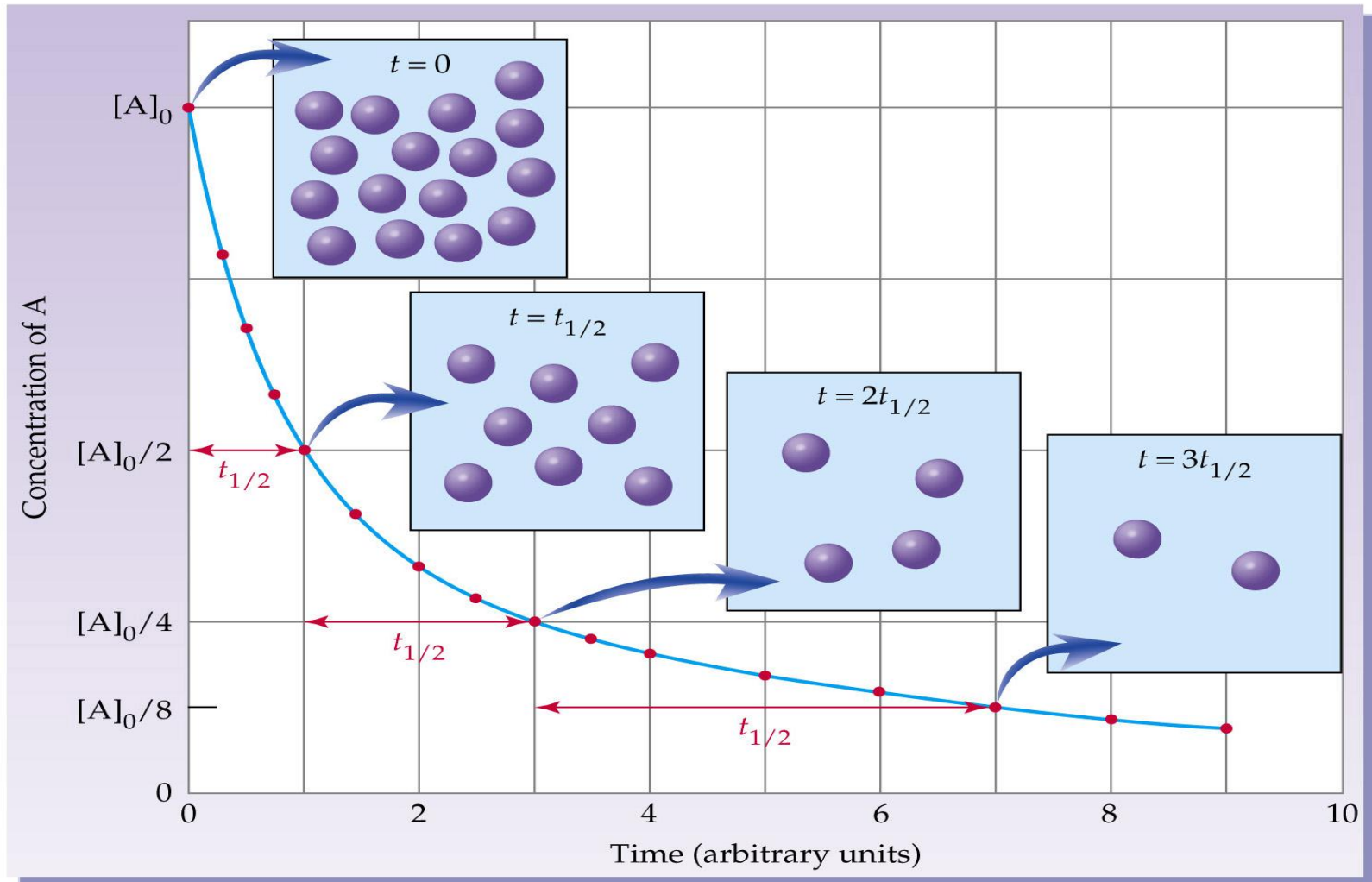


Berikut adalah konstanta reaksi dekomposisi N_2O_5 pada berbagai temperatur

at various temperatures.

$T, ^{\circ}\text{C}$	$k \times 10^4, \text{s}^{-1}$
20	0.235
25	0.469
30	0.933
35	1.82
40	3.62
45	6.29

Waktu Paruh Reaksi Orde 2



Pengaruh Temperatur

- Persamaan yang menyatakan hubungan ini adalah persamaan Arrhenius

$$k = A e^{-E_a / RT}$$

A	constant
E_a	activation energy
T	temperature, Kelvin
R	gas law constant

Pengaruh Temperatur

- Bentuk lain persamaan Arrhenius:

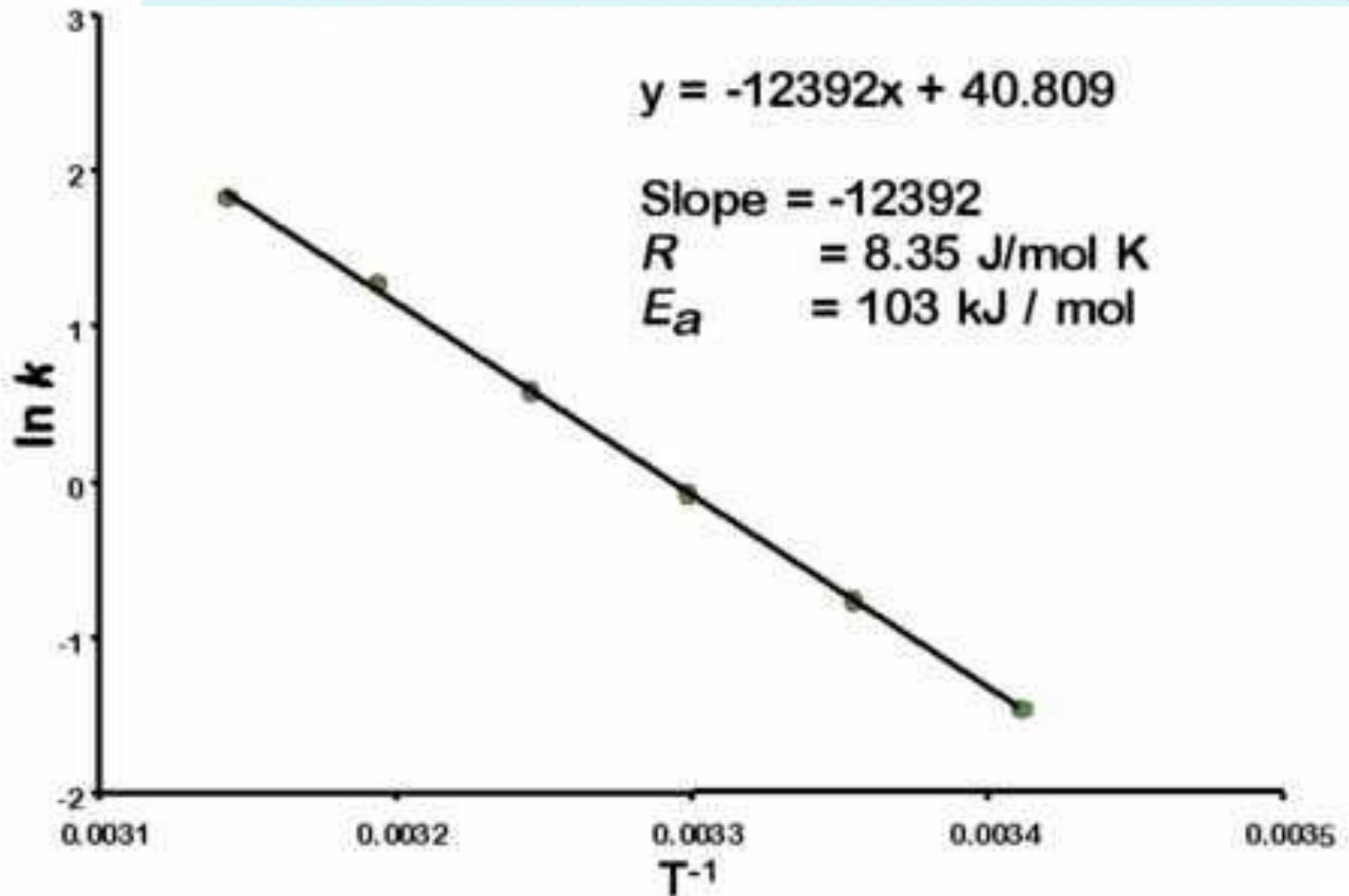
$$\ln k = \left(- \frac{E_a}{R} \right) \left(\frac{1}{T} \right) + \ln A$$

Jika $\ln k$ diplot terhadap $1/T$ maka akan didapat garis lurus dengan nilai tangensial $-E_a/R$

Energi Aktivasi

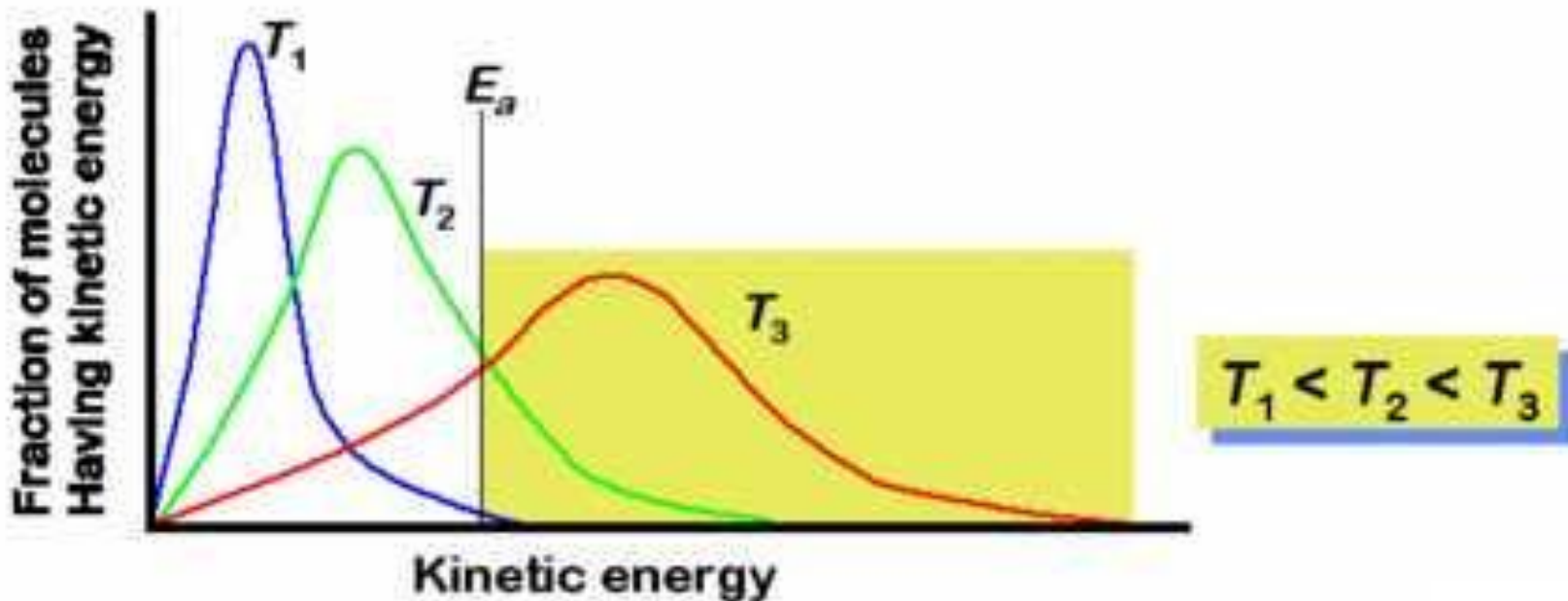
Energi yang dibutuhkan oleh suatu molekul untuk dapat bereaksi

Hasil dari perhitungan data N_2O_5



Temperatur dan E_a

Bila temperatur meningkat, fraksi molekul yang memiliki energi kinetik pun meningkat sehingga meningkatkan energi aktivasinya



Mekanisme Reaksi

- Kebanyakan reaksi kimia berjalan dengan beberapa tahap yang berurutan
- Setiap tahapan memiliki laju yang bersesuaian
- Laju keseluruhan ditentukan oleh tahapan yang berlangsung paling lambat (*rate-determining step*)
- Prinsip:

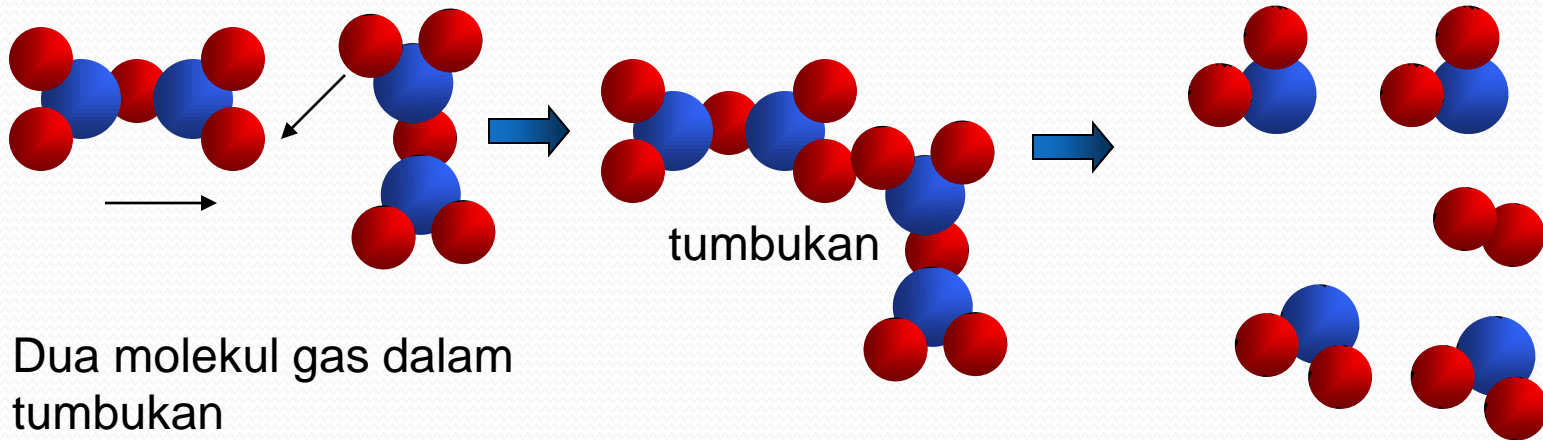
“Jika konsentrasi suatu reaktan muncul dalam persamaan laju reaksi, maka reaktan tersebut atau sesuatu yang merupakan hasil penurunan reaktan tsb terlibat dalam tahapan yang lambat. Jika tidak muncul dalam persamaan laju reaksi, maka baik reaktan maupun turunannya tidak terlibat dalam tahapan yang lambat.”

Go to

Reaksi dekomposisi N_2O_5

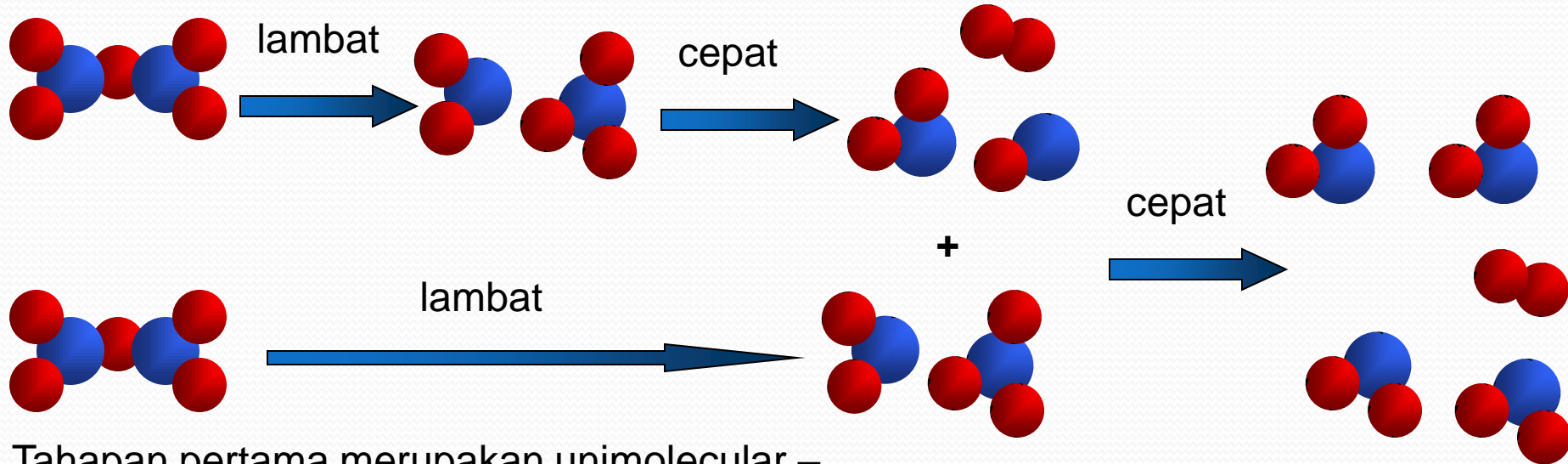


Reaksi ini bukan reaksi orde 2 walaupun ini merupakan reaksi *bimolecular*

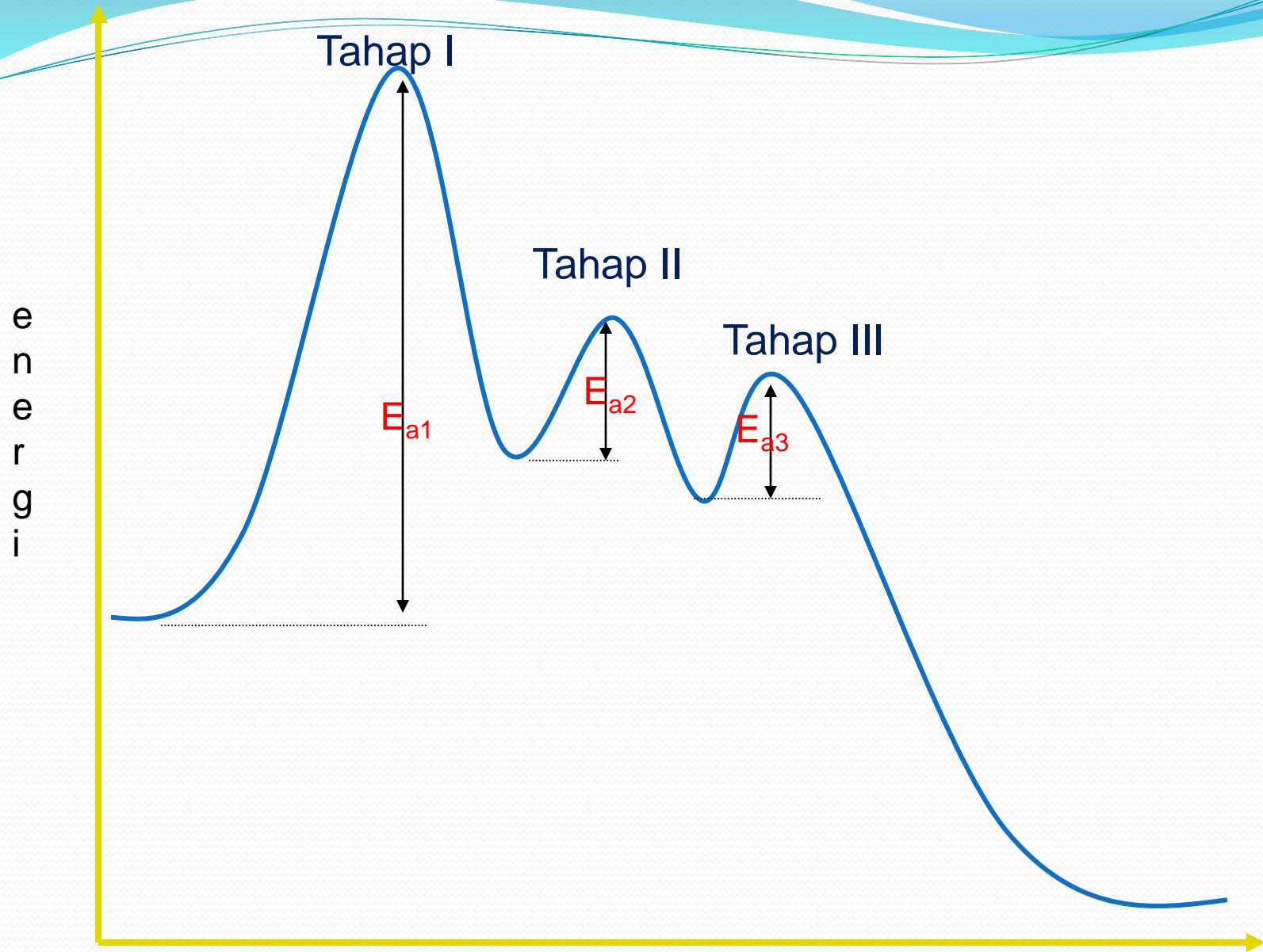


$$v = k [N_2O_5]$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa tahapan yang paling lambat melibatkan satu molekul N_2O_5 yang terdekomposisi



Tahapan pertama merupakan unimolecular – dimana tiap molekul pecah. Mereka tidak bertumbukan terlebih dahulu



Kembali

Koordinat reaksi

Konsentrasi

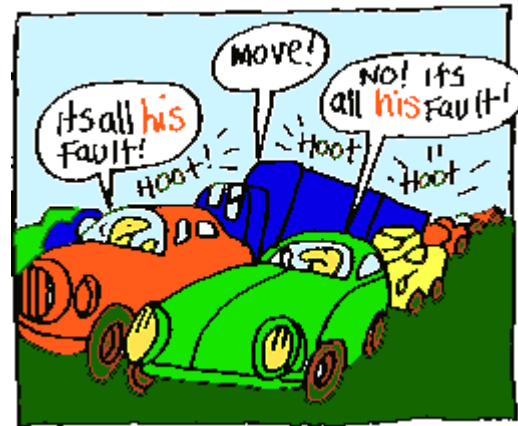
Konsentrasi mempengaruhi laju reaksi, karena banyaknya partikel memungkinkan lebih banyak tumbukan, dan itu membuka peluang semakin banyak tumbukan efektif yang menghasilkan perubahan.

Ilustrasi

Mana yang lebih mungkin terjadi tabrakan, di jalan lenggang atau di jalanan padat?



?



Konsentrasi

Hubungan kuantitatif perubahan konsentrasi dengan laju reaksi tidak dapat ditetapkan dari persamaan reaksi, tetapi harus melalui percobaan.

Dalam penetapan laju reaksi ditetapkan yang menjadi patokan adalah laju perubahan konsentrasi reaktan.

Ada reaktan yang perubahan konsentrasinya tidak mempengaruhi laju reaksi:

$$\Delta[\text{reaktan}] \approx \Delta V$$

$$\Delta[\text{reaktan}] = x \approx \Delta V = 1$$

$$x^n = 1$$

$$n = 0$$

Konsentrasi

Orde Reaksi

Pangkat perubahan konsentrasi terhadap perubahan laju disebut *orde reaksi*

Ada reaksi berorde 0, dimana tidak terjadi perubahan laju reaksi berapapun perubahan konsentrasi pereaksi.

Ada reaksi berorde 1, dimana perubahan konsentrasi pereaksi 2 kali menyebabkan laju reaksi lebih cepat 2 kali.

Ada reaksi berorde 2, dimana laju perubahan konsentrasi pereaksi 2 kali menyebabkan laju reaksi lebih cepat 4 kali, dst.

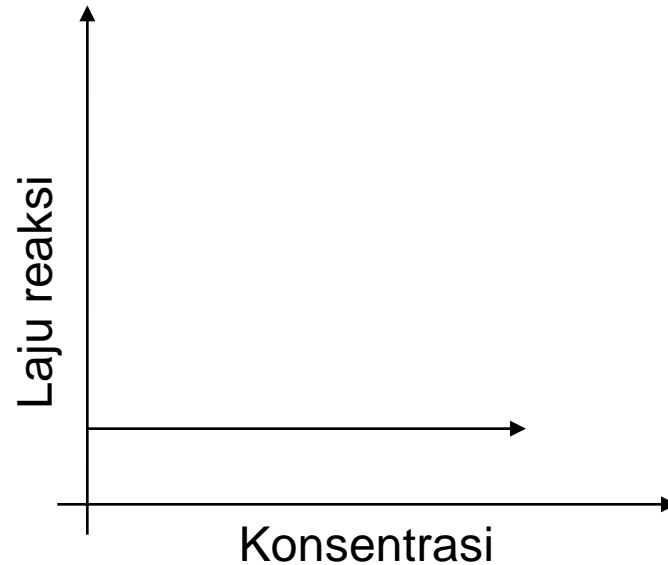
Konsentrasi

Grafik hubungan perubahan konsentrasi terhadap laju reaksi

Reaksi Orde 0

Reaksi Orde 1

Reaksi Orde 2



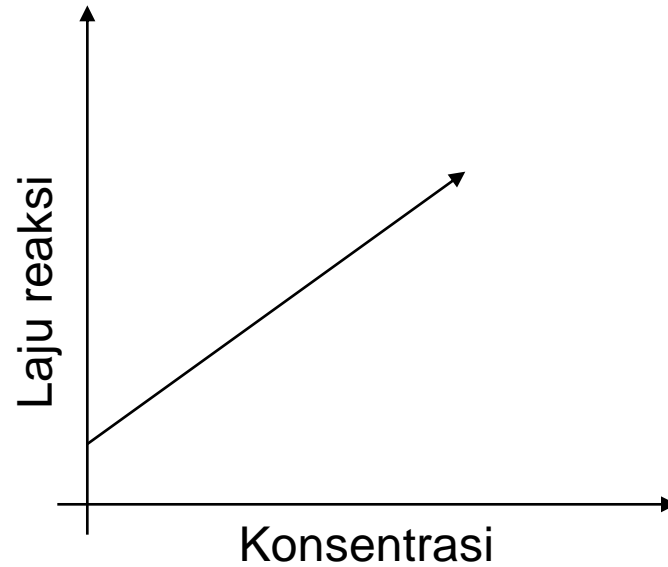
Konsentrasi

Grafik hubungan perubahan konsentrasi terhadap laju reaksi

Reaksi Orde 0

Reaksi Orde 1

Reaksi Orde 2



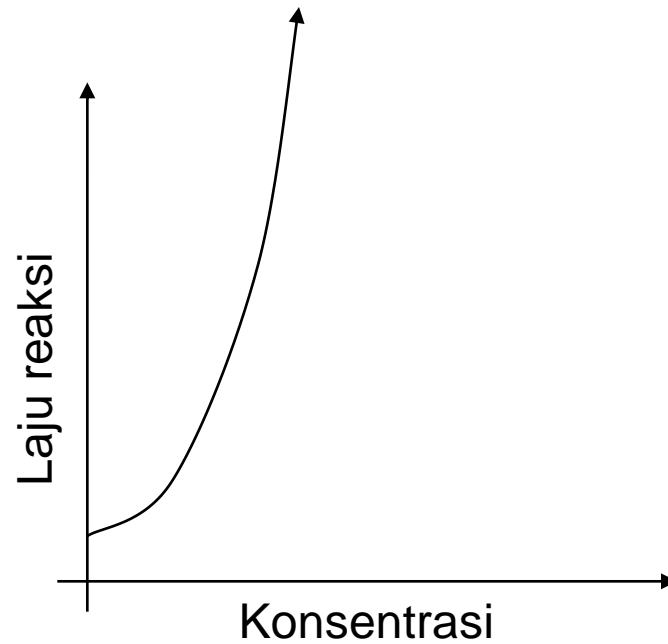
Konsentrasi

Grafik hubungan perubahan konsentrasi terhadap laju reaksi

Reaksi Orde 0

Reaksi Orde 1

Reaksi Orde 2



Lanjut

Konsentrasi

Untuk reaksi



Rumusan laju reaksi adalah :

$$V = k \cdot [A]^m \cdot [B]^n$$

Dimana :

k = tetapan laju reaksi

m = orde reaksi untuk A

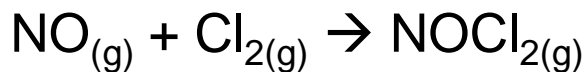
n = orde reaksi untuk B

Orde reaksi total = $m + n$

Konsentrasi

Rumusan laju reaksi tersebut diperoleh dari percobaan.

Misalkan diperoleh data percobaan untuk reaksi :



Diperoleh data sebagai berikut :

Perc	[NO] M	[Cl ₂] M	V M/s
1	0,1	0,1	4
2	0,1	0,2	16
3	0,2	0,1	8
4	0,3	0,3	?

Konsentrasi

Rumusan laju reaksi untuk reaksi tersebut adalah :

$$V = k.[NO]^m.[Cl_2]^n$$

Orde NO = m

Percobaan 1 dan 3

$$\Delta[NO]^m = \Delta V$$

$$\left(\frac{[NO]_3}{[NO]_1}\right)^m = \frac{V_3}{V_1}$$

$$\left(\frac{0,2}{0,1}\right)^m = \frac{8}{4}$$

$$2^m = 2$$

$$m = 1$$

Orde Cl₂ = n

Percobaan 1 dan 2

$$\Delta[Cl_2]^n = \Delta V$$

$$\left(\frac{[Cl_2]_2}{[Cl_2]_1}\right)^n = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\left(\frac{0,2}{0,1}\right)^n = \frac{16}{4}$$

$$2^n = 4$$

$$n = 2$$

Konsentrasi

Maka rumusan laju reaksinya adalah :

$$V = k \cdot [\text{NO}]^1 \cdot [\text{Cl}_2]^2$$

Harga k diperoleh dengan memasukan salah satu data percobaan

$$k = \frac{V}{[\text{NO}] \cdot [\text{Cl}_2]^2}$$

$$k = \frac{4}{0,1 \cdot 0,1^2}$$

$$k = 4 \cdot 10^3 \text{ M}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

Konsentrasi

Maka laju reaksi pada percobaan 4 adalah :

$$V = k \cdot [\text{NO}] \cdot [\text{Cl}_2]^2$$

$$V = 4 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 0,3^2$$

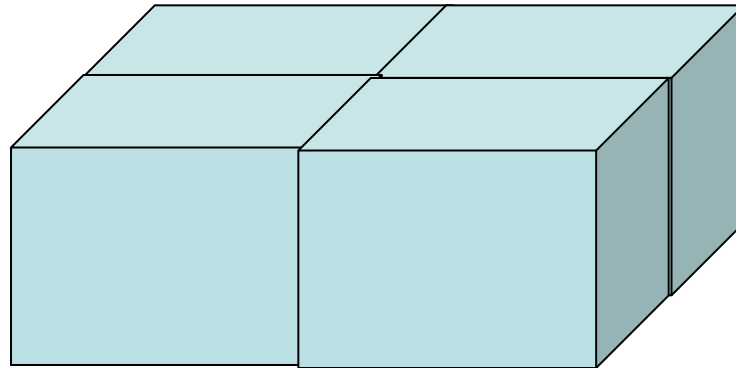
$$V = 108 \text{ Ms}^{-1}$$

Kembali

Luas Permukaan

Mana yang lebih luas permukaannya?
Sepotong tahu utuh atau sepotong tahu dipotong 4?

Luas Permukaan

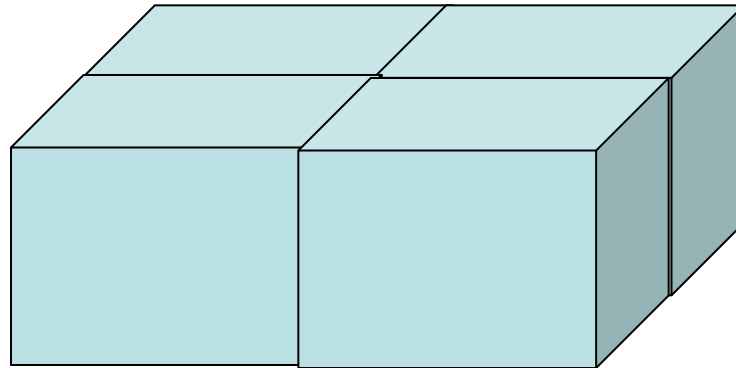


Pisahkan

Luas Permukaan



Luas Permukaan



Ulangi

Lanjut

Luas Permukaan

Perhatikan bahwa luas permukaan tahu utuh lebih kecil dari tahu yang dipotong 4

Sekarang!

Mana yang lebih luas permukaannya, gula berukuran butir kasar atau gula berukuran butiran halus?

Mana yang lebih mudah larut, gula yang berukuran butir kasar atau yang berukuran butiran halus ?

Luas Permukaan

Luas permukaan mempercepat laju reaksi karena semakin luas permukaan zat, semakin banyak bagian zat yang saling bertumbukan dan semakin besar peluang adanya tumbukan efektif menghasilkan perubahan

Semakin luas permukaan zat, semakin kecil ukuran partikel zat. Jadi semakin kecil ukuran partikel zat, reaksi pun akan semakin cepat.

Katalis

Katalis adalah zat yang dapat mempercepat laju reaksi.

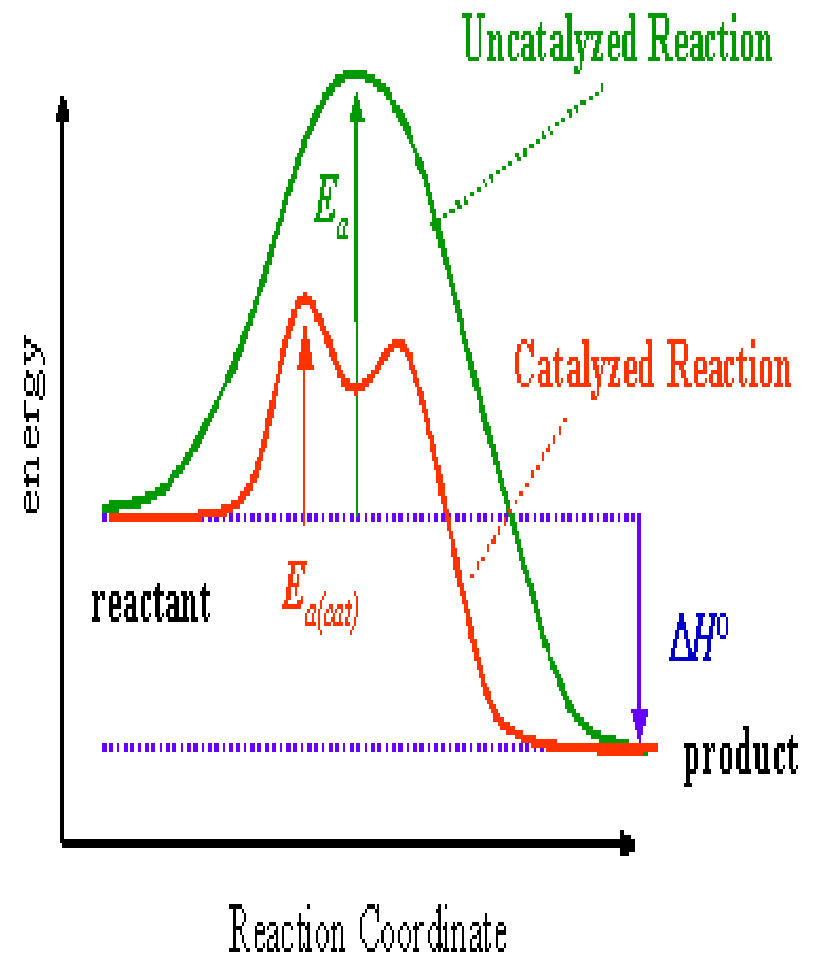
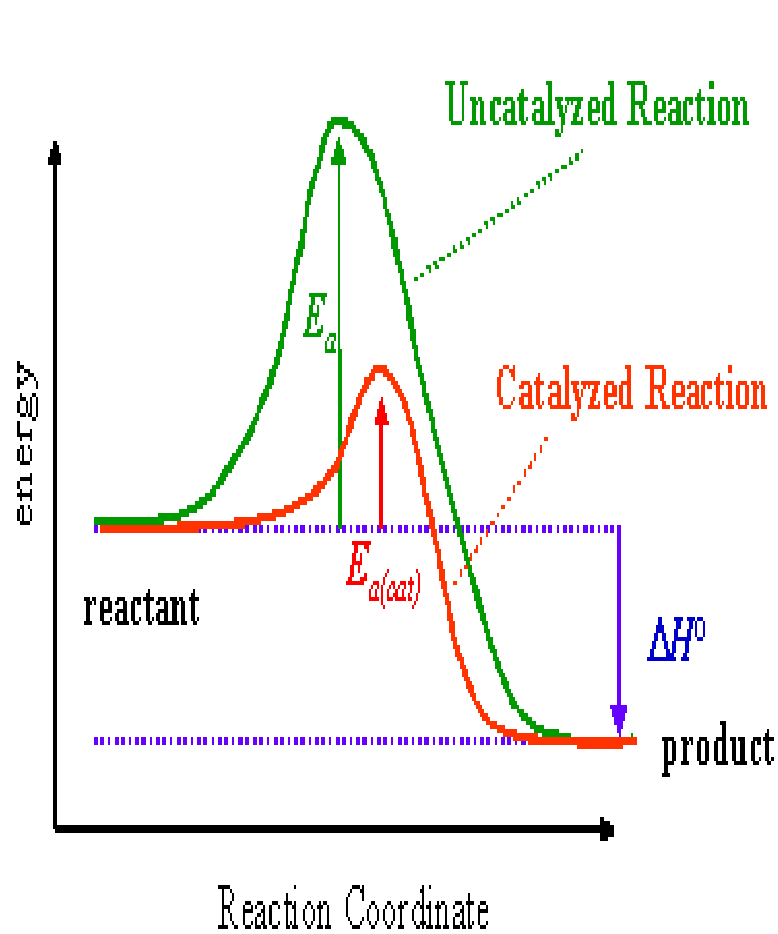
Ada 2 jenis katalis :

1. **Katalis aktif** yaitu katalis yang ikut terlibat reaksi dan pada akhir reaksi terbentuk kembali.
2. **Katalis pasif** yaitu katalis yang tidak ikut bereaksi, hanya sebagai media reaksi saja.

Bagaimana katalis bekerja akan dibahas pada teori tumbukan

- Katalis meningkatkan koefisien reaksi dengan **menyediakan jalur reaksi alternatif** (atau mekanisme) dengan energi aktivasi yang lebih rendah
- Katalis **tidak** mengubah kesetimbangan hanya mempercepat terjadinya kesetimbangan
- Contoh:
Produksi NH_3 menggunakan katalis Pt
Catalytic converter pada knalpot

Aksi Katalis



Katalisis

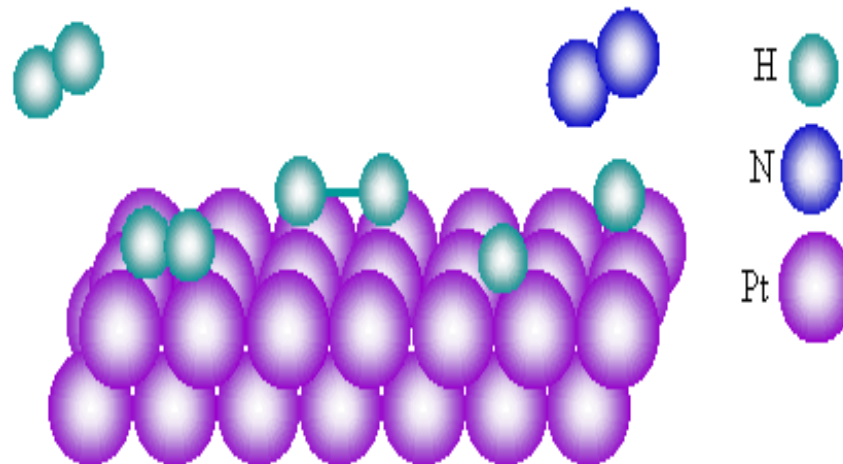
Homogen : satu fasa

Heterogen : reaktan dan katalis berada pada fasa yang berbeda

Contoh : pada produksi amonia



Tahapan penentu laju adalah pemutusan ikatan H-H



Kembali

Evaluasi

1

Dalam bejana bervolume 10 L, mula-mula terdapat 5 mol gas NO_2 . Gas tersebut mengalami penguraian menurut reaksi :

2



3

Setelah tiga jam tersisa 1,4 mol gas NO_2 . Tentukan

a. Laju reaksi penguraian gas NO_2 !

b. Laju pembentukan gas NO !

c. Laju pembentukan gas O_2 !

4

5

Evaluasi

1

2

3

4

5

Diketahui reaksi $A + B + C \rightarrow D$. Jika persamaan laju reaksi reaksi tersebut $v = k.[B]^2.[C]^1$, berapa kali perubahan laju reaksinya bila konsentrasi masing-masing komponen pereaksi diperbesar 2 kali semula?

Evaluasi

Dari percobaan reaksi $A + B \rightarrow AB$, diperoleh data sebagai berikut

Perc	[A] M	[B] M	V M/s
1	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-1}$
2	$6,5 \cdot 10^{-3}$	$1,05 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-2}$
3	$3,9 \cdot 10^{-2}$	$4,2 \cdot 10^{-2}$	$8,4 \cdot 10^{-1}$
4	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,05 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-2}$

Tentukan

- A. Orde reaksi untuk A dan B
- B. Persamaan laju reaksi
- C. Harga tetapan laju reaksi
- D. Laju reaksi jika konsentrasi A 0,026 M dan konsentrasi B 0,021 M

Evaluasi

1 Jika laju suatu reaksi meningkat 2 kali lebih cepat setiap kenaikan suhu 15°C dan pada suhu 30°C lajunya $3 \cdot 10^{-3} \text{ M/s}$, berapakah laju reaksinya pada 105°C ?

2

3

4

5

Evaluasi

Dari data berikut :

Perc	Fe	[HCl] M	Suhu °C
1	Serbuk	0,1	25
2	Kepingan	0,1	25
3	Serbuk	0,3	50
4	Kepingan	0,1	50
5	Serbuk	0,1	50

Urutkan kelajuan reaksinya dari yang paling lambat ke yang paling cepat

Kembali

Exercise

- The initial rate of a reaction depended on the concentration of a substance J as follows.

$[J]_0/(10^{-3} \text{ M})$	5.0	8.2	17	30
$r_0/(10^{-7} \text{ M s}^{-1})$	3.6	9.6	41	130

- Find the order of the reaction with respect to J and the rate constant.

$$r_0 = k[J]_0^n, \text{ so } \log r_0 = n \log [J]_0 + \log k$$

• $\log [J]_0$		0.70	0.91	1.23	1.48
• $\log r_0$	0.56	0.98	1.61	2.11	

$\log r_0$ goes up twice as fast as $\log [J]_0$, so $n = 2$ and $\log k = 0.56 - 2(0.70) = -0.84$; $k = 0.15 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$

Exercise

- The concentration of N_2O_5 in liquid bromine varied with time as follows:

t/s	0	200	400	600	1000
$[\text{N}_2\text{O}_5]/\text{M}$	0.110	0.073	0.048	0.032	0.014

- Show that the reaction is first order in N_2O_5 and determine the rate constant.

Referensi

- Petrucci, Ralph. H, 1992. *Kimia Dasar, Prinsip dan Terapan Modern*. Terjemahan Suminar. Jakarta: Erlangga
- Brady, James E. dan J.R. Holum. 1988. *Fundamentals of Chemistry*. Edisi 3, New York: Jon Willey & Sons, Inc.

Kembali

Sekian



Turunkan persamaan $t_{1/2} = 0.693/k$, Jika diketahui :

$$[A] = [A]_0 \exp(-kt) \text{ dimana } t_{1/2} = t \text{ dan } A = A_0/2.!$$