

KINETIKA REAKSI KIMIA

TIM DOSEN KIMIA DASAR FTP UB 2012



Konsep Kinetika/ Laju Reaksi



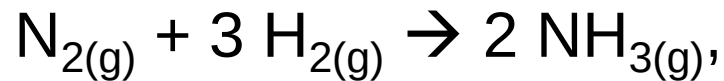
Laju reaksi menyatakan laju perubahan konsentrasi zat-zat komponen reaksi setiap satuan waktu:

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

- 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 .

Faktor-faktor yang mempengaruhi Laju Reaksi

Laju reaksi dipengaruhi oleh :



Suhu



Konsentrasi



Luas permukaan sentuhan/ Ukuran partikel



Katalis

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)

Konsentrasi



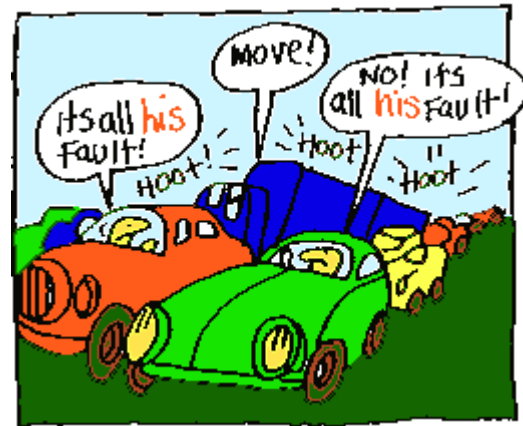
Konsentrasi mempengaruhi laju reaksi, karena banyaknya partikel memungkinkan lebih banyak tumbukan, dan itu membuka peluang semakin banyak tumbukan efektif yang menghasilkan perubahan.

Ilustrasi

Mana yang lebih mungkin terjadi tabrakan, di jalan lenggang atau dijalanan 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



Untuk reaksi



Rumusan laju reaksi adalah :

$$V = k.[A]^m.[B]^n$$

Dimana :

k = tetapan laju reaksi

m = orde reaksi untuk A

n = orde reaksi untuk B

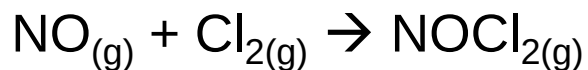
Orde reaksi total = $m + n$

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 $Cl_2 = n$

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 :

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

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

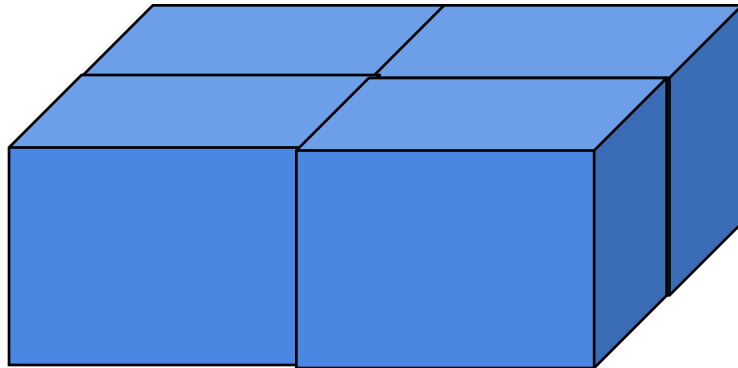
$$V = 108 \text{ Ms}^{-1}$$

Luas Permukaan



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

Luas Permukaan



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

TEORI KECEPATAN REAKSI

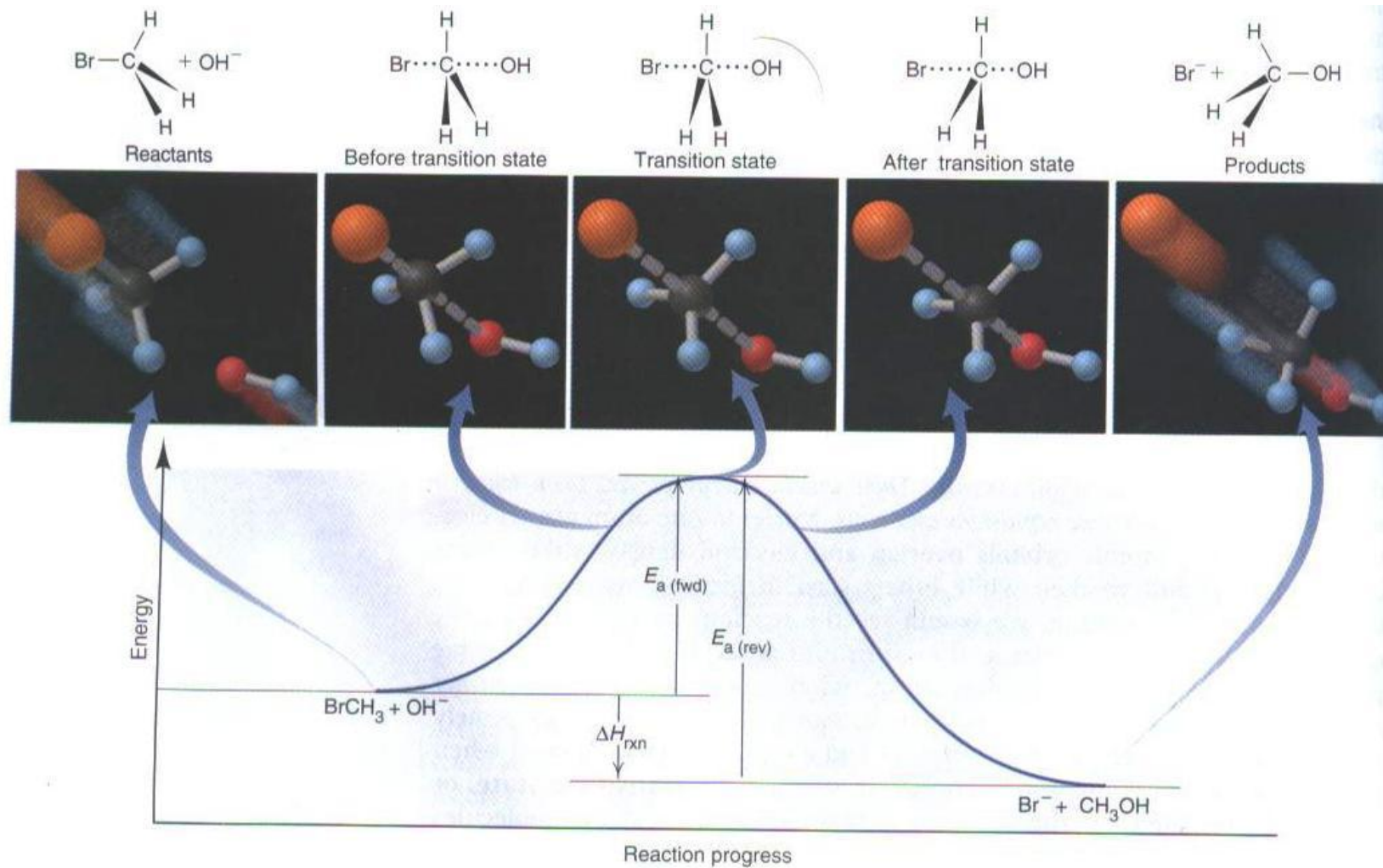
- Teori Tumbukan (*collision theory*)

Reaksi yang terjadi adalah hasil dari adanya tumbukan antar molekul-molekul yang mempunyai tingkat energi yang tinggi, yang menyebabkan terganggunya gaya tarik-menarik alami antar molekul-molekul tersebut.

- Teori Aktivasi (*activation theory*)

Secara struktural, molekul mempunyai suatu bagian (gugus) yang bersifat labil. Jika tingkat energi pada gugus yang labil tersebut ditingkatkan (dengan cara meningkatkan suhu), maka akan terjadi reaksi dengan melepas kelebihan energi sehingga bisa diperoleh tingkat energi baru yang lebih rendah dan stabil.

Keadaan Transisi



ORDE REAKSI



- Orde reaksi adalah jumlah pangkat konsentrasi-konsentrasi yang menghasilkan suatu garis lurus
- Persamaan umum kinetika :

$$\frac{dA}{dt} = -k [A]^n$$

dA/dt = laju reaksi A

k = konstanta laju reaksi A

$[A]$ = konsentrasi A

n = orde reaksi

- Untuk reaksi orde 0 :

$$\frac{dA}{dt} = -k [A]^0$$

$$\frac{dA}{dt} = -k$$

$$\int_0^t \frac{dA}{dt} = - \int_0^t k$$

$$\int_0^t dA = -k \int_0^t dt$$

$$A_t - A_0 = -kt$$

$$A_t = A_0 - kt$$

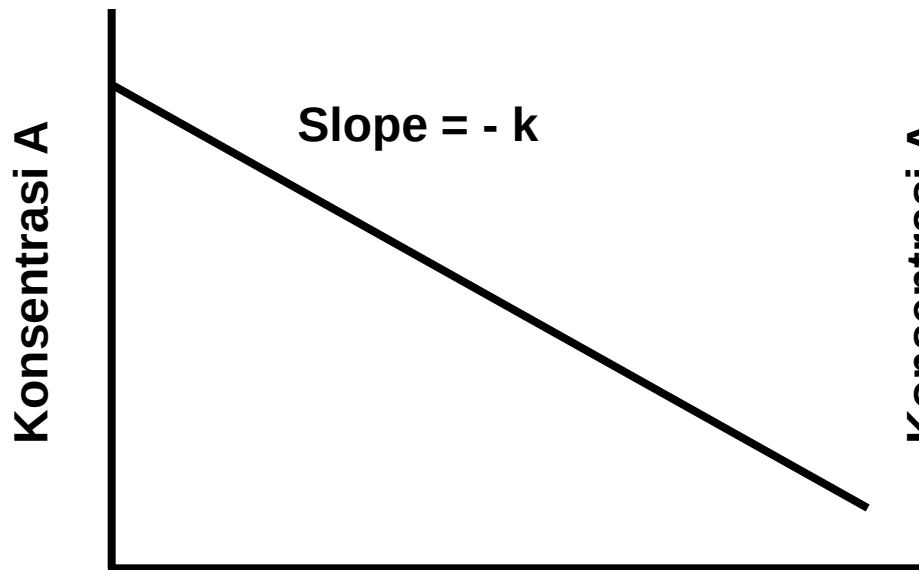
A_0 = konsentrasi A pada waktu ke- 0

A_t = konsentrasi A pada waktu ke- t

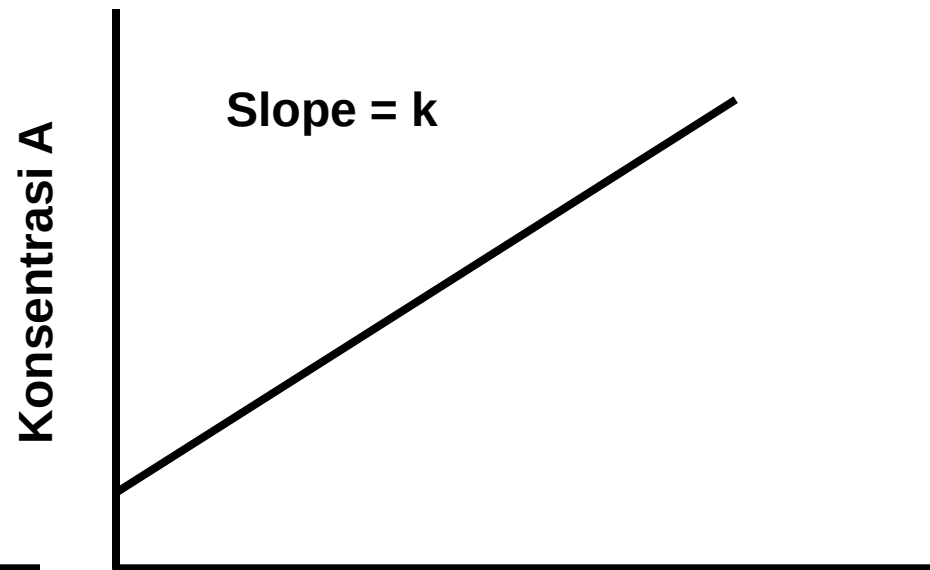
k = konstanta laju reaksi

t = waktu

- Karakteristik dari reaksi orde nol → hubungan linier antara reaktan atau produk dengan waktu



waktu



waktu

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



- Waktu yang dibutuhkan untuk meluruh/hilangnya zat, menjadi separuhnya.
- Untuk orde nol :

$$t_{1/2} = \frac{A_o}{2k_o}$$

Waktu kadaluwarsa (t_{90})

- Waktu suatu zat telah terurai sampai tinggal 90% dari konsentrasi mula-mula (yaitu , terurai 10%).
- Untuk orde nol :

$$t_{90} = \frac{0,1 \cdot A_o}{k_o}$$

- Untuk reaksi orde 1 :

$$\frac{dA}{dt} = -k [A]^1$$

$$\frac{dA}{dt} = -k [A]$$

$$\int_0^t \frac{dA}{dt} = - \int_0^t k [A]$$

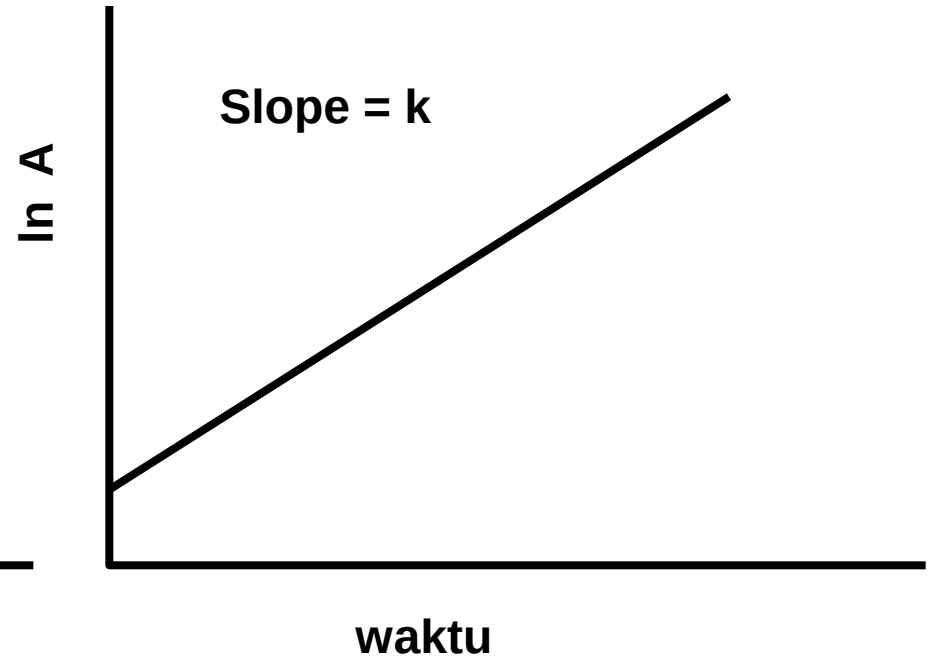
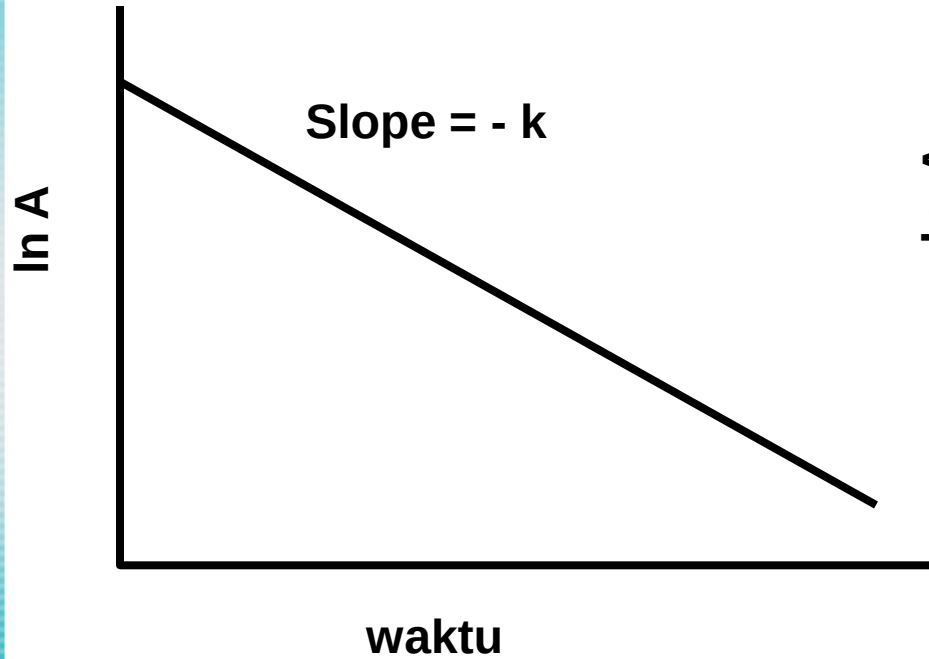
$$\int_0^t \frac{dA}{[A]} = -k \int_0^t dt$$

$$\int_0^t \frac{1}{A} dA = -kt$$

$$\ln \frac{A_t}{A_0} = -kt$$

$$\ln A_t = \ln A_0 - kt$$

- Karakteristik orde I :



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



- Waktu yang dibutuhkan untuk meluruh/hilangnya zat, menjadi separuhnya.
- Untuk orde pertama :

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{k}$$

Waktu kadaluwarsa (t_{90})

- Waktu suatu zat telah terurai sampai tinggal 90% dari konsentrasi mula-mula (yaitu , terurai 10%).
- Untuk orde pertama:

$$t_{90} = \frac{0,105}{k}$$

Reaksi orde kedua

$$-\frac{d(A)}{dt} = -\frac{d(B)}{dt} = k(A)(B)$$

$$-\frac{dx}{dt} = k(a-x)(b-x)$$

jika $a = b$

$$\frac{dx}{dt} = k(a-x)^2$$

$$\int_0^x \frac{dx}{(a-x)^2} = k \int_0^t dt$$

$$\left(\frac{1}{a-x} \right) - \left(\frac{1}{a-0} \right) = kt$$

$$\frac{x}{a(a-x)} = kt$$

$$k = \frac{1}{at} \left(\frac{x}{a-x} \right)$$



jika $a \neq b$

$$\int_0^x \frac{dx}{(a-x)(b-x)} = k \int_0^t dt$$

$$\frac{2,303}{a-b} \log \frac{b(a-x)}{a(b-x)} = kt$$

$$k = \frac{2,303}{t(a-b)} \log \frac{b(a-x)}{a(b-x)}$$

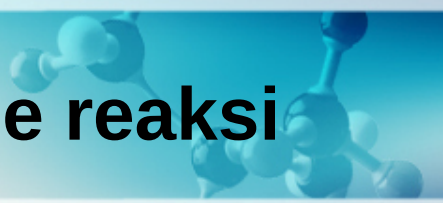
Waktu paruh ($t_{1/2}$)



- Waktu yang dibutuhkan untuk meluruh/hilangnya zat, menjadi separuhnya.
- Untuk orde kedua :

$$t_{1/2} = \frac{1}{a \cdot k}$$

Menentukan Orde reaksi

A graphic of a molecular structure, possibly a hydrocarbon, rendered in a blue and white color scheme, positioned behind the title bar.

- Metode substitusi
- Metode Grafik
- Metode waktu paruh

1) Metode substitusi

A decorative graphic showing a molecular structure with blue and white spheres connected by lines, set against a blue gradient background.

- Data yang terkumpul dari hasil pengamatan jalannya suatu reaksi disubstitusikan ke dalam bentuk integral dari berbagai orde reaksi.
- Jika menghasilkan k yang konstan , maka reaksi dianggap berjalan sesuai orde tersebut

2) Metode Grafik



Plot data pada grafik

- Untuk orde nol :
Konsentrasi diplot terhadap waktu linear
- Untuk orde pertama :
Log konsentrasi diplot terhadap waktu linear
- Untuk orde kedua :
 $1/\text{konsentrasi}$ diplot terhadap waktu linear

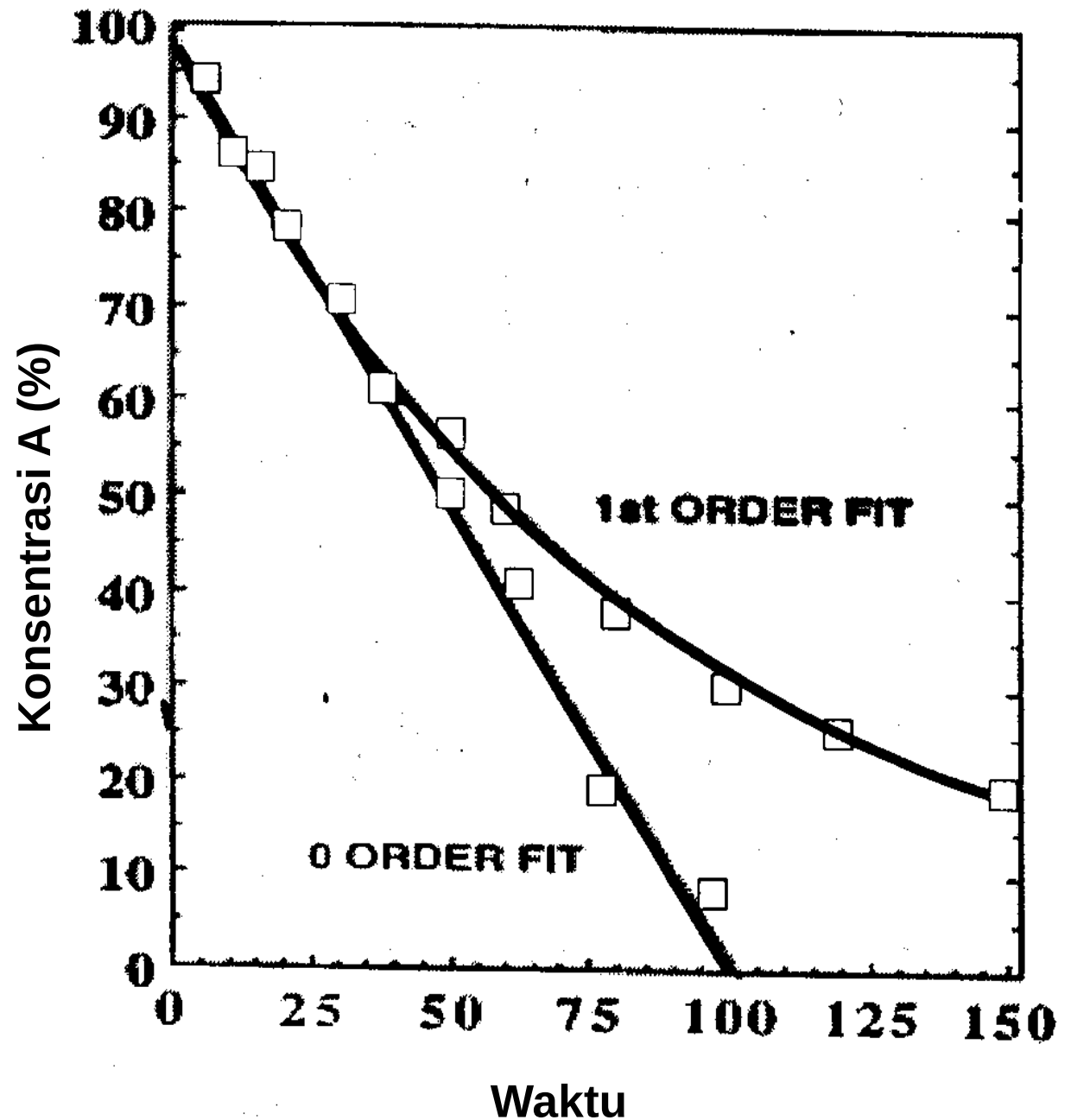
3) Metode waktu paruh

- Hubungan antara waktu paruh dengan seluruh konsentrasi jika seluruh reaktan sama :

$$t_{1/2} \propto \frac{1}{a^{n-1}}$$

n adalah orde reaksi

**Orde Nol
Atau
Orde
Pertama??**



■ **Cara menentukan apakah suatu reaksi orde 0 atau 1**

- 1. Plot data sumbu y (misal : konsentrasi A) vs sumbu x (waktu) → regresi linier : $y = bx + a$ → didapatkan juga R^2 (koefisien korelasi).**
- 2. Plot data $\ln A$ (sumbu y) vs waktu (sumbu x) → regresi linier : $y = bx + a$ → didapatkan juga R^2**
- 3. Bandingkan kedua R^2 tersebut, yang paling mendekati $R^2 = 1$ → dipilih. Jika (1) yang mempunyai R^2 lebih mendekati 1 maka orde 0. Jika (2) mempunyai R^2 lebih mendekati 1 maka orde 1**

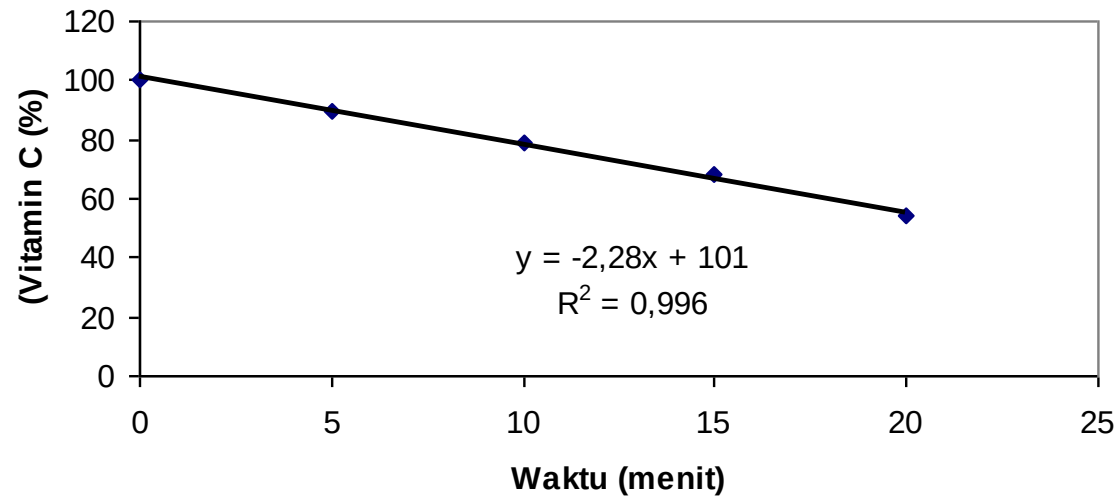
Contoh :

Suatu percobaan tentang kerusakan vitamin C selama proses sterilisasi ($121,1^{\circ}\text{C}$) sari buah anggur memperoleh data sebagai berikut :

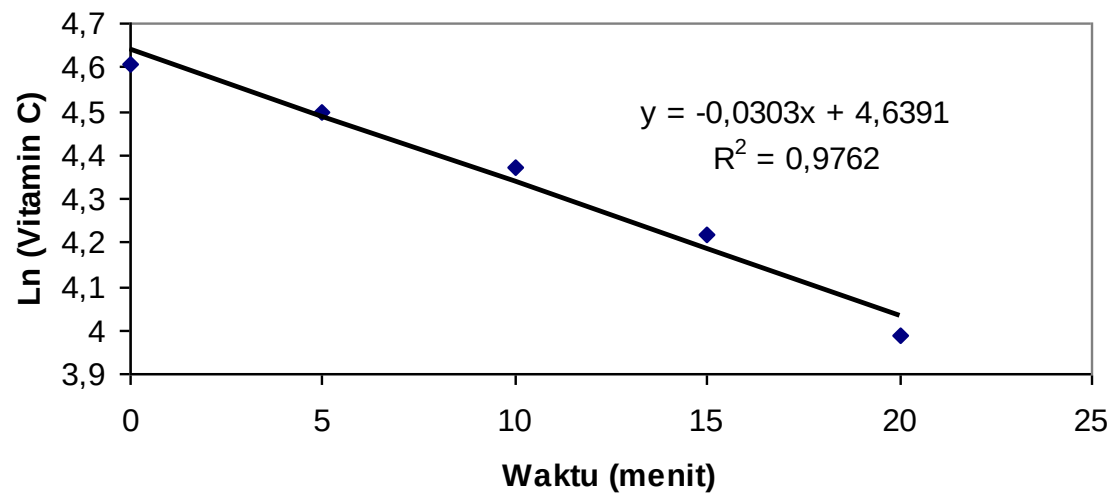
Waktu (menit)	Kadar Vit. C (%)
0	100
5	90
10	79
15	68
20	54

Tentukan nilai k dan perkirakan pada waktu berapakah kadar vitamin C sebesar 50 % !

Plot Orde 0



Plot Orde 1



Dari kedua plot (orde 0 dan orde 1) maka diperoleh :

- Plot orde 0 : $y = - 2,28x + 101$ dengan $R^2 = 0,996$
- Plot orde 1 : $y = - 0,0303x + 4,6391$ dengan $R^2 = 0,9762$

Dari kedua plot tersebut maka reaksi tersebut mempunyai orde 0 $\rightarrow R^2$ lebih mendekati 1 dibanding R^2 pada plot orde 1. Sehingga persamaan reaksi penurunan vitamin C adalah :

$$y = - 2,28x + 101$$

dari persamaan tersebut didapatkan slope = - 2,28 dan intersep = 101

slope = k $\rightarrow$ nilai k = 2,28 / menit

Tanda negatif (-) atau positif (+) pada slope persamaan menunjukkan : jika (+) berarti penambahan; jika (-) berarti pengurangan

- **Persamaan : $y = - 2,28x + 101$**

$$50 = - 2,28x + 101$$

$$- 51 = - 2,28x$$

$$x = 22,37$$

Jadi kadar vitamin C tinggal 50 % ketika waktu sterilisasi 22,37 menit.

PENGARUH SUHU TERHADAP LAJU REAKSI

■ PERSAMAAN ARRHENIUS

$$k_0 = A_0 \cdot e^{-\frac{E_a}{RT_0}} \quad k = A_0 \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$$
$$\frac{k}{k_0} = e^{-\frac{E_a}{R} \left[\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right]}$$
$$k = k_0 \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}} = k_0 \cdot e^{-\frac{E_a}{R} \left[\frac{1}{T} \right]}$$

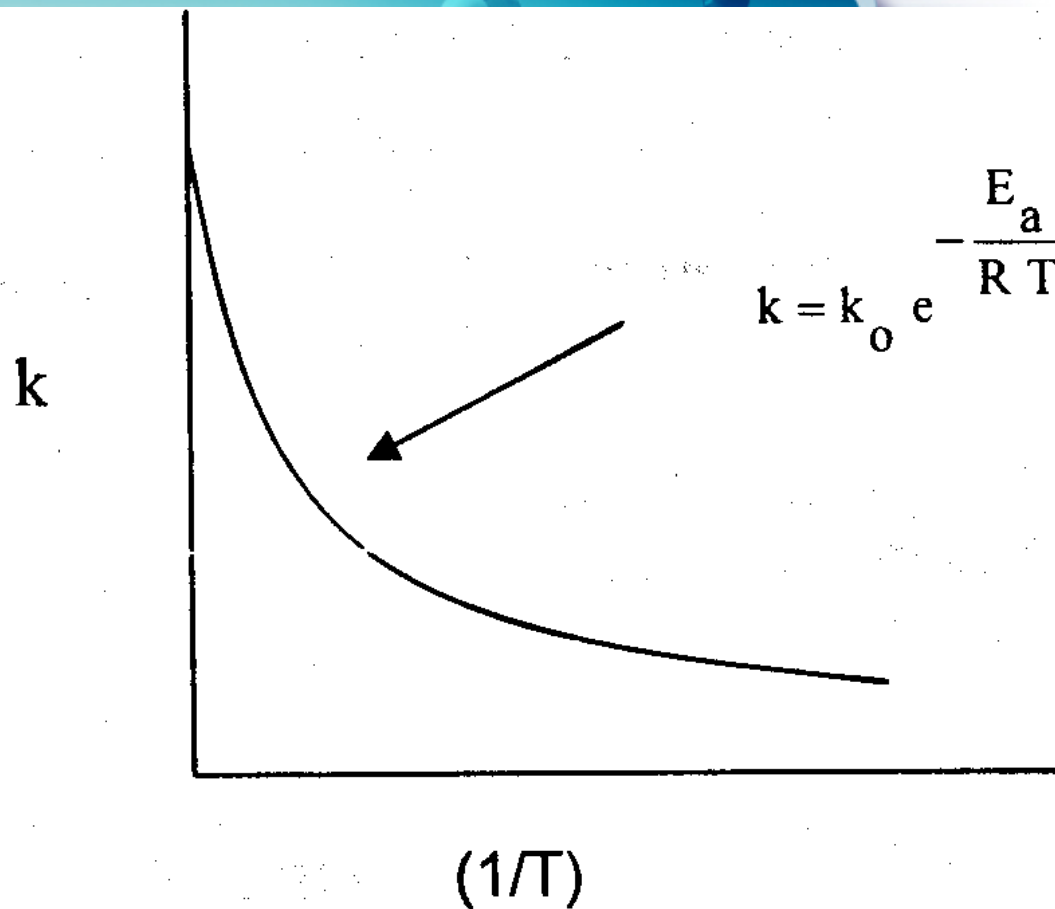
k = konstanta laju reaksi

k_0 = faktor frekuensi reaksi

R = konstanta gas (1,987 kal / g-mole K)

E_a = energi aktivasi, yang nilainya dianggap konstan pada suatu kisaran suhu tertentu

- Energi aktivasi diartikan sebagai suatu tingkat energi minimum yang diperlukan untuk memulai suatu reaksi.



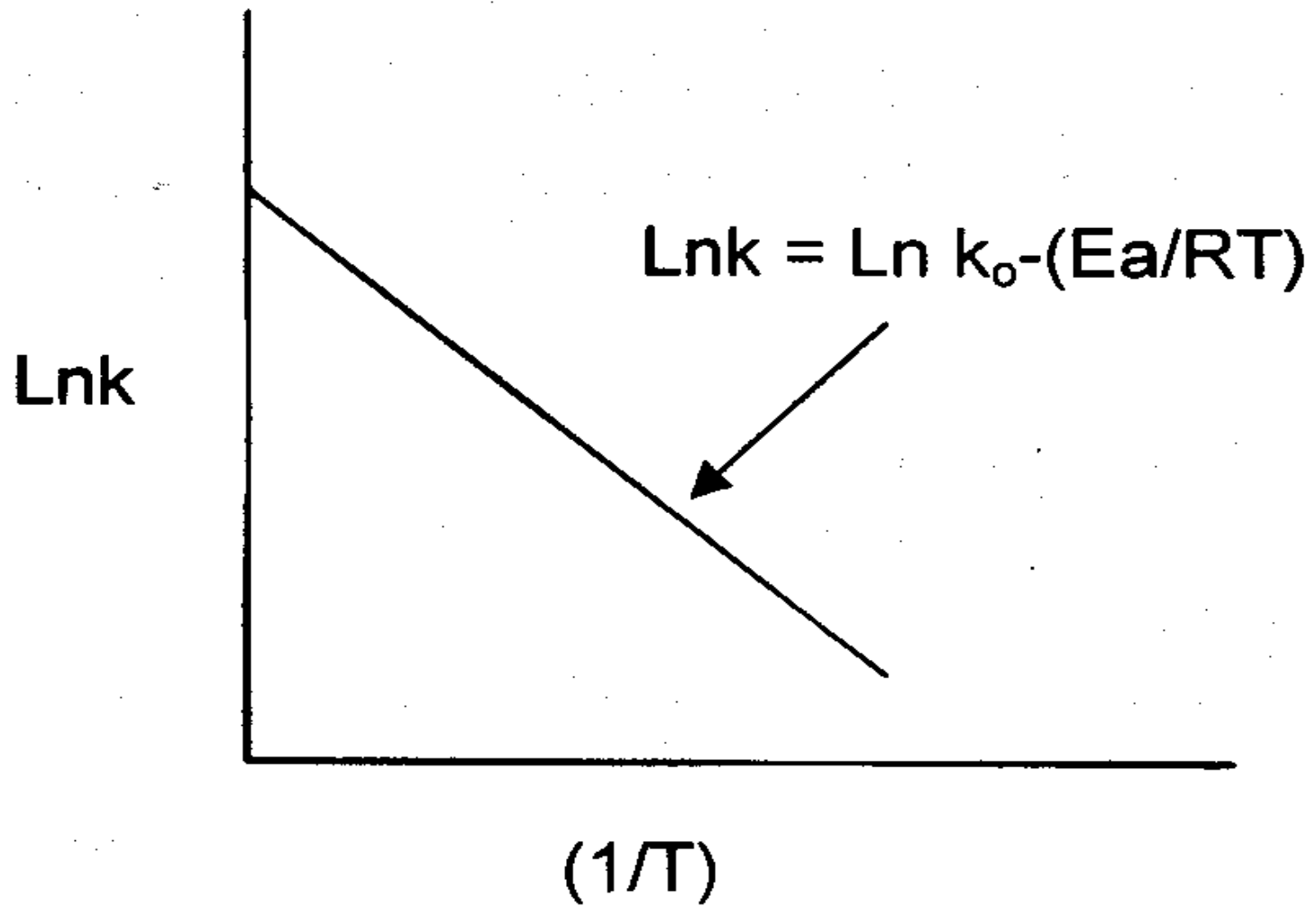
Gambar 3. Perubahan nilai k terhadap perubahan suhu (T) yang dinyatakan sebagai hubungan Arrhenius



- **Persamaan Arrhenius juga dapat dinyatakan dalam bentuk :**

$$\ln k = \ln k_0 - \frac{E_a}{R} \left[\frac{1}{T} \right]$$

Persamaan di atas merupakan persamaan garis lurus (linier), dengan $1/T$ sebagai sumbu X dan $\ln k$ sebagai sumbu Y. Dengan demikian, slope dari kurva tersebut adalah $- E_a / R$.



Gambar 4. Hubungan Arrhenius



Q_{10}

- **Q_{10} didefinisikan sebagai berapa kali perubahan laju reaksi jika suhu berubah 10°C . Jika laju reaksi meningkat menjadi 2 kalinya saat suhu dinaikkan 10°C , maka $Q_{10} = 2$.**
- **Untuk reaksi perubahan warna dan flavor secara enzimatis, degradasi pigmen natural, pencoklatan non enzimatis, dan laju pertumbuhan mikrobial biasanya besarnya $Q_{10} = 2$.**

k_1 = konstanta laju reaksi pada T_1

k_2 = konstanta laju reaksi pada T_2

dari definisi Q_{10} :

$$k_2 = k_1 [Q_{10}]^{\frac{(T_1 - T_2)}{10}}$$

$$\ln \left(\frac{k_2}{k_1} \right) = \frac{T_2 - T_1}{10} \ln Q_{10}$$

Substitusi $k_2 = k$; $k_1 = k_0$; $T_2 = T$; dan $T_1 = T_0$
dalam persamaan Arrhenius

$$\frac{k}{k_1} = e^{\left(-\frac{E_a}{R} \right) \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)}$$

$$\ln \left(\frac{k_2}{k_1} \right) = - \frac{Ea}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\ln \left(\frac{k_2}{k_1} \right) = - \frac{Ea}{R} \left(\frac{T_1 - T_2}{T_2 T_1} \right)$$

substitusi persamaan Q_{10}

$$\left(\frac{Ea}{R} \right) = \frac{\ln (Q_{10})}{10} T_2 T_1$$

$$Q_{10} = e^{\left(\frac{Ea}{R} \right) \left(\frac{10}{T_1 T_2} \right)}$$

Nilai Z

- Nilai z didefinisikan sebagai perubahan suhu yang diperlukan untuk mengubah laju reaksi sebesar 1 log cycle.

$$k_2 = k_1 (10)^{\frac{(T_2 - T_1)}{z}}$$
$$\ln \left[\frac{k_2}{k_1} \right] = \frac{T_2 - T_1}{z} \ln (10)$$

dari persamaan di atas dan persamaan arrhenius :

$$\frac{\ln (10)}{z} = \left[\frac{E_a}{R} \right] \left[\frac{1}{T_2 T_1} \right]$$
$$z = \frac{\ln (10)}{\left(\frac{E_a}{R} \right)} T_1 T_2$$

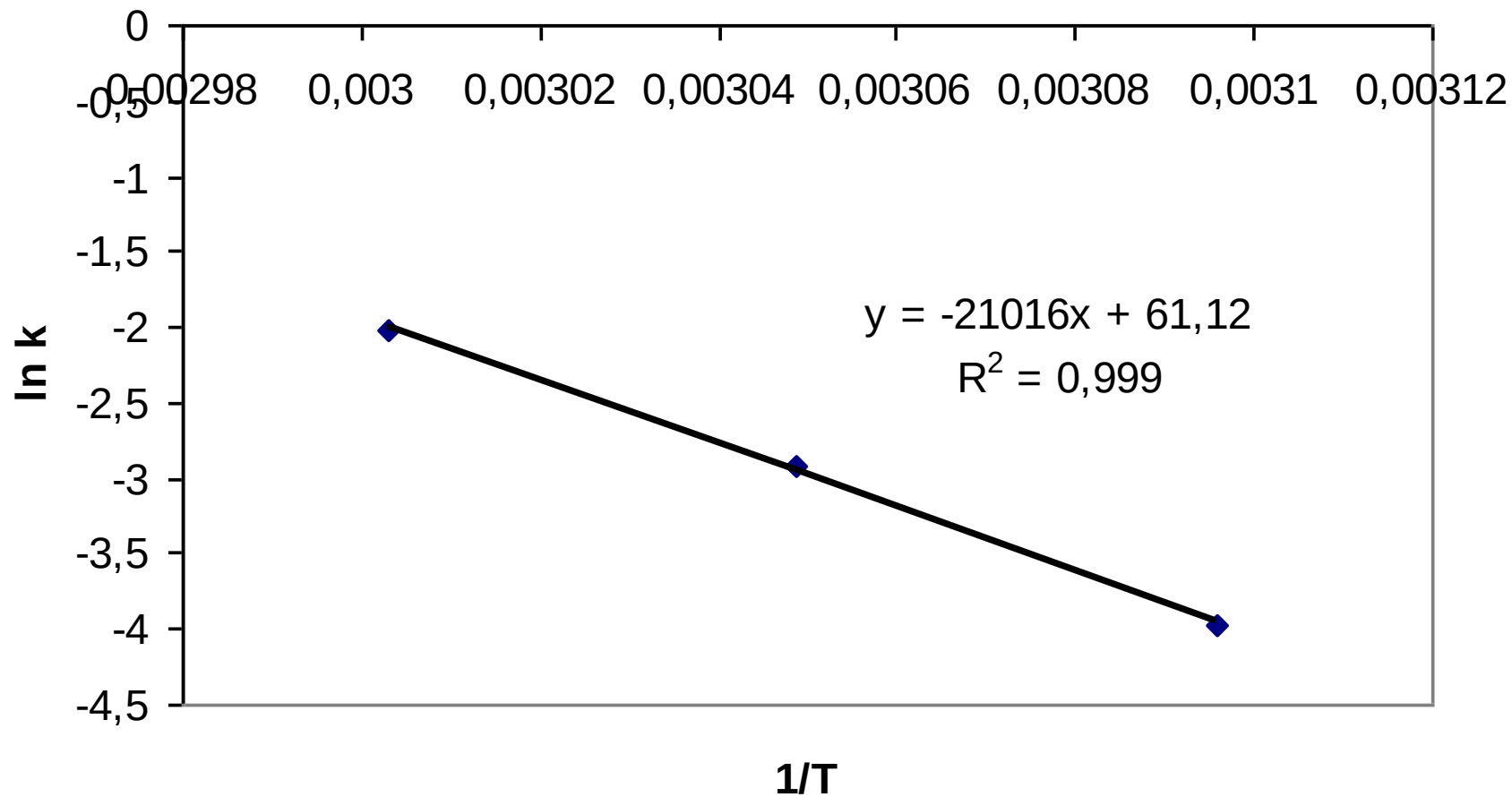
Contoh :

Kinetika reaksi inaktivasi enzim polifenol oksidase pada jamur mengikuti orde 1 dan konstanta laju reaksinya pada 50 °C, 55 °C, dan 60 °C adalah 0,019; 0,054; dan 0,134 / menit. Tentukan energi aktivasi, nilai z, dan Q_{10} !

Jawab :

Suhu (°C)	T (°K)	1 / T	K (1/menit)	ln k
50	323	0,003096	0,019	- 3,96332
55	328	0,003049	0,054	- 2,91877
60	333	0,003003	0,134	- 2,00992

Regresi linier 1 / T (sumbu x) vs ln k (sumbu y)



Slope = - 21016

- Ea / R = - 21016 → Ea = 21016 × 1,987
= 41758,792 kal / gmol
= 41,76 kkal / gmol

$$Q_{10} = e^{\left(\frac{E_a}{R}\right)\left(\frac{10}{T_1 T_2}\right)}$$

$$\ln (Q_{10}) = 10 \left(\frac{E_a}{R}\right) \left(\frac{1}{T_1 T_2}\right)$$

$$= 10 (21016) \frac{1}{(323) (333)} = 1,95$$

$$Q_{10} = 7,028$$



$$z = \frac{\ln(10)}{E_a / R} T_1 T_2$$
$$= \frac{\ln(10)}{21016} (323 \times 333) = 11,8 ^\circ\text{C}$$

- Penyedap rasa berbentuk bubuk dalam kemasan sachet akan mengalami penurunan mutu aroma selama penyimpanan. Pengujian aroma selama penyimpanan dilakukan dengan uji sensoris. Data skor sensori penyedap rasa tersebut adalah :

Suhu Pengujian (°C)	Waktu (hari)	Skor Sensori
40	0	8
	3	7,93
	6	7,86
	9	7,83
	12	7,79
45	0	8
	3	7,86
	6	7,72
	9	7,59
	12	7,41
50	0	8
	3	7,69
	6	7,31
	9	7,03
	12	6,66

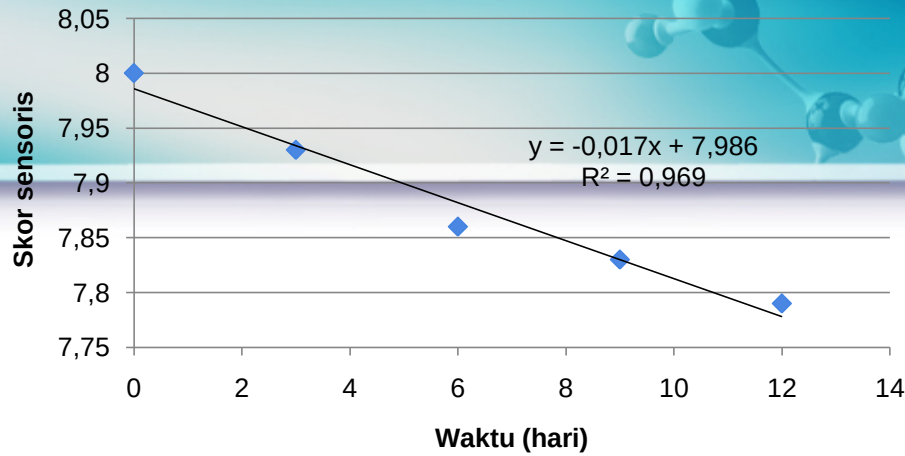


Pertanyaan :

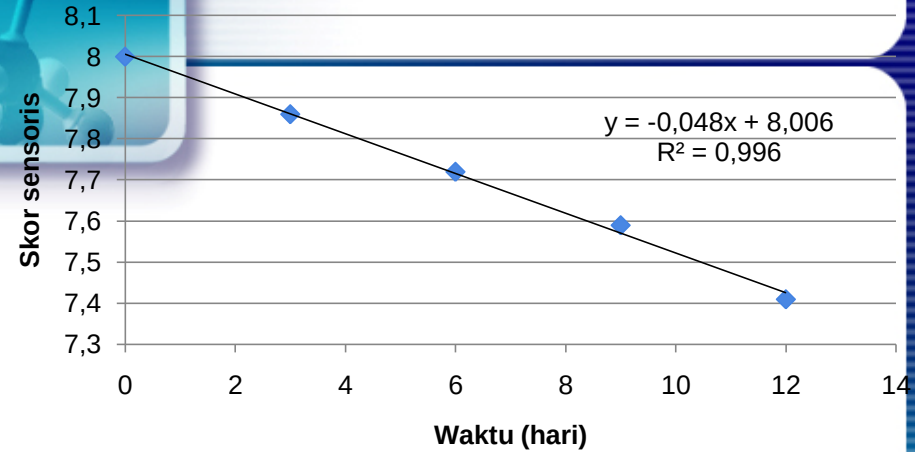
1. Tentukan persamaan kinetika reaksi penurunan aroma selama penyimpanan! Tentukan juga orde reaksinya!
2. Tentukan nilai k untuk masing-masing suhu pengujian!
3. Tentukan energi aktivasi! Gunakan plot Arrhenius!
4. Tentukan Q_{10} !

Jawab :

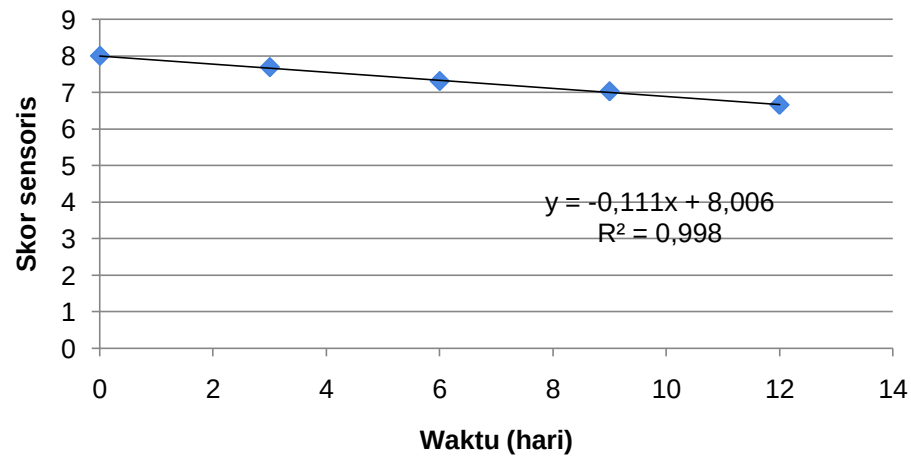
Plot Orde 0 suhu 40 C



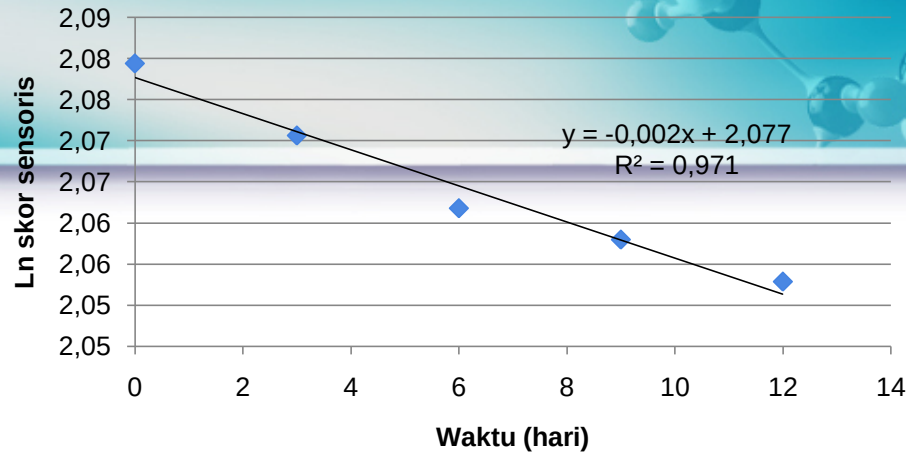
Plot Orde 0 Suhu 45 C



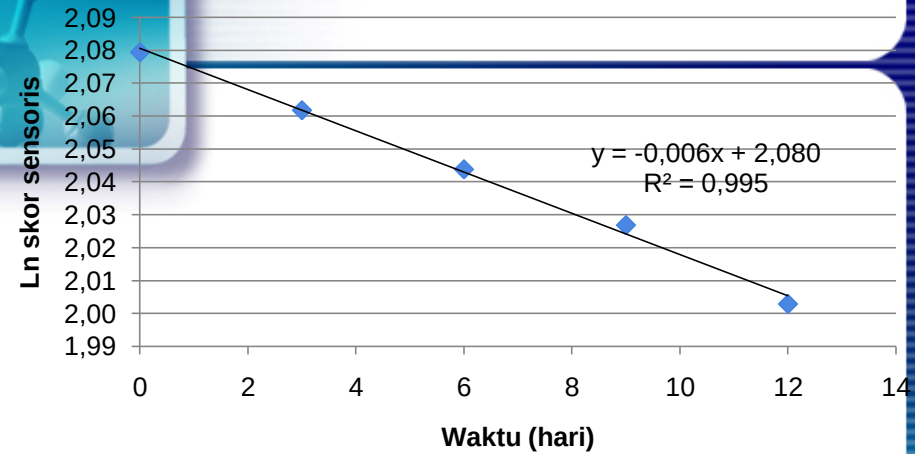
Plot Orde 0 Suhu 50 C



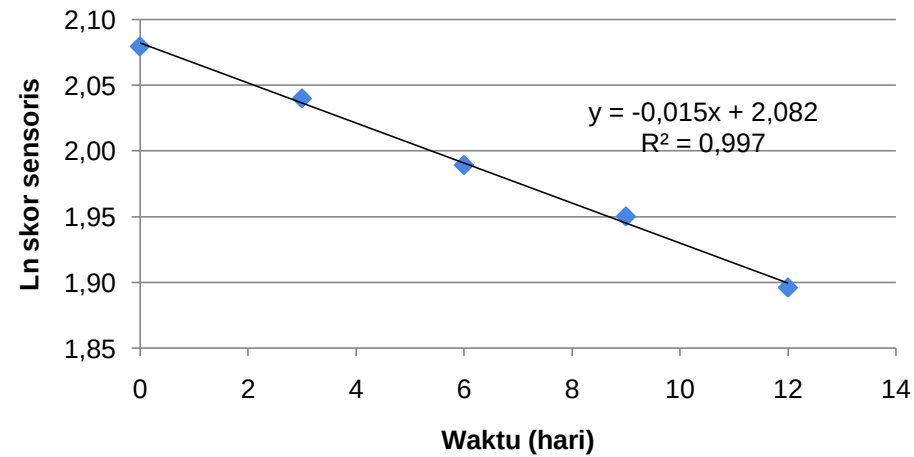
Plot Orde 1 Suhu 40 C



Plot Orde 1 Suhu 45 C



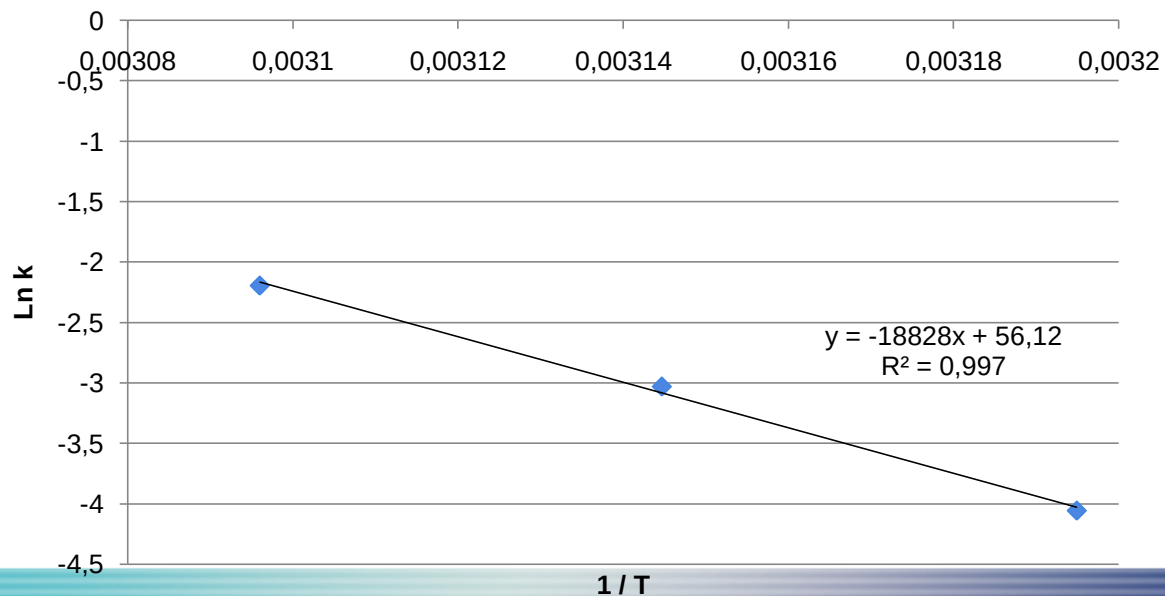
Plot Orde 1 Suhu 50 C



Dipilih orde 0 karena nilai R^2 lebih mendekati 1. Nilai k masing-masing suhu :

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	k	Suhu (K)	1 / T	Ln k
40	0,0173	313	0,00319	- 4,057
45	0,0483	318	0,00314	- 3,030
50	0,1113	323	0,00309	- 2,196

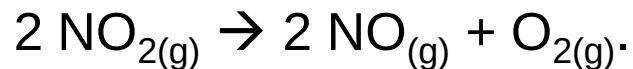
Plot Arrhenius



Evaluasi



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



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 !

Evaluasi



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



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 ?

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

Thank You !

