

Kimia  
Untuk SMA/MA  
Kelas XI

Universitas Lampung



# Buku Ajar

## LAJU REAKSI



XI

Penulis  
**NILUH KARANG SASTRI Y**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadapan Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga buku ajar “Laju Reaksi” ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku ajar ini disusun sebagai media pembelajaran yang bertujuan membantu peserta didik memahami konsep dasar kinetika kimia secara runtut, khususnya mengenai konsep laju reaksi, laju reaksi rata-rata, dan laju reaksi sesaat.

Dalam penyajiannya, materi disusun dengan bahasa yang sederhana dan dilengkapi dengan penjelasan konsep yang dekat dengan fenomena sehari-hari. Hal ini diharapkan dapat mempermudah peserta didik dalam membangun pemahaman konseptual sekaligus menghubungkan materi laju reaksi dengan pengalaman nyata di sekitar mereka. Selain itu, contoh soal dan latihan diberikan pada setiap subbab untuk memperkuat pemahaman serta melatih keterampilan analitis siswa.

Penyusunan buku ajar ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, masukan, serta motivasi selama proses penyusunan buku ajar ini.

Penulis menyadari bahwa buku ajar ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan penyusunan materi di masa mendatang. Besar harapan penulis bahwa buku ajar ini dapat memberikan manfaat bagi peserta didik, pendidik, serta semua pihak yang ingin mempelajari konsep laju reaksi secara lebih mendalam.

Bandar Lampung, 6 Desember 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>2</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>3</b>
A. Dimensi Profil Lulusan .....	4
B. Tujuan Pembelajaran.....	4
C. Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran .....	5
D. Pemahaman Bermakna.....	6
E. Materi Ajar .....	6
Laju Reaksi .....	7
Laju Reaksi Rata-Rata .....	10
Laju Reaksi Sesaat .....	13
<b>UJI PEMAHAMAN KONSEP .....</b>	<b>16</b>
<b>GLOSARIUM .....</b>	<b>19</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>21</b>

## A. DIMENSI PROFIL LULUSAN

Dimensi	Elemen	Subelemen
Keimanan dan Ketakwaan Terhadap Tuhan Yang Maha Esa	Mensyukuri keteraturan ciptaan Tuhan Yang Maha Esa	Menyadari keteraturan laju reaksi sebagai wujud kebesaran Tuhan, serta menyadari bahwa ilmu kimia merupakan hasil pemikiran kreatif manusia yang kebenarannya bersifat tentatif.
Penalaran Kritis	Menganalisis	Mengajukan pertanyaan dan mengidentifikasi data perubahan konsentrasi terhadap waktu untuk menentukan laju reaksi sesaat dan laju reaksi rata-rata.
Kolaborasi	Bekerja sama	Berpartisipasi aktif dalam kelompok untuk membahas hasil perhitungan laju reaksi sesaat dan laju reaksi rata-rata serta menyepakati kesimpulan bersama.
Komunikasi	Komunikasi	Mengomunikasikan hasil perhitungan laju reaksi sesaat dan laju reaksi rata-rata secara lisan atau tertulis dengan tepat.

## B. TUJUAN PEMBELAJARAN

1. Menyadari adanya keteraturan dari sifat laju reaksi sebagai wujud kebesaran Tuhan Yang Maha Esa dan pengetahuan tentang adanya keteraturan tersebut sebagai hasil pemikiran kreatif manusia yang kebenarannya bersifat tentatif.
2. Menunjukkan perilaku kerjasama, santun, toleran, cinta damai dan peduli lingkungan serta hemat dalam memanfaatkan sumber daya alam.
3. Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu, disiplin, jujur, objektif, terbuka, mampu membedakan fakta dan opini, ulet, teliti, bertanggung jawab, kritis,

kreatif, inovatif, demokratis, komunikatif) dalam merancang dan melakukan percobaan serta berdiskusi yang diwujudkan dalam sikap sehari-hari.

4. Menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan menentukan orde reaksi berdasarkan data hasil percobaan.
5. Merancang, melakukan, dan menyimpulkan serta menyajikan hasil percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan orde reaksi.

### C. KRITERIA KETERCAPAIAN TUJUAN PEMBELAJARAN

1. Menunjukkan rasa syukur dengan adanya keteraturan kecepatan suatu reaksi kimia di alam sebagai wujud kebesaran Tuhan Yang Maha Esa, sehingga memacu pemikiran kreatif manusia untuk menemukan pengetahuan tentang laju reaksi.
2. Menunjukkan perilaku kerjasama saat diskusi kelompok terkait pencarian informasi tentang laju reaksi.
3. Menunjukkan rasa ingin tahu dengan mengajukan pertanyaan dalam pembelajaran terhadap materi konsep laju reaksi, laju reaksi sesaat, dan laju reaksi rata rata.
4. Menunjukkan sikap teliti dalam menuliskan perhitungan laju reaksi dan membuat grafik laju reaksi sesaat.
5. Mengamati wacana terkait fenomena perkaratan besi.
6. Mengajukan pertanyaan berdasarkan wacana terkait fenomena perkaratan besi.
7. Mengidentifikasi gambar submikroskopik pada reaksi  $A + B \rightarrow C + D$ .
8. Mengidentifikasi perubahan jumlah molekul A, molekul B, molekul C, dan molekul D dari waktu ke waktu.
9. Mengidentifikasi grafik laju reaksi  $A + B \rightarrow C + D$ .
10. Mengidentifikasi jumlah perubahan konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi dari waktu 0-50 detik.
11. Mengidentifikasi hubungan antara konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi terhadap waktu.
12. Menuliskan persamaan laju reaksi untuk pereaksi dan hasil reaksi dari reaksi  $A + B \rightarrow C + D$ .
13. Menuliskan persamaan laju reaksi dari beberapa reaksi kimia.
14. Menuliskan persamaan umum laju reaksi.

15. Menyimpulkan pengertian laju reaksi.
16. Menjelaskan pengertian laju reaksi.
17. Mengamati wacana terkait speedometer kendaraan motor saat sedang melaju..
18. Mengajukan pertanyaan berdasarkan wacana terkait speedometer kendaraan motor saat sedang melaju.
19. Mengidentifikasi jumlah perubahan konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi dari reaksi dekomposisi  $H_2O_2$ .
20. Menuliskan rumus laju reaksi pereaksi dan hasil reaksi dari reaksi dekomposisi  $H_2O_2$ .
21. Menghitung laju reaksi pereaksi dan hasil reaksi dari reaksi dekomposisi  $H_2O_2$ .
22. Mengidentifikasi grafik perubahan konsentrasi  $H_2O_2$  terhadap waktu.
23. Menentukan garis singgung pada saat waktu tertentu pada grafik laju reaksi  $H_2O_2$ .
24. Menghitung kemiringan garis singgung pada saat waktu tertentu pada grafik laju reaksi  $H_2O_2$ .
25. Menghitung laju reaksi  $H_2O_2$  pada selang waktu tertentu.
26. Menghitung kemiringan garis singgung pada saat waktu tertentu pada grafik laju reaksi dari beberapa reaksi kimia.
27. Menghitung laju reaksi pada selang waktu tertentu dari beberapa reaksi kimia.
28. Menjelaskan cara menentukan laju reaksi sesaat.
29. Menjelaskan cara menentukan laju reaksi rata-rata.
30. Menyimpulkan pengertian laju reaksi sesaat.
31. Menyimpulkan pengertian laju reaksi rata-rata.
32. Menjelaskan pengertian laju reaksi sesaat.
33. Menjelaskan pengertian laju reaksi rata-rata.

#### D. PEMAHAMAN BERMAKNA

Laju reaksi menentukan seberapa cepat perubahan kimia terjadi di sekitar kita, dan membantu kita memahami mengapa beberapa reaksi kimia berlangsung cepat, sedangkan reaksi kimia yang lain berlangsung lambat.

#### E. MATERI AJAR

## LAJU REAKSI

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering menjumpai proses kimia yang terjadi dengan kecepatan berbeda. Salah satu contohnya adalah **proses perkaratan paku**. Ketika paku ditempatkan dalam lingkungan yang berbeda seperti air jeruk nipis, air biasa, air yang dididihkan, minyak tanah, ataupun udara terbuka, waktu munculnya karat tidak sama. Ada paku yang cepat berkarat hanya dalam 1–2 hari, namun ada pula yang baru menunjukkan tanda karat setelah lebih dari satu minggu.

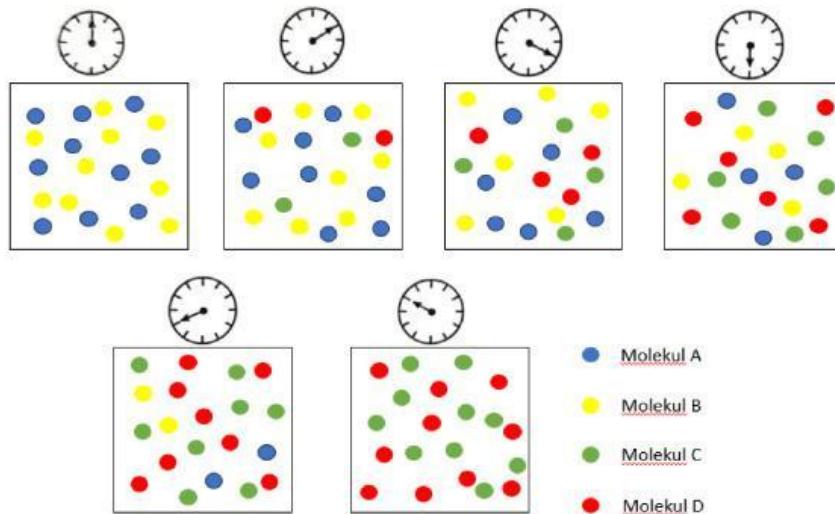


Gambar 1. Perkaratan paku pada berbagai kondisi

Perbedaan ini menunjukkan bahwa reaksi kimia tidak selalu berlangsung dengan kecepatan yang sama. Ada reaksi yang berlangsung cepat, misalnya ledakan kembang api, dan ada reaksi yang berlangsung lambat, misalnya pembusukan makanan, perkaratan besi, atau perubahan warna kayu terkena udara. Untuk menjelaskan seberapa cepat suatu reaksi berlangsung, kita memerlukan konsep yang disebut laju reaksi.

Laju reaksi adalah perubahan konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi setiap satu satuan waktu. Bila konsentrasi pereaksi berkurang cepat, maka reaksi berlangsung cepat. Bila konsentrasi produk bertambah lambat, maka reaksi berlangsung lambat. Laju reaksi membantu kita memahami seberapa cepat suatu reaksi kimia terjadi dan bagaimana perubahan zat berlangsung selama reaksi.

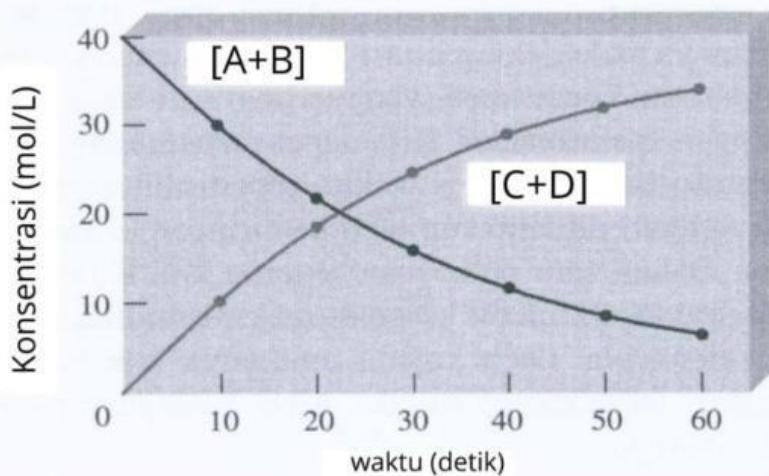
Ketika suatu reaksi kimia terjadi, jumlah partikel pereaksi akan berkurang, sedangkan jumlah partikel hasil reaksi akan bertambah. Perubahan ini dapat diamati secara submikroskopik melalui gambar reaksi  $A + B \rightarrow C + D$  berikut ini:



Gambar 2. Perubahan jumlah molekul  $A + B \rightarrow C + D$  setiap 10 detik

Berdasarkan gambar tersebut, molekul A dan B semakin sedikit dari waktu ke waktu, hal ini terjadi karena molekul A dan B bereaksi untuk membentuk produk C dan D. Sedangkan molekul C dan D semakin banyak seiring bertambahnya waktu, hal ini terjadi karena molekul produk terbentuk ketika A dan B bertumbukan dan mengalami reaksi. Fenomena ini menggambarkan bahwa reaksi kimia terjadi karena pereaksi saling bertumbukan, kemudian membentuk zat baru.

Salah satu cara memahami laju reaksi adalah dengan melihat grafik hubungan konsentrasi terhadap waktu. Grafik ini menunjukkan bagaimana konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi berubah selama reaksi berlangsung. Berikut ini grafik laju reaksi  $A + B \rightarrow C + D$ :



Gambar 3. Grafik laju reaksi  $A + B \rightarrow C + D$

Berdasarkan grafik tersebut, dari waktu 0–50 detik, konsentrasi  $A + B$  menurun, penurunan terjadi karena A dan B dipakai untuk membentuk produk. Sedangkan pada interval waktu yang sama, konsentrasi  $C + D$  meningkat, produk terbentuk semakin banyak seiring berjalannya reaksi. Hal ini berarti konsentrasi pereaksi menurun semakin lama semakin kecil, laju penurunan lebih cepat pada awal reaksi lalu melambat mendekati akhir reaksi. Sedangkan konsentrasi produk meningkat semakin lama semakin besar, laju kenaikan lebih cepat pada awal reaksi, lalu melambat mendekati akhir reaksi.

Karena konsentrasi pereaksi dan hasil reaksi berubah seiring waktu, maka laju reaksi dapat dihitung dengan melihat perubahan konsentrasi per selang waktu tertentu. Berikut ini adalah persamaan laju reaksi:

1. Laju reaksi untuk pereaksi ( $A+B$ )

Laju reaksi pereaksi dinyatakan dengan:

$$\text{Laju} = -\frac{\Delta[A]}{\Delta t} \text{ atau } \text{Laju} = -\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$$

Tanda negatif (-) menunjukkan **konsentrasi berkurang**.

2. Laju reaksi untuk hasil reaksi ( $C+D$ )

Laju reaksi hasil reaksi dinyatakan dengan:

$$\text{Laju} = +\frac{\Delta[A]}{\Delta t} \text{ atau } \text{Laju} = +\frac{\Delta[B]}{\Delta t}$$

Tanda positif (+) menunjukkan **konsentrasi bertambah**.

Untuk reaksi umum:



Laju reaksi dapat dinyatakan sebagai:

$$\text{Laju} = -\frac{1}{a} \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{1}{b} \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = +\frac{1}{c} \frac{\Delta[C]}{\Delta t} = +\frac{1}{d} \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

## LAJU REAKSI RATA-RATA

Saat kita menempuh perjalanan sejauh 10 km dalam waktu 20 menit, kita dapat menghitung bahwa kecepatan rata-rata perjalanan tersebut adalah 30 km/jam. Angka ini diperoleh dari total jarak dibagi total waktu, dan tidak bergantung pada naik turunnya kecepatan di sepanjang perjalanan.



Gambar 4. Speedometer kendaraan motor saat sedang melaju

Dalam kimia, kita juga dapat menentukan seberapa cepat suatu reaksi berlangsung secara keseluruhan, bukan hanya pada suatu saat tertentu. Konsep ini disebut laju reaksi rata-rata.

Laju reaksi rata-rata adalah laju reaksi pada selang waktu tertentu. Laju reaksi rata-rata diukur dari perubahan konsentrasi zat selama selang waktu tertentu.

Untuk memahami laju reaksi rata-rata, kita menggunakan data hasil penguraian  $\text{H}_2\text{O}_2$  berikut:

1 Waktu (detik)	2 $\Delta t$ (detik)	3 [ $\text{H}_2\text{O}_2$ ] (mol/L)	4 [ $\text{H}_2\text{O}$ ] (mol/L)	5 [ $\text{O}_2$ ] (mol/L)	6 Laju Reaksi= $-\Delta[\text{H}_2\text{O}_2]/\Delta t$ (mol/L.detik)
0		2,32	0	0	
	400				$15 \times 10^{-4}$
400		1,72	0,60	0,30	
	400				$10,5 \times 10^{-4}$
800		1,30	1,02	0,51	
	400				$8,0 \times 10^{-4}$
1200		0,98	1,34	0,67	
	400				$6,2 \times 10^{-4}$
1600		0,73	1,59	0,795	
	400				$4,8 \times 10^{-4}$
2000		0,54	1,78	0,890	
	400				$3,8 \times 10^{-4}$
2400		0,39	1,93	0,965	
	400				$2,8 \times 10^{-4}$
2800		0,28	2,04	1,020	

Tabel 1. Data konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  sebagai fungsi waktu

Pada tabel tersebut terlihat bahwa konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  terus berkurang dengan bertambahnya waktu, sementara konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{O}_2$  bertambah. Dari waktu 0–2800 detik,  $[\text{H}_2\text{O}_2]$  menurun dari 2,32 mol/L menjadi 0,28 mol/L. Penurunan ini menunjukkan bahwa  $\text{H}_2\text{O}_2$  diuraikan menjadi produk. Konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}$  naik dari 0 menjadi 2,04 mol/L, konsentrasi  $\text{O}_2$  naik dari 0 menjadi 1,020 mol/L. Hal ini menunjukkan bahwa produk terus terbentuk seiring reaksi berjalan.

Setelah memahami bahwa konsentrasi pereaksi akan berkurang dan konsentrasi produk akan bertambah seiring berlangsungnya reaksi, kita dapat menghitung seberapa cepat perubahan tersebut terjadi dalam selang waktu tertentu. Kecepatan perubahan konsentrasi dalam interval waktu tertentu inilah yang disebut sebagai laju reaksi rata-rata. Untuk menghitungnya secara matematis, kita menggunakan rumus berikut:

- Untuk pereaksi (berkurang):

$$\text{Laju rata-rata} = -\frac{\Delta[\text{pereaksi}]}{\Delta t}$$

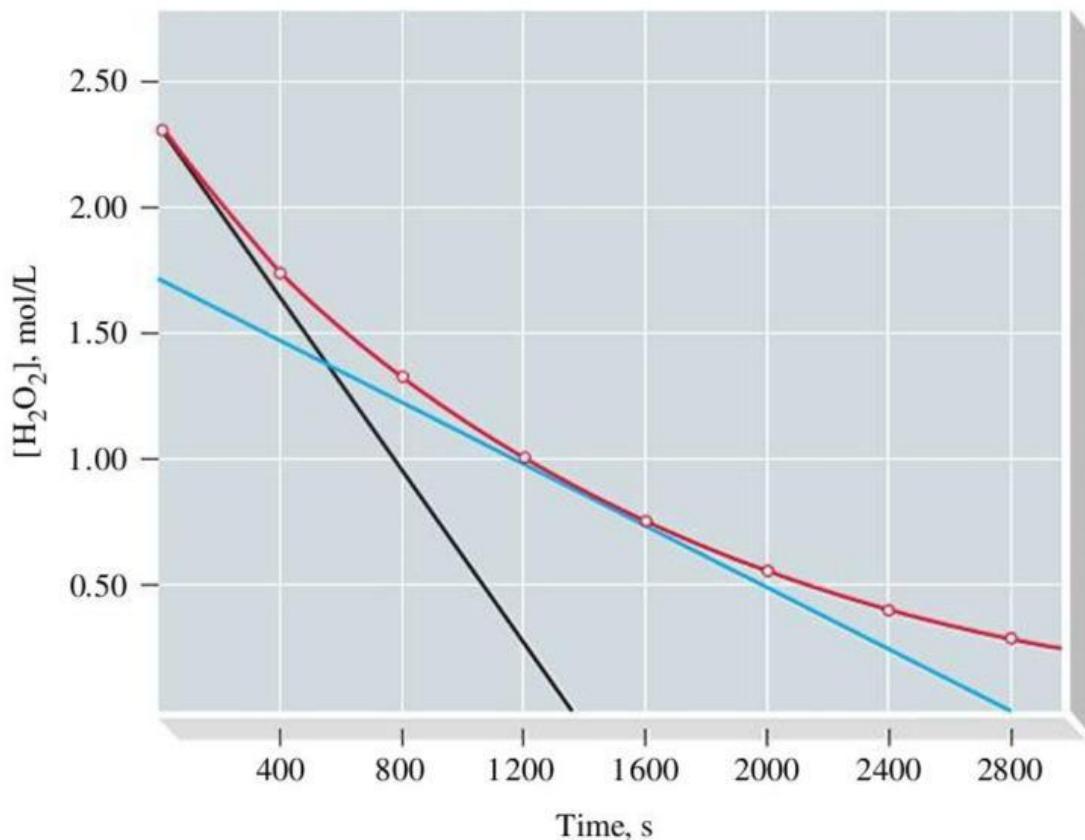
- Untuk hasil reaksi (bertambah):

$$\text{Laju rata-rata} = +\frac{\Delta[\text{hasil reaksi}]}{\Delta t}$$

Berikut ini contoh cara menghitung laju reaksi rata-rata dari data pada tabel 1:

$$\text{Laju rata-rata} = -\frac{\Delta[\text{pereaksi}]}{\Delta t} = -\frac{1.72 - 2.32}{400 - 0} = -\frac{-0.60}{400} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Dengan menggunakan rumus laju reaksi rata-rata, kita dapat menghitung seberapa cepat konsentrasi pereaksi berubah pada setiap selang waktu. Untuk memahami lebih jelas pola penurunan laju reaksi tersebut, kita perlu melihatnya dalam bentuk grafik. Melalui grafik laju reaksi rata-rata  $\text{H}_2\text{O}_2$  berikut, kalian dapat mengamati bagaimana laju reaksi berubah dari satu interval waktu ke interval berikutnya.



Gambar 5. Grafik laju reaksi  $\text{H}_2\text{O}_2$

Grafik perubahan konsentrasi  $\text{H}_2\text{O}_2$  terhadap waktu menunjukkan pola bahwa penurunan terbesar terjadi di awal reaksi, dan penurunan semakin kecil mendekati akhir reaksi. Dengan demikian, laju rata-rata pada selang waktu awal lebih besar daripada selang waktu akhir.

## LAJU REAKSI SESAAT

Ketika melihat speedometer motor, angka yang muncul (misalnya 60 km/jam) menunjukkan kecepatan sesaat, yaitu kecepatan pada satu momen tertentu. Angka ini dapat berubah-ubah dengan cepat.



Gambar 4. Speedometer kendaraan motor saat sedang melaju

Dalam kimia, kita juga ingin mengetahui seberapa cepat reaksi berlangsung pada suatu waktu tertentu, bukan selama selang waktu panjang. Untuk itulah digunakan konsep laju reaksi sesaat.

Laju reaksi sesaat adalah laju reaksi pada saat waktu tertentu. Laju reaksi sesaat diukur pada satu momen tertentu, dan diperoleh dari kemiringan garis singgung pada grafik hubungan konsentrasi dengan waktu.

Untuk memahami laju reaksi rata-rata, kita menggunakan data hasil penguraian  $\text{H}_2\text{O}_2$  berikut:

1

2

3

4

5

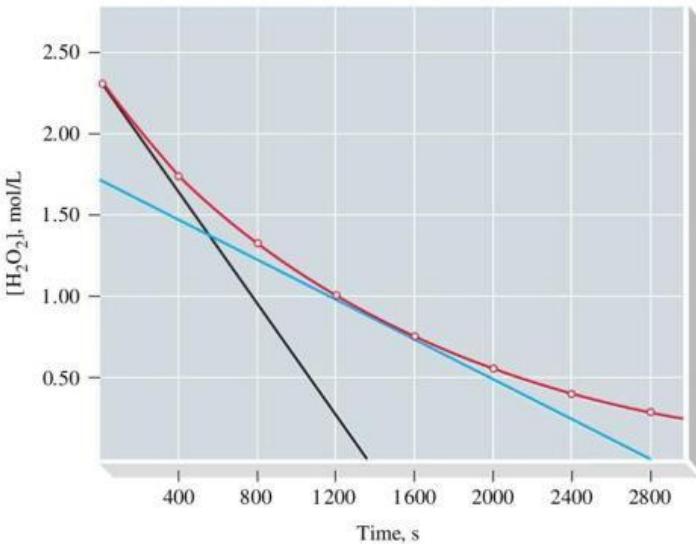
6

Waktu (detik)	$\Delta t$ (detik)	[H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ] (mol/L)	[H <sub>2</sub> O] (mol/L)	[O <sub>2</sub> ] (mol/L)	Laju Reaksi= $-\Delta[H_2O_2]/\Delta t$ (mol/L.detik)
0		2,32	0	0	
	400				$15 \times 10^{-4}$
400		1,72	0,60	0,30	
	400				$10,5 \times 10^{-4}$
800		1,30	1,02	0,51	
	400				$8,0 \times 10^{-4}$
1200		0,98	1,34	0,67	
	400				$6,2 \times 10^{-4}$
1600		0,73	1,59	0,795	
	400				$4,8 \times 10^{-4}$
2000		0,54	1,78	0,890	
	400				$3,8 \times 10^{-4}$
2400		0,39	1,93	0,965	
	400				$2,8 \times 10^{-4}$
2800		0,28	2,04	1,020	

Tabel 1. Data konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebagai fungsi waktu

Sebelum kita menentukan laju reaksi sesaat, kita perlu memahami bahwa perubahan konsentrasi suatu zat terjadi secara terus-menerus dari waktu ke waktu. Perubahan ini tidak selalu konstan pada setiap detik, sehingga perhitungan laju rata-rata saja tidak cukup untuk menggambarkan kecepatan reaksi pada saat tertentu. Oleh karena itu, kita memerlukan cara untuk melihat bagaimana konsentrasi berubah tepat pada sebuah titik waktu, bukan dalam selang waktu yang panjang.

Untuk mengetahui laju reaksi sesaat, kita tidak lagi menghitung perubahan konsentrasi pada selang waktu yang lebar, tetapi berfokus pada keadaan reaksi pada satu titik waktu tertentu. Karena perubahan konsentrasi yang terjadi sangat kecil pada momen tersebut, kita menggunakan grafik konsentrasi terhadap waktu dan menarik garis singgung pada titik waktu yang diinginkan. Garis singgung inilah yang mewakili kemiringan fungsi pada titik tersebut, sehingga dapat digunakan untuk menentukan laju sesaat.



Gambar 5. Grafik laju reaksi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Pada grafik laju reaksi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, garis singgung digambarkan pada beberapa titik waktu untuk menunjukkan bagaimana laju sesaat berubah selama reaksi berlangsung. Garis biru pada grafik menunjukkan garis singgung pada  $t = 0$  detik, sedangkan garis biru lainnya menunjukkan garis singgung pada  $t = 1200$  detik. Kedua garis ini memperlihatkan perbedaan kemiringan yang mencerminkan perubahan laju reaksi sesaat pada awal reaksi dan pada saat reaksi telah berlangsung selama 1200 detik.

Berikut ini langkah untuk menentukan laju reaksi sesaat:

1. Membuat grafik perubahan konsentrasi terhadap waktu berdasarkan data percobaan.
2. Menentukan titik waktu yang akan dihitung laju reaksi sesatunya, misalnya pada  $t = 850$  detik;  $t = 1350$  detik;  $t = 1850$  detik;  $t = 2350$  detik.
3. Menarik garis singgung pada setiap titik waktu tersebut pada grafik.
4. Memilih dua titik yang berada tepat pada garis singgung yang telah dibuat.
5. Mencatat koordinat kedua titik, yaitu dalam bentuk:
  - $(t_1, [H_2O_2]_1)$
  - $(t_2, [H_2O_2]_2)$
6. Menghitung kemiringan garis singgung menggunakan selisih koordinat kedua titik.
7. Tentukan laju reaksi sesaat dengan menggunakan rumus:

$$\text{Laju sesaat} = - \frac{\Delta[\text{pereaksi}]}{\Delta t} \quad \text{atau} \quad \text{Laju sesaat} = + \frac{\Delta[\text{hasil reaksi}]}{\Delta t}$$