



# Mempertahakan Kualitas Bahan dan Optimalisasi Produk Pada Reaksi Kimia Melalui Pengendalian Laju Reaksi

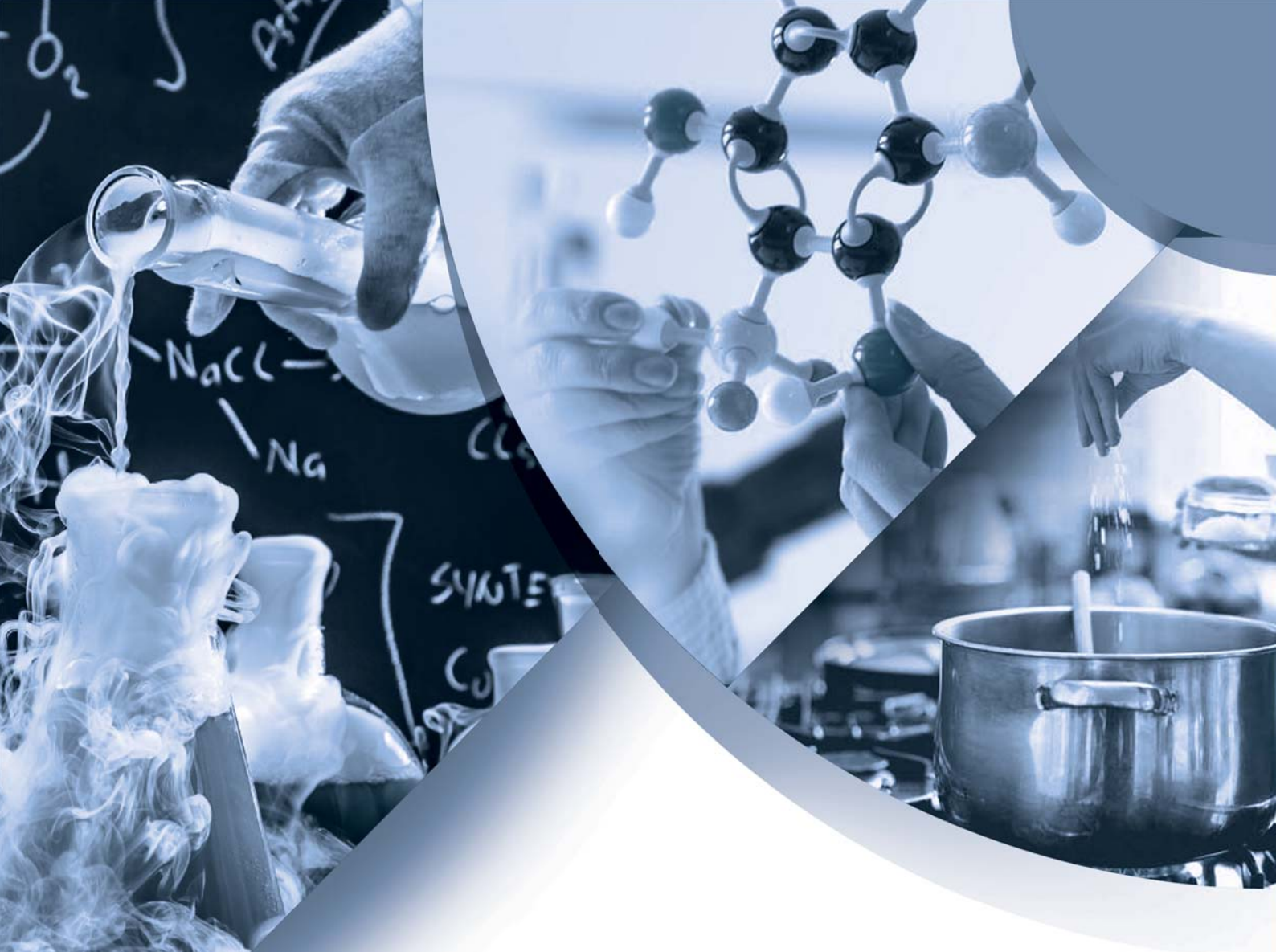
KIMIA PAKET C  
SETARA SMA/MA  
KELAS XI

MODUL TEMA 7



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan  
Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat  
Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan  
Tahun 2018





# Mempertahakan Kualitas Bahan dan Optimalisasi Produk Pada Reaksi Kimia Melalui Pengendalian Laju Reaksi

**MODUL TEMA 7**

KIMIA PAKET C  
SETARA SMA/MA  
KELAS XI



Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan  
Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat  
Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan  
Tahun 2018

Kimia Paket C - Setara SMA/MA kelas XI Modul Tema 7 : Mempertahankan Kualitas Bahan dan Optimalisasi Produk pada Reaksi Kimia melalui Pengendalian Laju Reaksi

- **Penulis:** Dra. Elly Marwati, M.Si
- **Diterbitkan oleh:** Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan- Ditjen Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat-Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2018

iv+ 60 hlm + ilustrasi + foto; 21 x 28,5 cm

## Kata Pengantar

Pendidikan kesetaraan sebagai pendidikan alternatif memberikan layanan kepada masyarakat yang karena kondisi geografis, sosial budaya, ekonomi dan psikologis tidak berkesempatan mengikuti pendidikan dasar dan menengah di jalur pendidikan formal. Kurikulum pendidikan kesetaraan dikembangkan mengacu pada kurikulum 2013 pendidikan dasar dan menengah hasil revisi berdasarkan peraturan Mendikbud No.24 tahun 2016. Proses adaptasi kurikulum 2013 ke dalam kurikulum pendidikan kesetaraan adalah melalui proses kontekstualisasi dan fungsionalisasi dari masing-masing kompetensi dasar, sehingga peserta didik memahami makna dari setiap kompetensi yang dipelajari.

Pembelajaran pendidikan kesetaraan menggunakan prinsip flexible learning sesuai dengan karakteristik peserta didik kesetaraan. Penerapan prinsip pembelajaran tersebut menggunakan sistem pembelajaran modular dimana peserta didik memiliki kebebasan dalam penyelesaian tiap modul yang di sajikan. Konsekuensi dari sistem tersebut adalah perlunya disusun modul pembelajaran pendidikan kesetaraan yang memungkinkan peserta didik untuk belajar dan melakukan evaluasi ketuntasan secara mandiri.

Tahun 2017 Direktorat Pembinaan Pendidikan Keaksaraan dan Kesetaraan, Direktorat Jendral Pendidikan Anak Usia Dini dan Pendidikan Masyarakat mengembangkan modul pembelajaran pendidikan kesetaraan dengan melibatkan Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru dan tutor pendidikan kesetaraan. Modul pendidikan kesetaraan disediakan mulai paket A tingkat kompetensi 2 (kelas 4 Paket A). Sedangkan untuk peserta didik Paket A usia sekolah, modul tingkat kompetensi 1 (Paket A setara SD kelas 1-3) menggunakan buku pelajaran Sekolah Dasar kelas 1-3, karena mereka masih memerlukan banyak bimbingan guru/tutor dan belum bisa belajar secara mandiri.

Kami mengucapkan terimakasih atas partisipasi dari Pusat Kurikulum dan Perbukuan Kemdikbud, para akademisi, pamong belajar, guru, tutor pendidikan kesetaraan dan semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penyusunan modul ini.

Jakarta, Desember 2018  
Direktur Jenderal

Harris Iskandar

**Modul Dinamis:** Modul ini merupakan salah satu contoh bahan ajar pendidikan kesetaraan yang berbasis pada kompetensi inti dan kompetensi dasar dan didesain sesuai kurikulum 2013. Sehingga modul ini merupakan dokumen yang bersifat dinamis dan terbuka lebar sesuai dengan kebutuhan dan kondisi daerah masing-masing, namun merujuk pada tercapainya standar kompetensi dasar.

Petunjuk Penggunaan Modul

Tujuan yang Diharapkan Setelah Belajar Modul

Pengantar Modul

### Unit 7.1. Mempertahankan Kualitas Bahan pada Reaksi Kimia

- Uraian materi
  - A. Pengertian Laju Reaksi
  - B. Teori Tumbukan
  - C. Faktor-faktor yang mempengaruhi Laju Reaksi
  - D. Persamaan Laju Reaksi dan Orde Reaksi
- Penugasan 1
  - Tujuan
  - Media
  - Langkah-Langkah
- Soal Latihan

### Unit 7.2 Optimalisasi Produk pada reaksi Kimia

- Uraian materi
  - A. Reaksi satu arah dan reaksi bolak balik
  - B. Keadaan setimbang
  - C. Pergeseran Arah Kesetimbangan
  - D. Hukum Kesetimbangan
  - E. Reaksi Kesetimbangan dalam Industri
- Penugasan 2
  - Tujuan
  - Media
  - Langkah-Langkah
- Soal Latihan

Rangkuman

Penilaian

Kunci Jawaban

Kriteria pindah/lulus modul (satu modul)

Saran Referensi

Daftar Pustaka

## MODUL 7

# Mempertahankan Kualitas Bahan dan Optimalisasi Produk pada Reaksi Kimia

### Petunjuk Penggunaan

Hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan Modul 6 ini adalah sebagai berikut.

1. Mata pelajaran Kimia Paket C Tingkatan V Setara Kelas XI SMA memiliki 5 modul, yaitu: (1) Mengelola Bahan Bakar Fosil Menuju Langit Biru, (2) Mempertahankan Kualitas Bahan dan Optimalisasi Produk pada Reaksi Kimia, (3) Interaksi Asam Basa dalam Kehidupan, (4) Kesetimbangan Ion dalam Larutan Asam Basa untuk Menentukan Kadar suatu Zat, dan (5) Koloid dalam Kehidupan Sehari-hari. Modul Kimia ini disusun berdasarkan urutan hirarki keilmuan (urutan prasyarat pemahaman). Oleh karena itu, modul ini harus dipelajari secara berurutan, tidak bisa acak karena ada pengetahuan prasyarat yang harus dipahami sebelum belajar modul berikutnya.
2. Modul 7 Mempertahankan Kualitas Bahan dan Optimalisasi Produk pada Reaksi Kimia, dirancang dalam 2 (dua) unit, yaitu: (1) Mempertahankan Kualitas Bahan pada Reaksi Kimia dan (2) Optimalisasi Produk pada Reaksi Kimia. Kedua unit ini saling terkait, maka harus dipelajari secara berurutan karena ada pengetahuan prasyarat yang harus dipahami sebelum belajar unit berikutnya.
3. Setiap unit ada uraian materi dan penugasan serta soal latihan untuk melatih Anda berpikir kritis dan kreatif dalam mencapai kompetensi. Selain itu, diakhir modul ini ada penilaian untuk mengetahui pemahaman peserta didik terhadap modul secara bertahap.
4. Dalam mempelajari Modul 7 ini, Anda perlu mengingat kembali reaksi kimia yang telah dipelajari pada Modul 5 Kiat Menghitung Zat Kimia. Bacalah Modul 7 ini dengan cermat, tekun, dan sabar serta perhatikan gambar ilustrasi yang disajikan.
5. Bersama tutor atau teman, lakukan analisis data hasil percobaan untuk menghitung laju reaksi dan orde reaksi serta tetapan kesetimbangan.
6. Baca tujuan yang diharapkan setelah mempelajari modul ini agar Anda paham tujuan yang dicapai setelah mempelajari modul ini.
7. Kerjakan semua penugasan pada setiap unit untuk meningkatkan pemahaman mengenai materi modul dengan baik. Gunakan alat, bahan dan media sesuai yang tercantum pada setiap penugasan.
8. Mintalah bimbingan tutor jika merasakan kesulitan dalam memahami materi modul.
9. Kerjakan penilaian dengan mengisi soal-soal latihan yang disediakan di akhir modul. Jika Anda mendapat skor 70 maka Anda dapat dikatakan TUNTAS belajar modul ini.
10. Selamat membaca dan mempelajari modul ini, semoga sukses.



### Tujuan yang diharapkan setelah mempelajari modul ini

Setelah membaca dan mempelajari modul ini, diharapkan Anda mampu:

1. Menjelaskan pengertian laju reaksi, teori tumbukan, dan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi serta penerapannya dalam kehidupan sehari-hari,
2. Menentukan persamaan laju reaksi dan orde reaksi berdasarkan data percobaan,
3. Menjelaskan kesetimbangan dinamis dan pergeseran kesetimbangan karena pengaruh perubahan konsentrasi, suhu, tekanan, dan volum,
4. Menentukan tetapan kesetimbangan untuk gas ( $K_p$ ) dan hubungan  $K_p$  dan  $K_c$ , dan
5. Menjelaskan penerapan reaksi kesetimbangan dalam industri

### Pengantar Modul

Pada Modul 5 Kiat Menghitung Zat Kimia, Anda sudah belajar perubahan kimia yang disebut reaksi kimia. Pada reaksi kimia terbentuk zat baru yang *tidak* dapat kembali menjadi zat semula. Banyak reaksi kimia terjadi di sekitar kita, seperti: kayu dan kertas dibakar menjadi asap, arang dan abu; beras ditanak menjadi nasi, buah segar menjadi busuk, pagar besi berkarat, dan gas elpiji dan minyak tanah dibakar menghasilkan energi panas, gas  $\text{CO}_2$  dan uap air.

Reaksi kimia ada yang berlangsung sangat cepat, perlu waktu hanya beberapa detik, misalnya petasan dibakar meledak, kembang api menyala menghasilkan warna sangat indah, bom meledak, dan pembakaran bensin dalam mesin kendaraan serta reaksi logam natrium dengan air. Anda tentu pernah mendengar berita kasus bom meledak yang berlangsung dalam waktu sangat cepat hanya beberapa detik tetapi menimbulkan korban yang banyak.

Namun, ada juga reaksi kimia yang berlangsung lambat, misalnya besi berkarat perlu waktu cukup lama dari besi baru sampai terbentuk karat besi. Demikian juga proses pembuatan tape singkong atau tape ketan perlu waktu beberapa hari.

Pada Modul 7 ini, Anda diajak belajar tentang laju reaksi dan kesetimbangan kimia yang dibagi ke dalam 2 (dua) unit, yaitu:

**Unit 7.1 Mempertahankan Kualitas Bahan pada Laju Reaksi**, membahas pengertian laju reaksi, teori tumbukan, dan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi (konsentrasi, luas permukaan, temperatur, dan katalis), persamaan laju reaksi dan

orde reaksi.

**Unit 7.2 Optimalisasi Produk pada reaksi Kimia**, membahas kesetimbangan dinamis; pergeseran arah reaksi kesetimbangan; hukum kesetimbangan, tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ), tetapan kesetimbangan dengan tekanan parsial ( $K_p$ ), dan hubungan tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) dengan tekanan parsial ( $K_p$ ) serta reaksi kesetimbangan dalam industri.

Setiap unit modul memuat uraian materi dilengkapi dengan contoh-contoh yang terdapat dalam kehidupan sehari-hari agar kontekstual, penugasan, dan rangkuman materi untuk membantu Anda lebih memahami konsep kimia, berpikir kritis dan kreatif. Selain itu, modul ini juga dilengkapi dengan penilaian untuk mengukur pemahaman Anda terhadap modul secara bertahap.



**Petasan**

**Kembang Api**

**Gambar 7.1** Petasan meledak dan kembang api menyala, contoh reaksi cepat



**Gambar 7.2** Besi berkarat, contoh reaksi lambat

## Unit 7.1

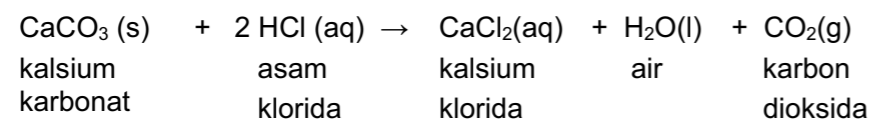
### Mempertahankan Kualitas Bahan pada Reaksi Kimia

Reaksi kimia terjadi dengan kecepatan yang berbeda-beda. Ada reaksi yang berlangsung cepat, seperti petasan dibakar dan nyala kembang api di malam tahun baru. Reaksi kimia juga ada yang berlangsung lambat, seperti besi berkarat dan pematangan buah di pohon perlu waktu lama. Dalam kehidupan sehari-hari, biasanya kita menyimpan makanan, buah-buahan, dan sayuran dalam kulkas agar tidak cepat busuk. Hal ini berarti udara dingin memperlambat terjadinya reaksi pada makanan, buah-buahan, dan sayuran. Pada botol obat biasanya terdapat tulisan peringatan, simpan di tempat yang sejuk tidak terkena matahari secara langsung. Mengapa demikian? Anda akan mendapatkan jawabannya pada modul ini. Pada Unit 7.1 ini, Anda mempelajari pengertian laju reaksi, teori tumbukan, dan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, yaitu konsentrasi, luas permukaan, temperatur, dan katalis serta penerapan laju reaksi dalam kehidupan sehari-hari serta penentuan laju reaksi dan orde reaksi.

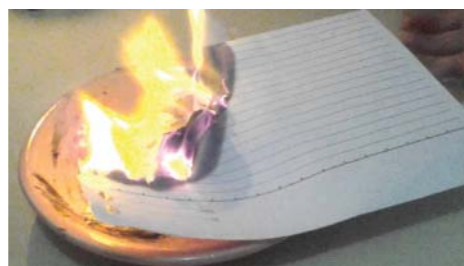
#### A. Pengertian Laju Reaksi

Apa yang dimaksud dengan laju reaksi? Laju reaksi disebut juga kecepatan reaksi, berkaitan dengan waktu (lamanya) suatu reaksi berlangsung. Misalnya, laju reaksi pembakaran kertas merupakan lamanya kertas terbakar hingga habis menjadi asap dan abu serta panas yang dilepas ke lingkungan.

Bagaimana cara mengukur laju reaksi? Anda sudah mengetahui ciri-ciri terjadinya reaksi kimia, yaitu terjadi perubahan warna, perubahan suhu, terbentuk gas atau endapan. Laju reaksi dapat diukur dari perubahan massa atau perubahan volum per satuan waktu. Untuk memahami cara mengukur laju reaksi, perhatikan data hasil percobaan berikut ini. Reaksi:

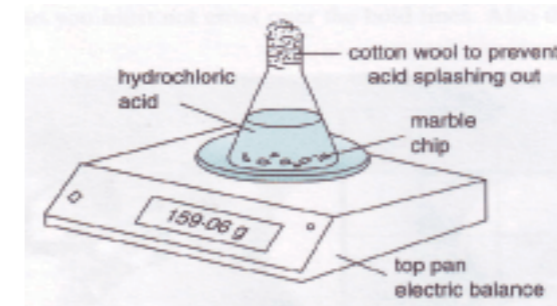


Laju reaksi di atas dapat diukur dengan dua cara, yaitu mengukur perubahan massa atau perubahan volum per satuan waktu.



Sumber: rifikipsduad.wordpress.com

Gambar 7.3 Kertas dibakar



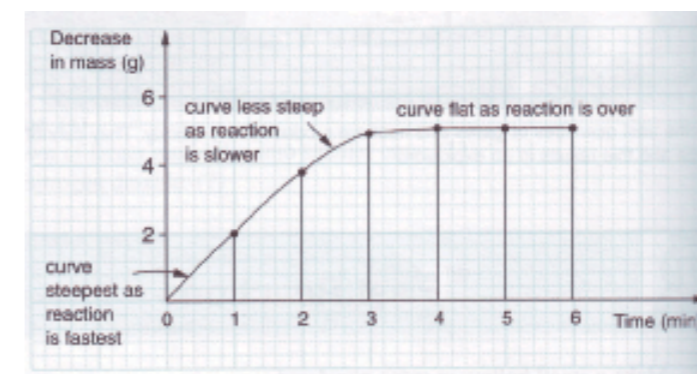
Sumber: Comprehensive Chemistry

Gambar 7.4 Perubahan massa selama reaksi

Data pengurangan massa selama reaksi disajikan pada Tabel 7.1 berikut.

Tabel 7.1 Data pengurangan massa selama reaksi

Waktu (menit)	Massa (erlenmeyer + Zat yang bereaksi, gram)	Pengurangan massa (gram)	Pengurangan massa setiap menit (gram)
0	56,0	0,0	
1	54,0	2,0	2,0
2	52,2	3,8	1,8
3	51,2	4,8	1,0
4	50,7	5,3	0,5
5	50,7	5,3	0,0
6	50,7	5,3	0,0



Sumber: Comprehensive Chemistry

Gambar 7.5 Grafik pengurangan massa per menit

Berdasarkan data hasil pengamatan pada Tabel 7.1 terlihat terjadi pengurangan massa secara berturut-turut 2,0; 3,8; 4,8; dan seterusnya. Jika data tersebut dibuat grafik maka diperoleh grafik seperti Gambar 7.4. Apa yang dapat disimpulkan dari grafik tersebut? Grafik tersebut menunjukkan laju reaksi paling tinggi terjadi pada menit pertama, menit kedua mulai menurun hingga mulai berhenti pada menit ke empat, kelima, dan ke enam reaksi berhenti yang ditandai dengan kurva mendatar yang berarti laju reaksi nol.

## 2. Laju reaksi diukur dari perubahan volum per satuan waktu

Laju reaksi juga dapat ditentukan dari volum gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang terbentuk. Dari percobaan diperoleh data pada Tabel 7.2 dan grafik pada Gambar 7.5 berikut.

**Tabel 7.2** Penambahan volum gas CO<sub>2</sub> per menit

Waktu (menit)	Volum gas (mL)	Penambahan volum gas per menit
0	0	
1	30	30
2	52	22
3	65	13
4	70	5
5	70	0
6	70	0



Sumber: *Comprehensive Chemistry*

**Gambar 7.6** Grafik penambahan volum per menit

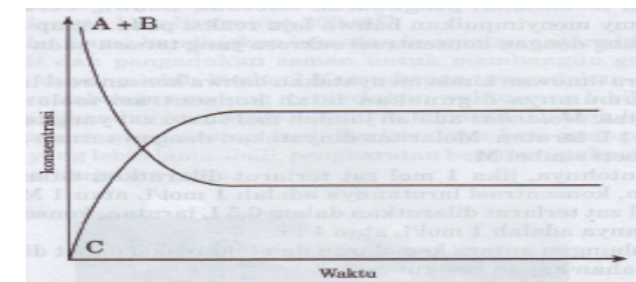
Pada menit pertama volum CO<sub>2</sub> bertambah 30 mL, menit kedua volum CO<sub>2</sub> bertambah 22 mL, menit berikutnya pertambahan volum gas semakin kecil yang akhirnya menjadi nol pada pada menit ke empat yang menunjukkan reaksi sudah berhenti.

**Laju reaksi = perubahan massa atau volum / waktu**

Laju reaksi juga dapat dinyatakan sebagai *perubahan konsentrasi zat per satuan waktu*. Laju reaksi didefinisikan sebagai laju berkurangnya konsentrasi zat pereaksi (reaktan) atau laju bertambahnya konsentrasi zat hasil reaksi (produk) per satuan waktu, yang disimbolkan dengan huruf **V**. Bagaimana menyatakan laju reaksi dari zat pereaksi atau zat hasil reaksi? Perhatikan contoh reaksi berikut.



Ketika zat A bereaksi dengan zat B terbentuklah zat C. Selama reaksi berlangsung, jumlah zat A dan zat B semakin lama akan semakin berkurang sedangkan jumlah zat C semakin lama akan semakin bertambah. Dengan kata lain, selama reaksi berlangsung jumlah pereaksi berkurang sedangkan hasil reaksi bertambah. Laju reaksi dapat digambarkan pada grafik berikut ini.



**Gambar 7.7** Grafik Laju Reaksi A + B → C

Berdasarkan keterangan tersebut, laju reaksi dapat dinyatakan dengan rumus:

$$V = - \frac{d[A]}{dt}$$

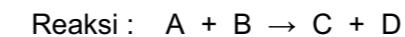
Keterangan:

V = laju reaksi

d[A] = perubahan konsentrasi zat A

dt = perubahan waktu

Untuk lebih jelasnya, perhatikan contoh berikut.



Laju reaksi terhadap zat A ditulis **V<sub>A</sub>**

Laju reaksi terhadap zat B ditulis **V<sub>B</sub>**

Laju reaksi terhadap zat C ditulis **V<sub>C</sub>**

Laju reaksi terhadap zat D ditulis **V<sub>D</sub>**

V<sub>A</sub> adalah laju pengurangan konsentrasi zat A per satuan waktu =  $-\frac{d[A]}{dt}$

V<sub>B</sub> adalah laju pengurangan konsentrasi zat B per satuan waktu =  $-\frac{d[B]}{dt}$



$V_C$  adalah laju pertambahan konsentrasi zat C per satuan waktu =  $+\frac{d[C]}{dt}$

$V_D$  adalah laju pengurangan konsentrasi zat B per satuan waktu =  $+\frac{d[D]}{dt}$

Tanda negatif, menunjukkan semakin berkurangnya konsentrasi zat A atau zat B per satuan waktu. Sedangkan tanda positif menunjukkan semakin bertambahnya konsentrasi zat C atau zat D per satuan waktu.

Satuan konsentrasi zat yang digunakan dalam laju reaksi adalah **Molaritas atau konsentrasi molar**. Molaritas adalah jumlah mol suatu zat yang terlarut dalam satu liter (1 Liter) larutan, dinyatakan dengan satuan **mol/Liter** dan diberi simbol **M**. Contoh, jika 1 mol zat dilarutkan dalam 1 Liter larutan maka konsentrasi larutan tersebut adalah satu mol per liter atau 1M. Untuk menentukan molaritas dari suatu larutan digunakan rumus :

$$M = \frac{n}{V}$$

Keterangan :

M = molaritas

n = jumlah zat terlarut yang dinyatakan dengan mol atau mmol

V = volum larutan dalam Liter atau mL

Contoh

1. Tentukan molaritas larutan, jika 2 gram NaOH dilarutkan dalam air hingga volum larutan menjadi 500 mL. Diketahui: Ar Na = 23, O = 16, dan H = 1

Jawaban

$$\text{Jumlah mol zat terlarut (n), 2 gram NaOH} = \frac{2 \text{ gram}}{40 \text{ gram mol}^{-1}} \text{ mol} = 0,05 \text{ mol}$$

$$\text{Volum larutan} = 500 \text{ mL} = 0,5 \text{ Liter}$$

$$\text{Rumus : } M = \frac{n}{V} = \frac{0,05 \text{ mol}}{0,5 \text{ Liter}} = 0,1 \frac{\text{mol}}{\text{Liter}} = 0,1 \text{ M}$$

2. Diketahui 250 mL larutan  $\text{CaCl}_2$  dengan konsentrasi 0,4 M. Berapa gram  $\text{CaCl}_2$  yang harus dilarutkan dalam air? Diketahui  $M_r \text{ CaCl}_2 = 111$

Jawaban

Misalkan massa  $\text{CaCl}_2$  yang harus dilarutkan dalam air = x gram

$$X \text{ gram CaCl}_2 = \frac{x}{111} \text{ mol}$$

$$\text{Volum larutan} = 250 \text{ mL} = 0,25 \text{ L}$$

$$M = \frac{n}{V}$$

$$0,4 = \frac{x/111}{0,25}$$

$$x = 11,1 \text{ gram}$$

Massa  $\text{CaCl}_2$  yang harus dilarutkan dalam 250 mL air adalah 11.1 gram

3. Jika 30 gram logam Fe direaksikan dengan 1000 mL HCl. Setelah 5 menit, massa Fe tersisa sebanyak 2 gram. Tentukan laju reaksi logam Fe tersebut!

Jawab

$$\begin{aligned} \text{Massa Fe yang bereaksi} &= \text{massa Fe mula-mula} - \text{massa Fe yang tersisa} \\ &= 30 \text{ gram} - 2 \text{ gram} \\ &= 28 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Mol Fe yang bereaksi} = \frac{\text{Massa Fe yang bereaksi}}{\text{Ar Fe}}$$

$$= \frac{28}{56} = 0,5 \text{ mol}$$

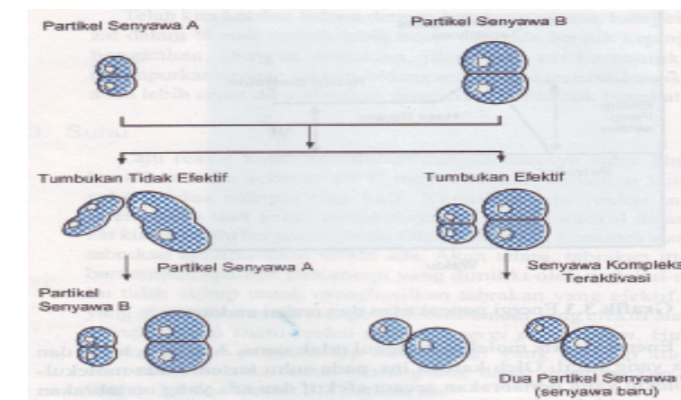
$$\text{Molaritas} = \frac{0,5 \text{ mol}}{1 \text{ Liter}} = 0,5 \text{ M}$$

$$V_{\text{Fe}} = -\frac{d[\text{Fe}]}{dt} = \frac{0,5 \text{ M}}{300 \text{ detik}} = 1,67 \times 10^{-3} \text{ M/det}$$

Laju reaksi logam Fe tersebut adalah  $1,67 \times 10^{-3} \text{ M/det}$

## B. Teori Tumbukan

Bagaimana proses terjadinya reaksi kimia? Suatu reaksi akan berlangsung jika terjadi tabrakan atau tumbukan antar molekul-molekul zat pereaksi. Namun, tidak semua tumbukan molekul menghasilkan reaksi. Agar tumbukan antar molekul efektif dan menghasilkan reaksi kimia, molekul-molekul harus mempunyai energi kinetik yang melebihi **energi pengaktifan ( $E_a$ )**, yaitu **energi minimum yang diperlukan untuk menghasilkan tumbukan yang efektif atau menghasilkan reaksi kimia**. Tumbukan antar molekul yang tidak efektif tentu tidak menghasilkan reaksi kimia.

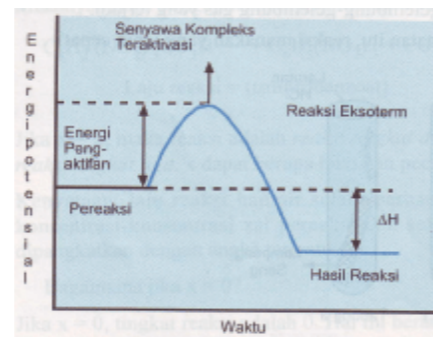


Gambar 7.8 Tumbukan efektif dan tidak efektif

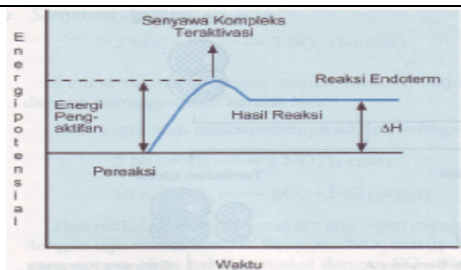


Bagaimana caranya agar molekul memiliki energi kinetik yang melebihi  $E_a$ . Ada dua cara agar molekul memiliki energi kinetik yang melebihi  $E_a$ , yaitu menaikkan suhu (berarti menambah energi) atau menurunkan  $E_a$  dengan menambah katalis.

Sebelum terjadi reaksi, molekul-molekul pereaksi membentuk suatu senyawa yang merupakan keadaan peralihan yang disebut **senyawa kompleks teraktivasi**. Energi senyawa kompleks teraktivasi lebih besar dari energi pereaksi dan energi hasil reaksi. Hubungan antara energi pengaktifan dan energi yang diserap atau energi yang dilepaskan selama reaksi berlangsung dapat diilustrasikan pada Gambar 7.9 dan Gambar 7.10. Sebelum reaksi berlangsung, molekul-molekul pereaksi saling mendekat, sehingga energi potensialnya naik. Kemudian molekul pereaksi bertabrakan membentuk senyawa kompleks teraktivasi yang selanjutnya pecah menjadi hasil reaksi.



Gambar 7.9 Energi Pengaktifan pada Reaksi Eksoterm



Gambar 7.10 Energi Pengaktifan pada Reaksi Endoterm

### C. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Laju Reaksi

Anda sudah mengetahui ada reaksi yang berlangsung cepat dan ada pula reaksi yang berlangsung sangat lambat. Faktor apa saja yang mempengaruhi cepat atau lambatnya reaksi berlangsung? Berikut ini dibahas tentang faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi, yaitu: konsentrasi pereaksi, luas permukaan, suhu, dan katalis.

#### 1. Konsentrasi pereaksi

Anda tentu pernah mencuci pakaian dengan sabun atau detergen. Jika kita menggunakan sabun atau detergen dalam jumlah sedikit, pakaian agak sulit bersih. Kemudian kita tambahkan sabun atau detergen dalam jumlah cukup, pakaian cepat bersih. Mengapa? Kegiatan menambahkan sabun atau detergen berarti kita meningkatkan konsentrasi sabun atau detergen dalam air. Bagaimana pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi? Mari kita pelajari data hasil percobaan berikut ini!

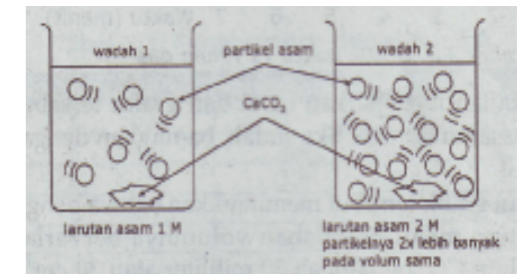


Sumber: nakita.grid.id

Gambar 7.11 Mencuci dengan deterjen

#### a. Reaksi: $\text{CaCO}_3 (\text{s}) + 2 \text{HCl} (\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2 (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{l}) + \text{CO}_2 (\text{g})$

Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) padat direaksikan dengan larutan asam klorida ( $\text{HCl}$ ). Perhatikan Gambar 7.11 Wadah 1  $\text{HCl}$  1 M (konsentrasi rendah). Wadah 2  $\text{HCl}$  2 M (konsentrasi tinggi). Partikel asam klorida bergerak bebas dalam air. Bandingkan jumlah partikel asam klorida pada wadah 1 dengan wadah 2. Tentu partikel asam klorida pada wadah 2 lebih banyak, bukan? Sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan antara partikel asam klorida dengan partikel  $\text{CaCO}_3$  lebih besar dan sering terjadi maka reaksi semakin cepat.



Gambar 7.12 Pengaruh konsentrasi pada laju reaksi

Waktu yang dibutuhkan untuk bereaksi antara 1 keping pualam ( $\text{CaCO}_3$ ) dengan  $\text{HCl}$  1M, 2M, dan 3M ditunjukkan pada Tabel 7.3. Dari data tersebut terlihat bahwa untuk 1 keping pualam bereaksi dengan larutan  $\text{HCl}$  pada berbagai konsentrasi diperoleh kesimpulan bahwa makin besar konsentrasi  $\text{HCl}$ , makin cepat reaksi berlangsung.

Tabel 7.3 Waktu Reaksi  $\text{CaCO}_3 + \text{HCl}$

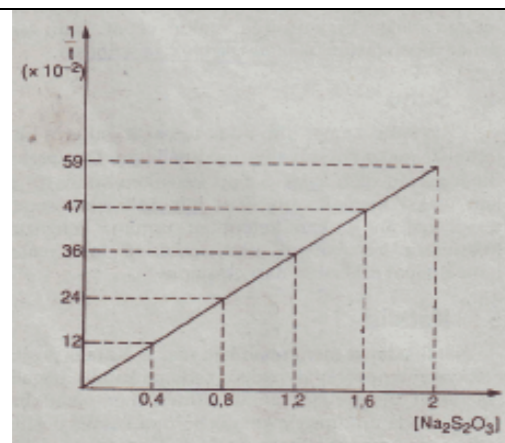
Pualam	Larutan HCl	Waktu (det)
1 keping	1 M	115
1 keping	2 M	80
1 keping	3 M	35

#### b. Reaksi: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 (\text{aq}) + 2 \text{HCl} (\text{aq}) \rightarrow 2 \text{NaCl} (\text{aq}) + \text{H}_2\text{O} (\text{aq}) + \text{SO}_2 (\text{g}) + \text{S} (\text{s})$

Data tentang waktu yang dibutuhkan untuk reaksi antara 5 mL  $\text{HCl}$  2 M dengan larutan natrium tiosulfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) pada berbagai konsentrasi, ditunjukkan pada Tabel 7.3 berikut.

Tabel 7.3 Waktu reaksi 5 mL  $\text{HCl}$  2 M dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  pada berbagai konsentrasi

No	Volum HCl 2 M	Volum $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (40 g L <sup>-1</sup> )	Volum Air	Volum akhir	Kadar $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (g/50 mL) larutan	Waktu (t detik)	$\frac{1}{t}$ detik <sup>-1</sup>
1	5 mL	50 mL	0 mL	50 mL	$\frac{50}{1000} \times 40 = 2,0$	17,0	0,059
2	5 mL	40 mL	10 mL	50 mL	$\frac{40}{1000} \times 40 = 1,6$	21,2	0,047
3	5 mL	30 mL	20 mL	50 mL	$\frac{30}{1000} \times 40 = 1,2$	28,0	0,036
4	5 mL	20 mL	30 mL	50 mL	$\frac{20}{1000} \times 40 = 0,8$	42,0	0,024
5	5 mL	10 mL	40 mL	50 mL	$\frac{10}{1000} \times 40 = 0,4$	83,6	0,012



**Gambar 7.13** Grafik pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi

Dari data tersebut dibuat grafik dengan mengalikan  $[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$  terhadap  $\frac{1}{t}$  diperoleh grafik berupa garis lurus, seperti terlihat pada Gambar 7.13. Apa yang dapat Anda simpulkan dari grafik pada Gambar 7.13? Grafik  $[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$  versus  $\frac{1}{t}$  berupa garis lurus. Hal ini menunjukkan persamaan garis lurus  $\frac{1}{t} \approx [\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$  dan  $\frac{1}{t} \approx V$  sehingga  $V \approx [\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$ . Jika persamaan tersebut dikalikan dengan suatu tetapan  $k$ , diperoleh persamaan laju reaksi,  $V \approx k [\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$ . Dari persamaan ini terlihat bahwa reaksi tingkat satu terhadap  $[\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3]$ .

Konsentrasi zat berkaitan dengan jumlah partikel zat terlarut. Semakin besar konsentrasi zat dalam suatu larutan berarti jumlah partikel zat tersebut semakin banyak dalam larutan sehingga kemungkinan terjadinya tumbukan semakin besar dan sering maka reaksi semakin cepat. Pada suatu reaksi, jika konsentrasi diperbesar maka reaksi semakin cepat terjadi karena tumbukan antar zat pereaksi semakin besar dan sering terjadi.

Khusus untuk gas, jika tekanan diperbesar dengan cara menekan wadah penghisapnya, sehingga volumenya kecil, interaksi antar gas dalam wadah yang kedua lebih besar (tekanan diperbesar berarti volum diperkecil). Pada reaksi antar gas, penambahan tekanan akan menambah kecepatan reaksi.

## 2. Luas Permukaan

Bagaimana pengaruh Luas permukaan atau ukuran partikel zat-zat yang bereaksi terhadap laju reaksi? Kamu mungkin pernah membakar kayu, mana yang lebih cepat terbakar, kayu bentuk balok atau kayu yang dipotong kecil atau tipis? Mengapa kayu yang dipotong kecil lebih cepat terbakar? Kayu yang dipotong tipis mempunyai permukaan yang lebih luas dari pada kayu bentuk balok sehingga lebih banyak jumlah partikel yang bereaksi dan reaksi semakin cepat. Hal ini terbukti bahwa papan lebih cepat terbakar dari pada kayu bentuk balok, Gambar 7.14a.



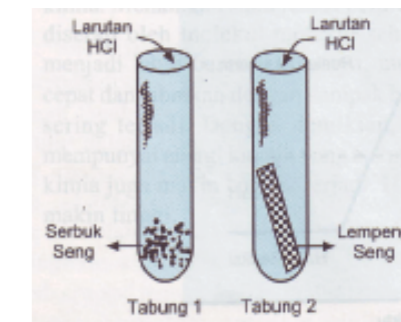
(a) Kayu bentuk Papan  
(b) kayu bentuk balok

**Gambar 7.14a**

Pengaruh luas permukaan terhadap laju reaksi

Contoh lain, Perhatikan Gambar 7.14b Tabung reaksi 1 berisi serbuk seng Tabung reaksi 2 berisi lempengan logam seng Massa serbuk seng sama dengan massa lempengan seng

Ke dalam kedua tabung, masing-masing dimasukkan 2 mL larutan HCl 0,1 M. Ternyata pada tabung reaksi 1 **lebih banyak** terjadi gelembung-gelembung gas dibandingkan tabung reaksi 2. Mengapa?



**Gambar 7.14b** Pengaruh luas permukaan pada laju reaksi

Pada kedua tabung reaksi, jumlah larutan HCl 0,1 M sama yaitu 2 mL dan massa serbuk seng sama dengan massa lempengan seng. Namun luas permukaan berbeda. Seng serbuk lebih luas permukaannya dibandingkan dengan seng lempengan. Oleh sebab itu, seng serbuk lebih cepat bereaksi dari pada seng lempengan. Hal ini dibuktikan oleh banyaknya gelembung gas pada tabung reaksi 1.

Bagaimana penerapan luas permukaan atau ukuran partikel zat dalam kehidupan sehari-hari? Anda tentu pernah menikmati enakya sate kambing atau sate ayam dengan potongan kecil. Hal ini dimaksudkan agar saat membakar sate, daging cepat matang dan empuk daging merata. Demikian juga jika Anda merebus daging, singkong, atau kentang agar cepat matang dan empuk dipotong kecil. Pada dasarnya memasak merupakan proses kimia atau reaksi kimia.



Sumber: food.detik.com

**Gambar 7.15.** Sate dengan potongan kecil

## 3. Suhu

Bagaimana pengaruh suhu terhadap laju reaksi? Dalam kehidupan sehari hari, makanan seperti telur, daging, ayam, ikan, udang, sayuran, buah-buahan dan sebagainya disimpan di kulkas dan freezer agar makanan lebih awet dan tidak cepat busuk, Gambar 7.16. Pembusukan makanan merupakan reaksi kimia. Pada suhu rendah reaksi lambat terjadi sehingga makanan lebih awet.



Sumber: [www.kaskus.co.id](http://www.kaskus.co.id)

**Gambar 7.16** Menyimpan makanan di kulkas agar awet



Demikian juga halnya dengan penyimpanan obat agar awet atau tahan lama maka obat disimpan di tempat yang sejuk dan kering serta tidak terkena sinar matahari langsung.

### Menyimpan Obat di Rumah



- Simpan di tempat sejuk dan kering
- Jauhkan dari jangkauan anak-anak
- Jangan campur obat berbeda dalam satu wadah
- Jangan mengganti kemasan botol ke botol lain
- Pisahkan penyimpanan obat minum dari obat lain

Sumber: slidesharecdn.com

Laju reaksi bertambah dengan naiknya suhu, karena partikel zat yang bereaksi mendapatkan energi lebih banyak untuk bergerak. Sehingga, gerakannya makin cepat, yang mengakibatkan tumbukan antarpartikel makin banyak dan sering terjadi. Contoh:

Suatu reaksi dapat berlangsung 2 kali lebih cepat bila suhu dinaikkan setiap 10 °C. Pada suhu 30 °C laju reaksi 2 Mdet<sup>-1</sup> dan lama reaksi 16 det. Bila reaksi berlangsung pada suhu 50 °C, tentukan:

- Berapa kali reaksi lebih cepat pada suhu 50 °C
- Laju reaksi
- Lama reaksi berlangsung.

Untuk menjawab masalah ini dapat digunakan rumus:

$$V_t = \Delta V^{\frac{t_2 - t_1}{\Delta t}} \times V_0 \quad \text{Lama reaksi pada suhu akhir adalah } T = \left(\frac{1}{\Delta V}\right)^n \times T_0 \quad n = \frac{t_2 - t_1}{\Delta t}$$

$V_t$  = laju reaksi pada t akhir     $t_2$  = suhu pada t akhir     $T$  = lama reaksi pada suhu akhir  
 $\Delta V$  = kenaikan laju reaksi     $t_1$  = suhu pada t awal     $T_0$  = lama reaksi pada suhu awal  
 $V_0$  = laju reaksi awal     $\Delta t$  = kenaikan suhu

a.  $V_t = \Delta V^{\frac{t_2 - t_1}{\Delta t}}$

$$V_t = 2^{\frac{50 - 30}{10}}$$

$$V_t = 2^2 = 4$$

Jadi reaksi berlangsung pada suhu 50 °C adalah 4 kali lebih cepat

b.  $V_t = \Delta V^{\frac{t_2 - t_1}{\Delta t}} \times V_0$

$$V_t = 2^{\frac{50 - 30}{10}} \times 2 \text{ M det}^{-1}$$

$$V_t = 2^2 \times 2 \text{ M det}^{-1} = 8 \text{ M det}^{-1}$$

Laju reaksi 8 M det<sup>-1</sup>

c.  $n = \frac{t_2 - t_1}{\Delta t}$

$$n = \frac{50 - 30}{10} = 2$$

$$T = \left(\frac{1}{\Delta V}\right)^n \times T_0$$

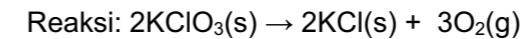
$$T = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times 16 = 4$$

Jadi lama reaksi 4 det

#### 4. Katalis

Laju reaksi dapat bertambah dengan kenaikan suhu, tetapi reaksi yang dilakukan pada suhu tinggi dapat merusak hasil reaksi dan kurang ekonomis karena perlu biaya tinggi. Cara lain untuk mempercepat laju reaksi adalah dengan penambahan **katalis**, yaitu zat yang dapat mempercepat laju reaksi namun tidak berubah secara kimia pada akhir reaksi. Pada akhir reaksi, zat yang berfungsi sebagai katalis dihasilkan kembali.

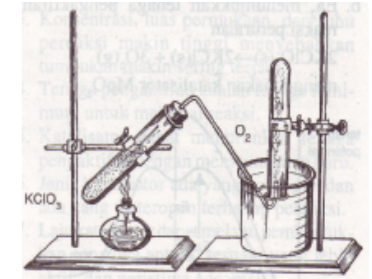
Untuk memahami pengaruh katalis terhadap laju reaksi, mari kita pelajari data hasil percobaan penguraian kalium klorat.



Percobaan 1: pemanasan kalium klorat **tanpa** ditambah MnO<sub>2</sub>.

Percobaan 2: pemanasan kalium klorat ditambah MnO<sub>2</sub>.

Waktu yang dibutuhkan untuk bereaksi dicatat dari awal dipanaskan hingga akhir timbulnya gas.



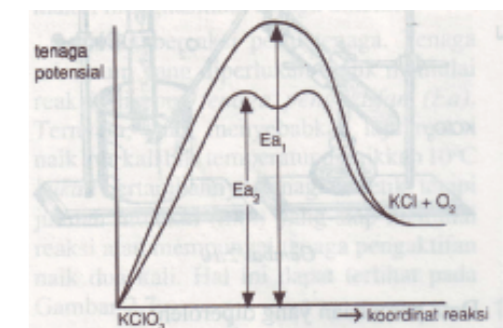
Gambar 7.17 Reaksi Penguraian KClO<sub>3</sub>(s)

Berikut ini data asil percobaan

Percobaan	Zat yang dipanaskan	Waktu reaksi (detik)
1	0,5 gram KClO <sub>3</sub>	191
2	0,5 gram KClO <sub>3</sub> + MnO <sub>2</sub>	49

Data hasil percobaan menunjukkan bahwa pada pemanasan KClO<sub>3</sub> dengan ditambah MnO<sub>2</sub> ternyata reaksi penguraian KClO<sub>3</sub> bertambah cepat. Senyawa MnO<sub>2</sub> berfungsi sebagai katalis, yaitu zat yang dapat mempercepat reaksi tetapi MnO<sub>2</sub> dihasilkan kembali pada akhir reaksi. Prinsip kerja katalis dalam mempercepat laju reaksi adalah dengan cara menurunkan energi pengaktifan suatu reaksi. Untuk lebih jelasnya, perhatikan Gambar 7.18 berikut.

Pada Gambar 7.18, terlihat bahwa  $E_{a1}$  menunjukkan energi pengaktifan untuk reaksi penguraian  $2\text{KClO}_3(\text{s}) \rightarrow 2\text{KCl}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g})$  **tanpa** katalis MnO<sub>2</sub> sedangkan  $E_{a2}$  menunjukkan energi pengaktifan dari reaksi penguraian  $2\text{KClO}_3(\text{s}) \rightarrow 2\text{KCl}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g})$  **dengan** katalis MnO<sub>2</sub>. Dari Gambar 7.18 tersebut dapat disimpulkan bahwa  $E_{a2}$  lebih kecil dari  $E_{a1}$ . Dengan kata lain katalis MnO<sub>2</sub> menurunkan energi pengaktifan dan jalan reaksi berubah.



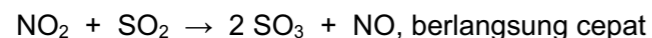
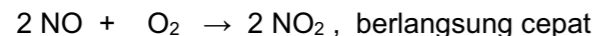
Gambar 7.18 Energi Pengaktifan berkurang karena katalis



Bagaimana cara katalis bekerja? Ada dua cara katalis bekerja, yaitu dengan membentuk senyawa antara atau mengadsorpsi zat yang direaksikan.

**a. Pembentukan Senyawa Antara (Katalis Homogen)**

Reaksi  $2 \text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{SO}_3$ , berlangsung sangat lambat. Laju reaksi dapat dipercepat dengan menggunakan katalis NO. Cara kerjanya adalah sebagai berikut.



Pada akhir reaksi katalisator NO (gas) diperoleh kembali.

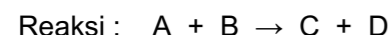
Senyawa  $\text{NO}_2$  merupakan senyawa antara, yang segera habis bereaksi dengan  $\text{SO}_2$  membentuk  $\text{SO}_3$  dan NO. Dalam tubuh kita terjadi reaksi kimia yang membutuhkan katalis untuk mempercepat laju reaksi. Katalis dalam tubuh kita berupa **enzim**.

**b. Adsorpsi**

Katalis dapat bekerja dengan cara mengadsorpsi zat pereaksi pada permukaannya sehingga konsentrasi pereaksi di sekitar permukaan katalis bertambah. Salah satu syarat katalis yang bekerja dengan adsorpsi adalah permukaan katalis tidak boleh mengikat hasil reaksi terlalu kuat supaya hasil reaksi dapat segera lepas dari katalis. Dengan demikian, permukaan katalis dapat digunakan oleh molekul pereaksi lain secara berulang-ulang. Semakin luas bidang sentuh antara katalis dengan pereaksi semakin cepat laju reaksinya.

**D. Persamaan Laju Reaksi dan Orde Reaksi**

Anda telah mengetahui bahwa laju reaksi dinyatakan sebagai laju berkurangnya konsentrasi zat pereaksi (reaktan) atau laju bertambahnya konsentrasi zat hasil reaksi (produk) dalam satuan waktu.



Jika konsentrasi larutan A ditulis  $[A]$  pada waktu  $t_1 = [A]_1$  dan

Jika konsentrasi larutan A ditulis  $[A]$  pada waktu  $t_2 = [A]_2$ , maka :

Laju rata-rata berkurangnya  $[A] = \frac{[A]_2 - [A]_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta[A]}{\Delta t}$

Laju rata-rata berkurangnya  $[B] = \frac{[B]_2 - [B]_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta[B]}{\Delta t}$

Laju rata-rata bertambahnya  $[C] = \frac{[C]_2 - [C]_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta[C]}{\Delta t}$

Laju rata-rata bertambahnya  $[D] = \frac{[D]_2 - [D]_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta[D]}{\Delta t}$

Jika keempat rumus tersebut dihubungkan, diperoleh :

$$-\frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[B]}{\Delta t} = +\frac{\Delta[C]}{\Delta t} = +\frac{\Delta[D]}{\Delta t}$$

Laju reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi pereaksi dan laju reaksi tidak dapat diramalkan dari persamaan reaksi secara keseluruhan tetapi umumnya ditentukan secara eksperimen. Perhatikan contoh berikut ini!

1. Tentukan laju reaksi untuk reaksi :  $2 \text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow 4 \text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$  dari data percobaan berikut!

Percobaan ke	$[\text{N}_2\text{O}_5]$	Laju Reaksi, $\text{M det}^{-1}$
1	0,02	$0,7 \times 10^{-6}$
2	0,04	$1,4 \times 10^{-6}$
3	0,08	$2,8 \times 10^{-6}$

Jawab :

Perhatikan percobaan 1 dan 2!

Jika konsentrasi  $\text{N}_2\text{O}_5$  dinaikkan dua kali, laju reaksi juga menjadi dua kali lebih cepat.

Selanjutnya perhatikan percobaan 2 dan 3!

Jika konsentrasi  $\text{N}_2\text{O}_5$  dinaikkan dua kali, laju reaksi juga menjadi dua kali lebih cepat.

Berarti laju reaksi berbanding lurus dengan konsentrasi  $\text{N}_2\text{O}_5$ . Ditulis :  $V \sim [\text{N}_2\text{O}_5]$

Persamaan laju reaksi dapat dinyatakan sebagai,  $V = k [\text{N}_2\text{O}_5]$

Laju reaksi dapat juga ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$\frac{V_2}{V_1} = \left[ \frac{N_2O_{5, \text{kedua}}}{N_2O_{5, \text{pertama}}} \right]^x$$

$$\frac{1,4 \cdot 10^{-6}}{0,7 \cdot 10^{-6}} = \left[ \frac{0,04}{0,02} \right]^x$$

$$2 = [2]^x$$

$$x = 1$$

Jadi laju reaksi adalah:  $V = k [\text{N}_2\text{O}_5]$

2. Tentukan laju reaksi dan tetapan laju reaksi untuk reaksi:  $2 \text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{NOCl}(\text{g})$  dari data percobaan berikut!

Percobaan	Konsentrasi (M)		Laju reaksi
	$[\text{NO}]$	$[\text{Cl}_2]$	
1	0,2	0,2	$2,4 \times 10^{-2}$
2	0,2	0,4	$4,8 \times 10^{-2}$
3	0,4	0,2	$9,6 \times 10^{-2}$

Tentukan a. Orde terhadap NO,  $\text{Cl}_2$  dan Orde reaksi

b. Persamaan laju reaksi

c. Tetapan laju reaksi

Jawab :

- a. Orde terhadap NO, Cl<sub>2</sub> dan Orde reaksi

Orde untuk Cl<sub>2</sub>

Perhatikan percobaan 1 dan 2!

Konsentrasi NO (g) tetap sedangkan konsentrasi Cl<sub>2</sub>(g) dinaikkan **dua kali** ternyata laju reaksi menjadi **dua kali** lebih cepat. Berarti laju reaksi berbanding **lurus** dengan konsentrasi Cl<sub>2</sub> (g), ditulis **V ~ [Cl<sub>2</sub>]**. Jadi orde untuk Cl<sub>2</sub> adalah 1

Orde untuk NO

Selanjutnya perhatikan percobaan 1 dan 3!

Konsentrasi Cl<sub>2</sub>(g) tetap sedangkan konsentrasi NO(g) dinaikkan **dua kali**, ternyata laju reaksi menjadi **empat kali** lebih cepat. Berarti laju reaksi berbanding **lurus dengan kuadrat** konsentrasi NO (g), ditulis **V ~ [NO]<sup>2</sup>**

Orde untuk NO adalah 2

Orde reaksi menjadi 1 + 2 = 3

- b. Persamaan laju reaksi : **V = k [NO]<sup>2</sup> [Cl<sub>2</sub>]**

- c. Untuk menentukan tetapan laju reaksi diambil data salah satu reaksi

Tetapan laju reaksinya adalah **V = k [NO]<sup>2</sup> [Cl<sub>2</sub>]**

$$2,4 \cdot 10^{-2} \text{ Mdet}^{-1} = k[0,2\text{M}]^2[0,2\text{M}]$$

$$K = 3 \text{ M}^{-2}\text{det}^{-1}$$

Tetapan laju reaksinya adalah 3 M<sup>-2</sup>det<sup>-1</sup>

Tetapan laju reaksi dapat juga ditentukan dengan menggunakan rumus:

Orde untuk Cl<sub>2</sub>

Untuk menentukan laju Cl<sub>2</sub> perhatikan percobaan 1 dan 2, konsentrasi NO diambil

yang tetap:  $\frac{V_2}{V_1} = \left[ \frac{Cl_2}{Cl_2} \right]^x$

$$\frac{4,8 \cdot 10^{-2}}{2,4 \cdot 10^{-2}} = \left[ \frac{0,4}{0,2} \right]^x$$

$$2 = [2]^x$$

$$x = 1 \quad \text{maka } V \sim [Cl_2]$$

Orde untuk NO

Untuk menentukan laju NO perhatikan percobaan 1 dan 3, konsentrasi Cl<sub>2</sub> diambil

yang tetap:  $\frac{V_3}{V_1} = \left[ \frac{NO}{NO} \right]^y$

$$\frac{9,6 \cdot 10^{-2}}{2,4 \cdot 10^{-2}} = \left[ \frac{0,4}{0,2} \right]^y$$

$$4 = [2]^y$$

$$Y = 2 \quad \text{maka } V \sim [NO]^2$$

Orde reaksi menjadi 1 + 2 = 3

- a. Persamaan laju reaksi : **V = k [NO]<sup>2</sup> [Cl<sub>2</sub>]**

- b. **Untuk menentukan tetapan laju reaksi diambil data salah satu reaksi**

Tetapan laju reaksinya adalah **V = k [NO]<sup>2</sup> [Cl<sub>2</sub>]**

$$2,4 \cdot 10^{-2} \text{ Mdet}^{-1} = k[0,2\text{M}]^2[0,2\text{M}]$$

$$K = 3 \text{ M}^{-2}\text{det}^{-1}$$

Tetapan laju reaksinya adalah 3 M<sup>-2</sup>det<sup>-1</sup>

Secara umum laju reaksi dapat dinyatakan sebagai berikut.

Reaksi : A + B → C + D

**Laju reaksi : V = k [A]<sup>x</sup> [B]<sup>y</sup>**

*Keterangan :*

V = laju reaksi (kecepatan reaksi)

k = tetapan laju reaksi

x = orde reaksi (tingkat reaksi) terhadap konsentrasi A

y = orde reaksi terhadap konsentrasi B

x + y = orde reaksi total

Jika persamaan laju reaksi telah diperoleh maka orde reaksi dapat ditentukan. Pada persamaan laju reaksi, pangkat dari konsentrasi pereaksi menunjukkan orde reaksi. Jadi, **orde reaksi** didefinisikan sebagai **pangkat bilangan pada konsentrasi pereaksi yang mempengaruhi laju reaksi**.

Orde reaksi tidak dapat ditentukan dari koefisien reaksi tetapi ditentukan dari eksperimen, kecuali jika tahapan reaksi diketahui maka orde reaksi adalah koefisien reaksi dari tahapan reaksi yang **paling lambat**.

Contoh, Reaksi : A + B → C + D

Tahap 1 : A + B → AB (lambat)

Tahap 2 : A + AB → C + D (cepat)

$$V = k [A][B] \quad \text{maka orde reaksi adalah } 1 + 1 = 2$$

Dari eksperimen yang dilakukan oleh para ahli kimia diperoleh orde reaksi.

Contoh untuk reaksi :

2 N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(g) → 4 NO<sub>2</sub>(g) + O<sub>2</sub>(g) laju reaksi: V = k [N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>] maka orde reaksi satu.

H<sub>2</sub> + I<sub>2</sub> → 2HI laju reaksi: V = k[H<sub>2</sub>][I<sub>2</sub>], maka orde reaksi dua.

2 NO + Cl<sub>2</sub> → 2 NOCl laju reaksi: V = [NO]<sup>2</sup>[Cl<sub>2</sub>], maka orde reaksi tiga.



## Penugasan 1

Menonton video pembelajaran tentang percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan menyimpulkan hasilnya.

Laju reaksi merupakan berkurangnya konsentrasi reaksi atau bertambahnya konsentrasi produk dalam satuan waktu. Laju reaksi dipengaruhi oleh suhu, luas permukaan, konsentrasi, dan katalis. Contoh penerapan laju reaksi dalam kehidupan sehari-hari, antara lain menyimpan makanan di kulkas agar awet, tidak cepat basi, daging dipotong kecil-kecil sebelum dimasak, dan mencuci pakaian dengan sabun atau detergen yang cukup.



### Tujuan

Penugasan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman Anda tentang faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi.



### Media

Video pembelajaran tentang percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi yang diakses di Youtube



### Langkah-Langkah

1. Cari (*searching*) video pembelajaran tentang percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi di *Youtube* atau dapat juga mengacu pada saran referensi
2. Menonton dan amati video tersebut dan catat hasil pengamatan tentang:
  - a. Bahan atau zat-zat kimia yang digunakan
  - b. Alat-alat yang digunakan
  - c. Prosedur atau langkah kerja/percobaan
3. Menyimpulkan hasil pengamatan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi

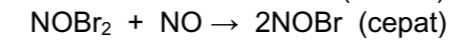
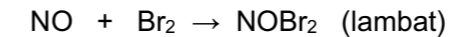
#### Soal Latihan

1. Perhatikan data berikut ini!

Percobaan	Seng (Zn)	Larutan HCl	Suhu
1	Keping	0,2 M	30°C
2	Serbuk	0,2 M	30°C
3	Serbuk	0,5 M	50°C
4	Keping	0,2 M	50°C
5	Serbuk	0,2 M	50°C

Jelaskan reaksi mana yang berlangsung paling cepat!

2. Reaksi  $2 \text{NO} + \text{Br}_2 \rightarrow 2 \text{NOBr}$  mempunyai tahapan reaksi sebagai berikut.



Tentukan persamaan laju reaksinya!

3. Laju reaksi meningkat dua kali lebih cepat setiap kenaikan suhu 10°C. Berikut ini diberikan data pengaruh suhu terhadap laju reaksi.

Suhu	Laju Reaksi, M/detik
20°C	0,005
40°C	0,020
70°C	X
80°C	0,320

Tentukan harga x, yaitu laju reaksi pada suhu 70°C

4. Gas  $\text{Cl}_2$  direaksikan dengan gas  $\text{NO}$  dalam ruang tertutup dengan mengubah-ubah konsentrasinya. Reaksi :  $\text{Cl}_2 (\text{g}) + 2 \text{NO} (\text{g}) \rightarrow 2 \text{NOCl} (\text{g})$

Data percobaan yang diperoleh seperti berikut.

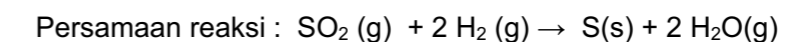
Percobaan	$[\text{Cl}_2]$ , Molar	$[\text{NO}]$ , Molar	Laju reaksi $\text{M s}^{-1}$
1	0,38	0,38	$5 \times 10^{-3}$
2	0,76	0,38	$1 \times 10^{-2}$
3	0,76	0,76	$4 \times 10^{-2}$

Tentukan:

- a. Laju reaksi
- b. Orde reaksi total

5. Direaksikan gas  $\text{SO}_2$  dengan gas  $\text{H}_2$  yang konsentrasinya diubah-ubah di dalam ruang tertutup. Diperoleh data percobaan seperti berikut.

Percobaan	$[\text{SO}_2]$ , Molar	$[\text{H}_2]$ , Molar	Laju reaksi $\text{M s}^{-1}$
1	0,03	0,12	$1 \times 10^{-3}$
2	0,06	0,12	$2 \times 10^{-3}$
3	0,06	0,24	$4 \times 10^{-3}$



Tentukan :

- a. Laju reaksi
- b. Orde reaksi total

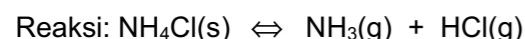


## Unit 7.2

### Optimalisasi Produk pada reaksi Kimia

Pada umumnya reaksi kimia berlangsung satu arah dan menghasilkan suatu produk yang tidak dapat kembali menjadi reaktan. Misalnya: beras dan air dimasak menjadi nasi maka nasi tidak dapat diubah kembali menjadi beras dan air. Demikian juga halnya jika Anda membakar kayu/kertas menghasilkan arang, abu dan asap disertai pembebasan energi/panas; maka arang, abu dan asap tidak dapat dikembalikan menjadi kayu/kertas. Reaksi kimia yang berlangsung satu arah disebut **reaksi berkesudahan** (reaksi *irreversible*). Namun, ada juga reaksi yang berlangsung dua arah yang disebut **reaksi dapat balik** atau **reaksi bolak balik** (reaksi *reversible*).

Sebagai contoh, jika amonium klorida padat,  $\text{NH}_4\text{Cl(s)}$  dipanaskan akan terurai menjadi gas amonia  $\text{NH}_3\text{(g)}$  dan asam klorida  $\text{HCl(g)}$ . Sebaliknya, jika  $\text{NH}_3\text{(g)}$  dan  $\text{HCl(g)}$  didinginkan akan bereaksi kembali membentuk  $\text{NH}_4\text{Cl(s)}$ .

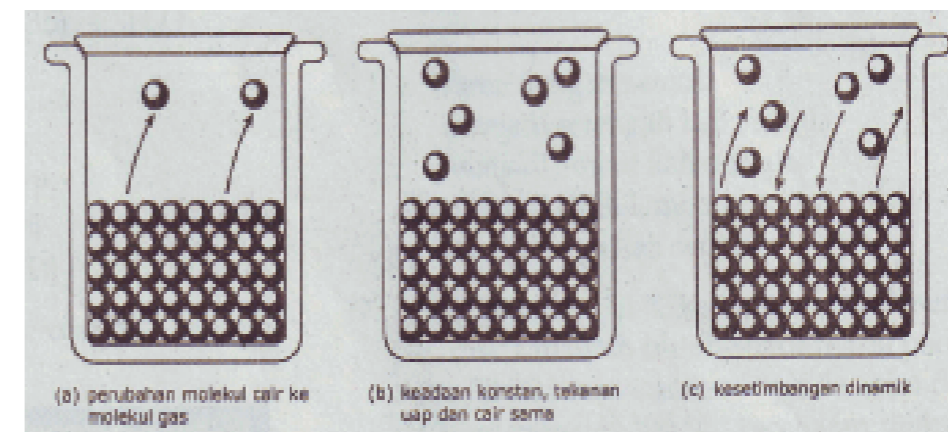


Pada Unit 7.3 ini Anda mempelajari kesetimbangan dinamis, pergeseran kesetimbangan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya, reaksi kesetimbangan dalam industri, tetapan kesetimbangan yang berkaitan dengan konsentrasi zat-zat yang berada dalam keadaan setimbang ( $K_c$ ) dan tetapan kesetimbangan yang berkaitan dengan tekanan gas parsial untuk kesetimbangan gas ( $K_p$ ), serta hubungan  $K_c$  dan  $K_p$ .

#### A. Reaksi satu arah dan reaksi bolak balik

Pada reaksi kesetimbangan tidak terjadi perubahan secara makroskopis tetapi selalu terjadi perubahan mikroskopis pada molekul. Untuk memahami kesetimbangan dinamis, Anda dapat mencermati ilustrasi pada Gambar 7.19, ketika kecepatan air menguap sama dengan kecepatan uap air mengembun pada waktu bersamaan, disebut kesetimbangan dinamis. Untuk memahami pergeseran kesetimbangan karena pengaruh suhu, Anda perlu mengingat kembali reaksi eksoterm dan reaksi endoterm. Pergeseran kesetimbangan karena pengaruh perubahan tekanan dan volume, Anda perlu mengingat hukum Boyle, yaitu jika volume diperbesar maka tekanan menjadi kecil sebaliknya jika volume diperkecil maka tekanan menjadi besar. Untuk memahami  $K_p$  dan  $K_c$ , Anda perlu mencermati contoh perhitungannya dan banyak latihan. Perlu diingat bahwa bila zat berwujud gas maka zat-zat yang berada dalam keadaan setimbang selalu berada dalam sistem (ruang) tertutup.

Apa yang dimaksud dengan kesetimbangan dinamis? Untuk memahami kesetimbangan dinamis, perhatikan ilustrasi pada Gambar 7.19 berikut.

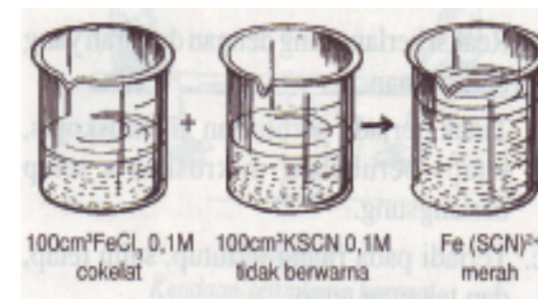


Gambar 7.19 Kesetimbangan dinamis

Bila air berada dalam wadah terbuka, tentu air akan menguap dan dalam waktu yang cukup jumlah air akan berkurang. Tetapi bila air berada dalam wadah tertutup seperti pada Gambar 7.19, jumlah air tetap karena walaupun terjadi penguapan, pada saat yang sama uap air yang terbentuk mengalami pengembunan. Ketika kecepatan air menguap sama dengan kecepatan uap air mengembun pada waktu bersamaan, disebut **kesetimbangan dinamis**. Pada kesetimbangan dinamis tidak terjadi perubahan tinggi permukaan air atau tidak terjadi perubahan makroskopis, namun penguapan dan pengembunan tetap berlangsung dengan arah berlawanan.



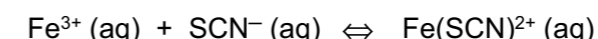
Kesetimbangan ini terus terjadi selama suhu tetap (tidak berubah). Bila suhu dinaikkan tentu penguapan air lebih cepat terjadi, sebaliknya jika suhu diturunkan maka pengembunan terjadi lebih cepat. Bagaimana kesetimbangan dinamis dalam reaksi kimia? Perhatikan percobaan berikut ini.



Gambar 7.20 Reaksi Kesetimbangan

Pada reaksi  $\text{FeCl}_3\text{(aq)} + \text{KSCN(aq)}$  terbentuk  $\text{Fe(SCN)}^{2+}\text{(aq)}$ , jika mol  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{SCN}^-$  jumlahnya sama maka kedua ion tersebut akan habis bereaksi. Tetapi, jika pada hasil reaksi, yaitu  $\text{Fe(SCN)}^{2+}\text{(aq)}$  ditambahkan lagi larutan  $\text{FeCl}_3$  atau  $\text{KSCN}$ , ternyata warna merah bertambah tua yang berarti  $\text{Fe(SCN)}^{2+}$  terbentuk lagi.

Jika  $\text{Fe(SCN)}^{2+}$  terbentuk lagi berarti zat pereaksi masih ada, walaupun berdasarkan perhitungan seharusnya pereaksi sudah habis bereaksi. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi tersebut berlangsung dua arah atau reaksi kesetimbangan. Reaksi kesetimbangan ditulis sebagai berikut.



Pada reaksi kesetimbangan ini, setiap mol ion  $\text{Fe}^{3+}$  bereaksi dengan ion  $\text{SCN}^-$  membentuk ion  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  yang berwarna merah. Pada waktu yang sama ion  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  berubah kembali ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan ion  $\text{SCN}^-$  sehingga jumlahnya selalu tetap atau tidak ada perubahan makroskopis walaupun reaksi berlangsung terus menerus dengan kecepatan reaksi ke kiri sama dengan kecepatan reaksi ke kanan. Keadaan ini disebut kesetimbangan dinamis.

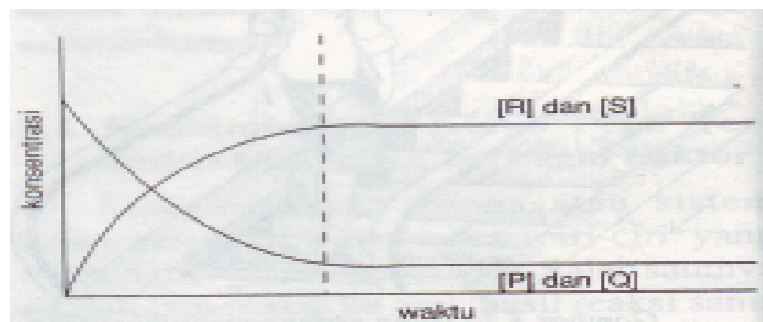
Pada kesetimbangan dinamis tidak terjadi perubahan makroskopis tetapi perubahan secara mikroskopis (perubahan ditingkat partikel) selalu berlangsung dua arah berlawanan dengan kecepatan sama. Ciri-ciri kesetimbangan dinamis, antara lain: (1) reaksi berlangsung dua arah yang berlawanan dengan kecepatan sama terus menerus, (2) reaksi berlangsung dalam ruang tertutup, suhu, dan tekanan tetap, dan (3) tidak terjadi perubahan makroskopis tetapi terjadi perubahan mikroskopis.

## B. Keadaan setimbang

Bagaimana keadaan setimbang bisa dicapai? Ada tiga kemungkinan cara mencapai kesetimbangan, tergantung pada konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi pada saat keadaan setimbang. Perhatikan ilustrasi berikut ini!

Misalkan reaksi :  $\text{P} + \text{Q} \rightleftharpoons \text{R} + \text{S}$ , ada tiga kemungkinan keadaan setimbang tercapai.

### Kemungkinan I

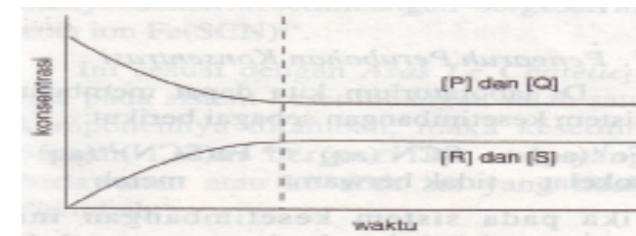


**Gambar 7.21** Pada saat setimbang konsentrasi hasil reaksi > konsentrasi pereaksi

Gambar 7.21 menunjukkan bahwa:

- Pada awalnya konsentrasi pereaksi, yaitu [P] dan [Q] harganya maksimum. Setelah reaksi terjadi, konsentrasi pereaksi semakin lama semakin berkurang sampai tidak terjadi perubahan.
- Pada awalnya konsentrasi hasil reaksi, yaitu [R] dan [S] adalah nol. Setelah reaksi terjadi, konsentrasi hasil reaksi semakin lama semakin bertambah sampai tidak terjadi perubahan.
- Setelah keadaan setimbang tercapai, konsentrasi pereaksi lebih kecil daripada konsentrasi hasil reaksi.

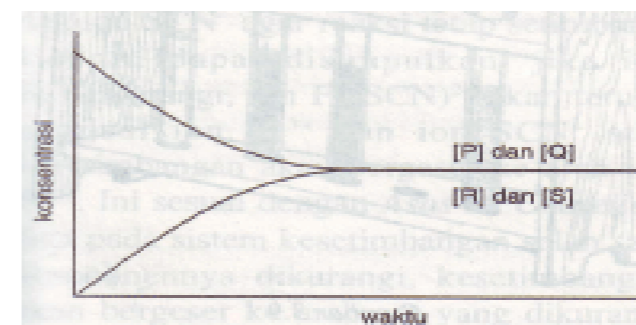
### Kemungkinan II



**Gambar 7.22** Pada saat setimbang konsentrasi hasil reaksi < konsentrasi pereaksi

Gambar 7.22 menunjukkan bahwa pada saat setimbang, konsentrasi pereaksi lebih besar daripada konsentrasi hasil reaksi.

### Kemungkinan III



**Gambar 7.23** Pada saat setimbang konsentrasi hasil reaksi = konsentrasi pereaksi

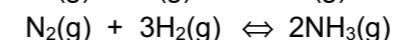
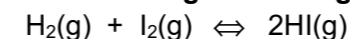
Gambar 7.23 menunjukkan bahwa pada saat setimbang, konsentrasi pereaksi sama dengan konsentrasi hasil reaksi.

Berdasarkan wujud zat-zat yang terdapat dalam keadaan setimbang maka kesetimbangan dapat dibedakan atas kesetimbangan homogen dan kesetimbangan heterogen.

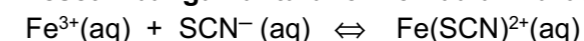
#### 1. Kesetimbangan homogen

Kesetimbangan homogen terjadi, bila zat-zat yang terdapat dalam keadaan setimbang berwujud sama, dapat berupa kesetimbangan antara gas-gas atau antar ion-ion dalam larutan. Contoh:

##### a. kesetimbangan antara gas-gas



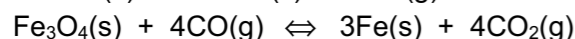
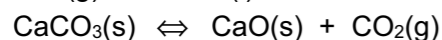
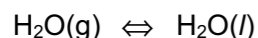
##### b. kesetimbangan antara ion-ion dalam larutan



#### 2. Kesetimbangan heterogen

Kesetimbangan heterogen terjadi, bila zat-zat yang terdapat dalam keadaan setimbang mempunyai wujud yang berbeda, dapat berupa padat dengan gas atau cair dengan gas.

Contoh

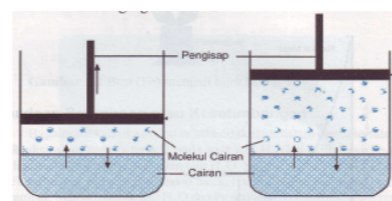


### C. Pergeseran Arah Reaksi Kesetimbangan

Reaksi kesetimbangan peka terhadap perubahan, artinya bila suatu kesetimbangan diberikan aksi tertentu maka sistem kesetimbangan akan terganggu dan reaksi dapat bergeser ke kiri (ke arah reaktan) atau ke kanan (ke arah produk). Untuk memahami pergeseran kesetimbangan perhatikan kesetimbangan dinamis antara cairan dan uap dalam bejana tertutup, pada Gambar 7.24 berikut.

Cairan  $\rightleftharpoons$  Uap

Jika volume ruangan diperbesar secara tiba-tiba dengan menarik pengisap ke atas maka tekanan dalam ruangan menjadi kecil dan kesetimbangan akan terganggu. Akibatnya cairan akan menguap lebih cepat sampai keadaan setimbang lagi. Sebaliknya, jika volume ruangan diperkecil dengan menekan pengisap ke bawah maka tekanan dalam ruangan bertambah besar. Akibatnya uap cairan akan mengembun lebih cepat sampai keadaan setimbang lagi.



**Gambar 7.24** Kesetimbangan cairan dan uap terganggu karena volume ruangan tiba-tiba diperbesar atau diperkecil

Seorang ahli kimia asal Perancis, Henry Louis Le Chatelier (1850-1936) menyatakan bahwa jika pada sistem kesetimbangan diberikan aksi tertentu maka sistem akan mengadakan reaksi untuk meminimalkan pengaruh aksi tersebut. Pernyataan ini dikenal dengan *asas Le Chatelier*. Ada 4 (empat) faktor yang mempengaruhi kesetimbangan, yaitu perubahan suhu, konsentrasi, volume, dan tekanan.

#### 1. Pengaruh Perubahan Suhu

Bagaimana pengaruh perubahan suhu pada sistem kesetimbangan? Reaksi kesetimbangan merupakan reaksi bolak balik ke kanan dan ke kiri. Jika reaksi ke kanan eksoterm maka reaksi ke kiri endoterm. Contoh:



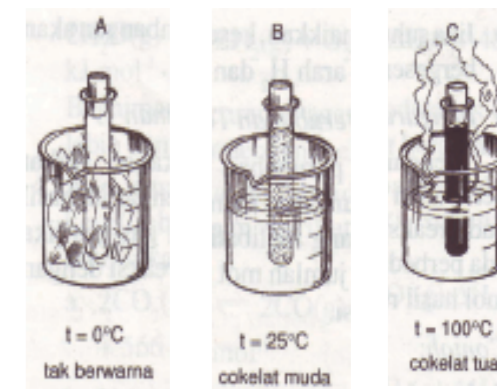
coklat                      tidak berwarna

Perhatikan data percobaan pada Gambar 7.25 berikut !

Gambar 7.25B menunjukkan reaksi kesetimbangan antara  $\text{NO}_2\text{(g)}$  dan  $\text{N}_2\text{O}_4\text{(g)}$  pada suhu  $25^\circ\text{C}$  berwarna coklat muda.

Gambar 7.25A menunjukkan reaksi kesetimbangan antara  $\text{NO}_2\text{(g)}$  dan  $\text{N}_2\text{O}_4\text{(g)}$  pada suhu  $0^\circ\text{C}$  (suhu diturunkan), ternyata tidak berwarna, berarti kesetimbangan bergeser ke kanan ke arah  $\text{N}_2\text{O}_4\text{(g)}$  yang tidak berwarna atau ke arah reaksi eksoterm.

Gambar 7.25C menunjukkan reaksi kesetimbangan antara  $\text{NO}_2\text{(g)}$  dan  $\text{N}_2\text{O}_4\text{(g)}$  pada suhu  $100^\circ\text{C}$  (suhu dinaikkan), ternyata berwarna coklat tua, berarti kesetimbangan bergeser ke kiri ke arah  $\text{NO}_2\text{(g)}$  yang berwarna coklat atau ke arah reaksi endoterm.



**Gambar 7.25** Kesetimbangan  $2\text{NO}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4\text{(g)}$

Dari percobaan tersebut, sesuai dengan *asas Le Chatelier*, dapat disimpulkan bahwa:

- Jika suhu diturunkan, maka sistem kesetimbangan melepaskan energi dan kesetimbangan bergeser ke arah reaksi eksoterm.
- Jika suhu dinaikkan, maka sistem kesetimbangan menyerap energi dan kesetimbangan bergeser ke arah reaksi endoterm.

Contoh

Pada reaksi kesetimbangan:  $\text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{(g)} + \frac{1}{2} \text{O}_2\text{(g)}$ ,  $\Delta H = + 57,8 \text{ kkal}$

Ke arah mana kesetimbangan akan bergeser, jika:

- suhu diturunkan
- suhu dinaikkan

Jawaban

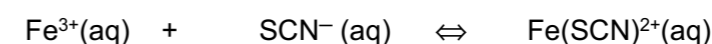
Dari reaksi :  $\text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{(g)} + \frac{1}{2} \text{O}_2\text{(g)}$ ,  $\Delta H = + 57,8 \text{ kkal}$ , dinyatakan bahwa:

Reaksi ke kanan endoterm sedangkan reaksi ke kiri eksoterm

- Jika suhu diturunkan maka kesetimbangan bergeser ke arah reaksi eksoterm atau ke arah  $\text{H}_2\text{O}$
- Jika suhu dinaikkan maka kesetimbangan bergeser ke arah reaksi endoterm atau ke arah  $\text{H}_2$  dan  $\text{O}_2$ .

#### 2. Pengaruh Perubahan Konsentrasi

Bagaimana pengaruh perubahan konsentrasi pada sistem kesetimbangan? Untuk memahami pengaruh perubahan konsentrasi pada sistem kesetimbangan, mari kita pelajari sistem kesetimbangan dalam larutan berikut ini.



Cokelat                      tidak berwarna                      merah



Jika pada sistem kesetimbangan konsentrasi diubah, misalnya dengan menambahkan ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan ion  $\text{SCN}^-$  atau mengurangi ion tersebut maka sistem kesetimbangan akan bergeser, seperti ditunjukkan pada data hasil percobaan berikut (Gambar 7.26).



**Gambar 7.26** Pengaruh konsentrasi pada sistem kesetimbangan

Pada tabung B dan C, penambahan ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan ion  $\text{SCN}^-$  ke dalam larutan standar menyeunitkan warna merah bertambah, artinya konsentrasi  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}(\text{aq})$  bertambah besar. Dapat disimpulkan bahwa penambahan ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan ion  $\text{SCN}^-$  ke dalam larutan standar mengakibatkan kesetimbangan bergeser ke arah ion  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ . Hal ini sesuai dengan *asas Le Chatelier*, bahwa **jika salah satu komponen pada sistem kesetimbangan ditambah, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen yang tidak ditambah.**

Pada tabung D, penambahan kristal  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  ke dalam larutan standar menyeunitkan warna merah berkurang, berarti konsentrasi  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}(\text{aq})$  berkurang karena  $\text{Fe}^{3+}$  bereaksi dengan  $\text{PO}_4^{3-}$  sehingga  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}(\text{aq})$  terurai menjadi ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan ion  $\text{SCN}^-$ . Kesetimbangan bergeser ke arah ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan ion  $\text{SCN}^-$ . Hal ini sesuai dengan *asas Le Chatelier*, bahwa **jika salah satu komponen pada sistem kesetimbangan dikurangi, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen yang dikurangi.**

*Contoh*

Diketahui reaksi kesetimbangan:  $\text{BiCl}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{BiOCl}(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq})$

Ke arah manakah kesetimbangan akan bergeser, jika :

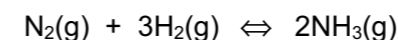
- ditambah  $\text{BiCl}_3$
- ditambah  $\text{HCl}$
- dikurang  $\text{BiOCl}$

Jawaban

- Jika  $\text{BiCl}_3$  ditambah maka kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{BiOCl}$  dan  $2\text{HCl}$
- Jika  $\text{HCl}$  ditambah maka kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{BiCl}_3$  dan  $\text{H}_2\text{O}$
- Jika  $\text{BiOCl}$  dikurangi maka kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{BiOCl}$  dan  $2\text{HCl}$

### 3. Pengaruh Perubahan Tekanan

Bagaimana pengaruh perubahan tekanan pada sistem kesetimbangan? Perhatikan reaksi kesetimbangan pembentukan gas amonia dari gas nitrogen dan gas hidrogen.



Reaksi kesetimbangan ini menunjukkan bahwa:

Reaksi ke kanan : 1 mol gas  $\text{N}_2$  bereaksi dengan 3 mol gas  $\text{H}_2$  terbentuk 2 mol gas  $\text{NH}_3$ .

Reaksi ke kiri : 2 mol gas  $\text{NH}_3$  terurai menjadi 1 mol gas  $\text{N}_2$  dan 3 mol gas  $\text{H}_2$ .

Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada tekanan dan suhu yang berbeda-beda, diperoleh gas  $\text{NH}_3$  seperti pada Tabel 5.1 berikut.

**Tabel 7.4** Pengaruh perubahan tekanan pada sistem kesetimbangan

Suhu $^{\circ}\text{C}$	Persentase hasil gas $\text{NH}_3$ pada tekanan			
	10 atm	100 atm	200 atm	1000 atm
200	50,7	81,5	90,0	98,3
400	3,9	25,1	47,0	79,0
600	0,5	4,5	13,1	31,4

Dari Tabel 7.4 terlihat bahwa pada suhu berapapun, jika tekanan diperbesar, persentase hasil gas  $\text{NH}_3$  juga bertambah besar. Berarti kesetimbangan bergeser ke kanan, yaitu ke arah pembentukan  $\text{NH}_3(\text{g})$ . Sebaliknya jika tekanan diperkecil kesetimbangan bergeser ke kiri, yaitu ke arah  $\text{N}_2(\text{g})$  dan gas  $\text{H}_2(\text{g})$ . Mengapa? Perhatikan jumlah mol zat-zat dalam kesetimbangan.

Kiri : jumlah mol = 1 mol  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{ mol } \text{H}_2(\text{g}) = 4 \text{ mol}$

Kanan : jumlah mol = 2 mol  $\text{NH}_3(\text{g}) = 2 \text{ mol}$

Jadi jumlah mol zat di kiri lebih besar dari jumlah mol zat di kanan

Dari fakta tersebut dapat disimpulkan bahwa,

**bila tekanan pada kesetimbangan gas diperbesar maka kesetimbangan akan bergeser ke arah mol yang lebih kecil. Sebaliknya bila tekanan gas diperkecil maka kesetimbangan akan bergeser ke arah mol yang lebih besar.**

*Contoh*

Pada reaksi kesetimbangan :  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$

Ke manakah kesetimbangan akan bergeser, jika :

- tekanan diperbesar
- tekanan diperkecil

*Jawaban*

Reaksi kesetimbangan :  $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$

Di kiri ada 3 mol, yaitu 2 mol  $\text{SO}_2 + 1 \text{ mol } \text{O}_2$

Di kanan hanya 2 mol  $\text{SO}_3$

- Jika tekanan diperbesar, kesetimbangan akan bergeser ke arah jumlah mol yang lebih kecil atau ke arah  $\text{SO}_3$ .
- Jika tekanan diperkecil, kesetimbangan akan bergeser ke arah jumlah mol yang lebih besar atau ke arah  $\text{SO}_2$  dan  $\text{O}_2$ .

#### 4. Pengaruh Perubahan Volume

Bagaimana pengaruh perubahan volume pada sistem kesetimbangan? Untuk gas dalam wadah tertutup berlaku hukum Boyle, yaitu jika volume diperbesar maka tekanan menjadi kecil sebaliknya jika volume diperkecil maka tekanan menjadi besar. Perhatikan kembali reaksi kesetimbangan:  $N_2(g) + 3H_2(g) \leftrightarrow 2NH_3(g)$

Gambar 7.27 menunjukkan bahwa jika tekanan diperbesar maka gas  $NH_3$  makin banyak terbentuk berarti kesetimbangan bergeser ke mol yang lebih kecil. Menurut hukum Boyle, tekanan diperbesar maka volume menjadi kecil dan reaksi kesetimbangan akan bergeser ke jumlah mol gas yang kecil. Sebaliknya jika volume diperbesar maka tekanan menjadi kecil dan reaksi kesetimbangan akan bergeser ke jumlah mol gas yang lebih besar.

Dapat disimpulkan bahwa:

- Jika volume diperbesar maka kesetimbangan bergeser ke arah jumlah mol gas yang lebih besar.
- jika volume diperkecil maka kesetimbangan bergeser ke arah jumlah mol gas yang lebih kecil.

Contoh:

Pada reaksi kesetimbangan:  $CO(g) + 3H_2(g) \leftrightarrow CH_4(g) + H_2O(g)$

Ke arah manakah kesetimbangan akan bergeser, jika :

- volume diperbesar
- volume diperkecil

Jawaban

Dari reaksi kesetimbangan :  $CO(g) + 3H_2(g) \leftrightarrow CH_4(g) + H_2O(g)$

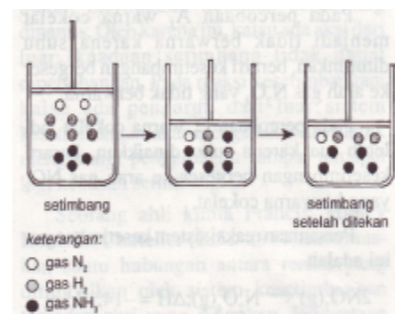
Di kiri ada 4 mol, yaitu 1 mol CO + 3 mol  $H_2$

Di kanan hanya 2 mol, yaitu 1 mol  $CH_4$  + 1 mol  $H_2O$

- Jika volume diperbesar, kesetimbangan akan bergeser ke arah jumlah mol yang lebih besar, yaitu ke arah CO dan  $H_2$ .
- Jika volume diperkecil, kesetimbangan akan bergeser ke arah jumlah mol yang lebih kecil, yaitu ke arah  $CH_4$  dan  $H_2O$ .

Dapat disimpulkan faktor yang mempengaruhi arah pergeseran kesetimbangan sebagai berikut;

No	Faktor	Perubahan	Arah pergeseran
1.	Suhu	Diperbesar Diperkecil	Ke arah endoterm ( $\Delta H +$ ) Ke arah eksoterm ( $\Delta H -$ )
2.	Konsentrasi	Diperbesar Diperkecil	Ke arah lawan Ke arah sendiri
3.	Volume	Diperbesar	Koefisien sama (tetap) Ke arah koefisien besar
		Diperkecil	Koefisien sama (tetap) Ke arah koefisien kecil



Gambar 7.27

Pengaruh Perubahan Volum pada Pergeseran Kesetimbangan

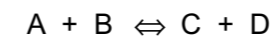
4.	Tekanan	Diperbesar	Koefisien sama (tetap) Ke arah koefisien kecil
		Diperkecil	Koefisien sama (tetap) Ke arah koefisien besar

#### D. Hukum Kesetimbangan

Dalam sistem kesetimbangan tidak terjadi perubahan secara makroskopis. Pada keadaan setimbang, konsentrasi zat-zat yang bereaksi dalam sistem kesetimbangan tetap. Konsentrasi zat dapat berubah jika salah satu zat dalam sistem berubah.

##### 1. Tetapan Kesetimbangan ( $K_c$ )

Dalam keadaan setimbang, laju reaksi ke kanan sama dengan laju reaksi ke kiri. Bagaimana hubungan antara konsentrasi zat-zat pereaksi dan zat-zat hasil reaksi dalam keadaan setimbang? Reaksi setimbang:



Laju reaksi ke kanan = laju reaksi ke kiri

Laju reaksi ke kanan,  $V_1 = k_1 [A][B]$

Laju reaksi ke kiri,  $V_2 = k_2 [C][D]$

Dalam keadaan setimbang,  $V_1 = V_2$

$$k_1 [A][B] = k_2 [C][D]$$

$$K_c = \frac{k_1}{k_2} = \frac{[C][D]}{[A][B]}, \text{ untuk reaksi yang koefisiennya sama.}$$

Keterangan:

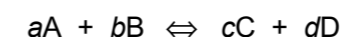
$k_1$  = tetapan laju reaksi ke kanan

$k_2$  = tetapan laju reaksi ke kiri

$K_c$  = tetapan kesetimbangan

[ ] = konsentrasi zat dalam keadaan setimbang, **hanya untuk gas dan zat terlarut saja, tidak termasuk zat padat dan cairan.**

Untuk reaksi yang koefisiennya berbeda, misalnya:

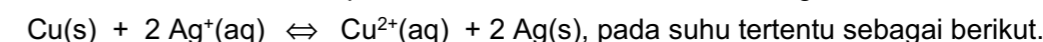


koefisien reaksi adalah  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , dan  $d$  maka harga  $K_c$  adalah ....

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Dari rumus ini terlihat bahwa **tetapan kesetimbangan merupakan hasil kali konsentrasi zat-zat hasil reaksi dibagi dengan hasil kali konsentrasi zat-zat pereaksi, yang masing dipangkatkan dengan koefisiennya.**

Berikut ini diberikan data percobaan untuk reaksi kesetimbangan:



No	$[Cu^{2+}_{(aq)}]$ (mol L <sup>-1</sup> )	$[Ag^+_{(aq)}]$ (mol L <sup>-1</sup> )	$K_c = \frac{[Cu^{2+}]}{[Ag^+]^2}$
1	$2,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-10}$	$2,0 \times 10^{15}$
2	$4,0 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-9}$	$2,0 \times 10^{15}$
3	$2,0 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-8}$	$2,0 \times 10^{15}$

Contoh

1. Tuliskan rumus tetapan kesetimbangan untuk reaksi berikut!

- $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$
- $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$
- $2 SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2 SO_3(g)$
- $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$
- $Fe^{3+}(aq) + SCN^-(aq) \rightleftharpoons Fe(SCN)^{2+}(aq)$

Jawaban

Tetapan kesetimbangan :

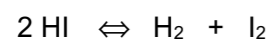
- $K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$
- $K_c = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$
- $K_c = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]}$
- $K_c = [CO_2]$
- $K_c = \frac{[Fe(SCN)^{2+}]}{[Fe^{3+}][SCN^-]}$

2. Sebanyak 0,256 gram HI dalam labu volum 100 cm<sup>3</sup> dipanaskan pada 764°K. Pada keadaan setimbang labu didinginkan sampai temperatur kamar. Dari hasil titrasi diketahui bahwa iodium yang terbentuk adalah  $28 \times 10^{-5}$  mol. Tentukan mol HI dan nilai  $K_c$ . Reaksi kesetimbangan :  $2 HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$

Jawaban

$$HI = \frac{0,256 \text{ gram}}{128 \text{ gram}} \text{ mol} = 2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$K_c = \frac{[H_2][I_2]}{[HI]^2}$$



Dari hasil titrasi,  $I_2 = 28 \times 10^{-5}$  mol maka  $H_2 = 28 \times 10^{-5}$  mol

$$\begin{aligned} \text{Sisa HI} &= 2 \times 10^{-3} \text{ mol} - 2(28 \times 10^{-5}) \text{ mol} \\ &= 0,002 \text{ mol} - 0,00056 \text{ mol} \\ &= 0,00144 \text{ mol} \end{aligned}$$

Karena volumenya = 100 cm<sup>3</sup> maka konsentrasi HI dalam mol/liter adalah ...

$$[HI] = \frac{0,00144 \text{ mol}}{100 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} = 0,0144 \text{ mol dm}^{-3} = 0,0144 \text{ mol/L}$$

$$[I_2] = \frac{0,00028 \text{ mol}}{100 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} = 0,0028 \text{ mol/L}$$

$$[I_2] = [H_2] = 0,0028 \text{ mol/L}$$

$$K_c = \frac{0,0028 \times 0,0028}{(0,0144)^2} = 0,0378$$

3. Gas fosfor pentaklorida terdekomposisi membentuk gas fosfor triklorida dan gas klorida. Dari suatu eksperimen pada temperatur tertentu diperoleh nilai  $K_c = 8,96 \cdot 10^{-2}$ , konsentrasi  $PCl_5 = 6,7 \cdot 10^{-3}$  M dan  $PCl_3 = 3 \cdot 10^{-1}$  M. Hitung konsentrasi  $Cl_2$ , diketahui reaksi kesetimbangan :  $PCl_5(g) \rightleftharpoons PCl_3(g) + Cl_2(g)$

Jawaban

$$K_c = \frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]} = 8,96 \times 10^{-2}$$

$$[PCl_5] = 6,7 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$[PCl_3] = 3 \cdot 10^{-1} \text{ M}$$

$$[Cl_2] = \frac{K_c [PCl_5]}{[PCl_3]} = \frac{8,96 \times 10^{-2} \times 6,7 \times 10^{-3}}{0,03} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ M}$$

Jadi konsentrasi  $Cl_2 = 2,0 \times 10^{-3}$  M

## 2. Tetapan Kesetimbangan Tekanan ( $K_p$ )

Jika zat-zat yang berada dalam keadaan setimbang semuanya berwujud gas maka tetapan kesetimbangan dapat dihitung dengan 2 (dua) cara, yaitu berdasarkan konsentrasi (molaritas) dan tekanan parsial dari zat-zat berwujud gas. Tetapan kesetimbangan yang dihitung berdasarkan tekanan parsial, diberi simbol  $K_p$ .

Contoh

1. Diketahui reaksi kesetimbangan  $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$ , pada suhu 25°C. Tentukan tekanan parsial gas  $N_2$ , jika pada keadaan setimbang tersebut terdapat tekanan parsial gas  $H_2 = 0,15$  atm dan gas  $NH_3 = 0,15$  atm. Diketahui  $K_p = 54$

Jawaban

Persamaan tetapan kesetimbangan :

$$K_p = \frac{(P_{NH_3})^2}{(P_{N_2}) \times (P_{H_2})^3} = 54$$



$$P_{N_2} = \frac{(0,15)^2}{54 \times (0,15)^3} = 0,12 \text{ atm}$$

Jadi, tekanan parsial gas  $N_2$  pada keadaan setimbang adalah 0,12 atmosfer.

2. Pada temperatur 500 K ke dalam sebuah bejana yang bervolum 5 liter dimasukkan 0,6 mol gas HI sehingga terjadi reaksi kesetimbangan:  
 $2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$ . Ketika sistem telah mencapai kesetimbangan ternyata masih terdapat 0,3 mol HI. Hitunglah harga tetapan kesetimbangan gas ( $K_p$ ), jika diketahui  $R = 0,082$

**Jawab**

Reaksi kesetimbangan:  $2HI(g) \rightleftharpoons H_2(g) + I_2(g)$

HI semula = 0,6 mol

HI sisa = 0,3 mol

HI yang terurai = 0,3 mol

$H_2$  yang terbentuk =  $\frac{1}{2} \times 0,3 \text{ mol} = 0,15 \text{ mol}$

$I_2$  yang terbentuk =  $\frac{1}{2} \times 0,3 \text{ mol} = 0,15 \text{ mol}$

Karena reaksi melibatkan gas maka berlaku rumus:  $pV = nRT$ , (gas ideal)

$$p = \frac{nRT}{V}$$

$$P_{HI} = \frac{0,3}{5} \times 0,082 \times 500 \text{ atm} = 2,46 \text{ atm}$$

$$P_{H_2} = \frac{0,15}{5} \times 0,082 \times 500 \text{ atm} = 1,23 \text{ atm}$$

$$P_{I_2} = \frac{0,15}{5} \times 0,082 \times 500 \text{ atm} = 1,23 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{P_{H_2} P_{I_2}}{(P_{HI})^2} = \frac{1,23 \text{ atm} \times 1,23 \text{ atm}}{(2,46)^2 \text{ atm}^2} = 0,25$$

### 3. Hubungan Tetapan Kesetimbangan ( $K_c$ ) dan Tetapan Kesetimbangan Tekanan ( $K_p$ ) Hubungan $K_c$ dan $K_p$

Untuk gas ideal berlaku rumus  $pV = nRT$  atau  $p = \frac{nRT}{V}$

$\frac{n}{V} = C$  (konsentrasi) maka  $p = CRT$

Untuk reaksi kesetimbangan:  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

$$K_p = \frac{(P_C)^c (P_D)^d}{(P_A)^a (P_B)^b} = \frac{([C]RT)^c ([D]RT)^d}{([A]RT)^a ([B]RT)^b} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \times RT^{(c+d) - (a+b)}$$

$$(c + d) - (a + b) = \Delta n \quad \text{Jadi,} \quad K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

**Contoh:**

1. Diketahui reaksi kesetimbangan:  $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$  pada suhu  $200^\circ\text{C}$  dan tekanan 10 atm menghasilkan 50,7%  $NH_3$ . Tentukan:

- harga  $K_p$
- harga  $K_c$

**Jawab:**

$$a. P_{NH_3} = \frac{50,7}{100} \times 10 \text{ atm} = 5,07 \text{ atm}$$

$$\text{Tekanan total} = 10 \text{ atm} = P_{NH_3} + P_{N_2} + P_{H_2}$$

$$P_{N_2} + P_{H_2} = 10 \text{ atm} - 5,07 \text{ atm} = 4,93 \text{ atm}$$

Dari persamaan reaksi diperoleh,  $P_{H_2} : P_{N_2} = 3 : 1$

$$P_{H_2} = \frac{3}{4} \times 4,93 \text{ atm} = 3,70 \text{ atm}$$

$$P_{N_2} = \frac{1}{4} \times 4,93 \text{ atm} = 1,23 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{(P_{NH_3})^2}{(P_{H_2})^3 (P_{N_2})} = \frac{(5,07)^2}{(3,70)^3 (1,23)} = 0,413$$

$$b. K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

$$\Delta n = 2 - (1 + 3) = -2$$

$$R = 0,082$$

$$K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}} = \frac{0,413}{(0,082 \times 473)^{-2}} = 0,413 \times (0,082 \times 473)^2$$

$$\text{Jadi, } K_c = 6,23 \times 10^{-2} = 0,062$$

2. Pada suhu  $125^\circ\text{C}$  soda kue (natrium bikarbonat) dipanaskan hingga sistem mencapai kesetimbangan:  $2NaHCO_3(s) \rightleftharpoons Na_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(g)$ . Jika harga  $K_p = 0,25 \text{ atm}^2$ , tentukan tekanan parsial  $CO_2(g)$  dan  $H_2O(g)$  dalam keadaan setimbang.

**Jawaban:**

Reaksi kesetimbangan:  $2NaHCO_3(s) \rightleftharpoons Na_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(g)$  merupakan kesetimbangan heterogen sehingga harga  $K_p$  hanya ditentukan oleh zat yang berwujud gas.

Perbandingan mol  $CO_2 : H_2O = 1 : 1$

$$K_p = P_{CO_2} P_{H_2O}$$

$$0,25 \text{ atm}^2 = P_{CO_2} P_{H_2O}$$

Karena perbandingan mol  $CO_2 : H_2O = 1 : 1$  maka  $P_{CO_2} = P_{H_2O}$

$$\text{Jadi, } P_{CO_2} = P_{H_2O} = \sqrt{0,25 \text{ atm}^2} = 0,5 \text{ atm}$$

## E. Reaksi Kesetimbangan dalam Industri

Industri kimia selalu berpikir bagaimana memperoleh produk yang banyak dan berkualitas tinggi serta proses yang efektif dan efisien. Untuk itu, perlu dipahami kondisi yang optimal untuk suatu reaksi dengan cara menerapkan sistem kesetimbangan dalam industri. Berikut ini dibahas tentang industri pembuatan amonia dan asam sulfat.

### 1. Pembuatan Amoniak (NH<sub>3</sub>)

Seorang ahli kimia Jerman, *Fritz Haber* (1868 – 1934) menemukan proses pembuatan amonia dari gas N<sub>2</sub> dari udara di laboratorium pada tahun 1918. Sedangkan proses pembuatan amonia dalam skala besar di industri ditemukan oleh *Carl Bosch*, seorang insinyur kimia asal Jerman.

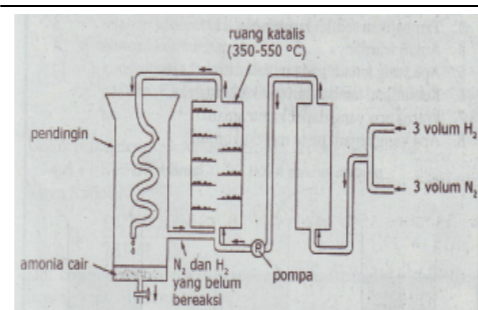
Proses penemuan amonia diawali dari kebutuhan Jerman akan pupuk dan bahan peledak menjelang perang dunia kedua. Biasanya pupuk dan bahan peledak ini diimpor dari Amerika Selatan, karena kondisi perang impor terhenti. Hal ini menyenitikan para ahli kimia melakukan penelitian bagaimana memanfaatkan gas nitrogen dari udara menjadi senyawa amonia yang bermanfaat.

Pada tahun 1909 *Fritz Haber*, melakukan percobaan pembuatan amonia di laboratorium menghasilkan 100 gram amonia.

Proses Haber-Bosch adalah proses pembuatan amonia di industri dengan menggunakan gas N<sub>2</sub> dari udara dan gas H<sub>2</sub> dari gas alam (metana). Gas N<sub>2</sub> dari udara dan gas H<sub>2</sub> dialirkan ke dalam reaktor baja yang diisi katalis serbuk besi. Hasil reaksi NH<sub>3</sub>(g) yang disertai N<sub>2</sub>(g) dan H<sub>2</sub>(g) dialirkan ke suatu alat yang dilengkapi dengan kondensor untuk didinginkan.

Alat pembuatan amonia terlihat pada Gambar 7.29.

Amonia mempunyai titik didih -33°C jauh lebih tinggi dari titik didih N<sub>2</sub> (-196°C) dan titik didih H<sub>2</sub> (-253°C) sehingga amonia dipisahkan dalam keadaan cair. Sedangkan gas N<sub>2</sub> dan gas H<sub>2</sub> dikembalikan lagi ke dalam reaktor untuk membentuk NH<sub>3</sub> lagi.



**Gambar 7.29** Bagan proses pembuatan amonia



**Gambar 7.28 A**

Fritz Haber, Penemu proses pembuatan amonia di laboratorium

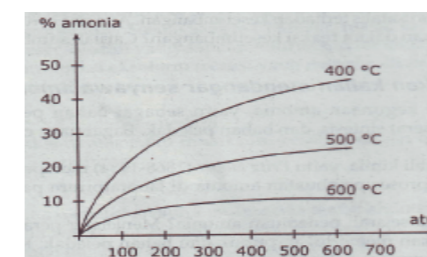


**Gambar 7.28 B**

Carl Bosch (1874 – 1940) Penemu proses pembuatan amonia skala industri

Bagaimana kondisi optimal untuk produksi amonia? Perhatikan reaksi pembuatan amonia:

$$\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \xrightarrow{\text{katalisFe}} 2 \text{NH}_3(\text{g}), \Delta H = -92 \text{ kJ/mol}$$
 Dari reaksi ini terlihat bahwa reaksi pembuatan amonia merupakan reaksi eksoterm (melepaskan kalor), jika suhu dinaikkan maka reaksi akan bergeser ke kiri sehingga amonia yang dihasilkan sedikit. Sesuai dengan asas *Le Chatelier*, jika tekanan diperbesar maka kesetimbangan bergeser ke kanan berarti produksi NH<sub>3</sub> bertambah. Berdasarkan serangkaian percobaan, diperoleh data seperti yang terlihat pada Gambar 5.11 (grafik persentase jumlah amonia yang dihasilkan pada tekanan dan suhu tertentu).



**Gambar 7.30** Grafik persentase amonia yang dihasilkan pada tekanan dan suhu tertentu

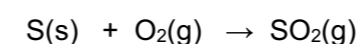
Berdasarkan data percobaan dan sesuai dengan asas *Le Chatelier*, diperoleh kondisi optimal pada pembuatan amonia, yaitu tekanan kira-kira 200 atm, suhu kira-kira 450°C, dan menggunakan katalis Fe.

Amonia digunakan sebagai bahan baku pada pembuatan pupuk urea, bahan peledak TNT (trinitrotoluena), nitrogliserin, hidrazin (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), asam nitrat, serat sintesis, dan sebagainya.

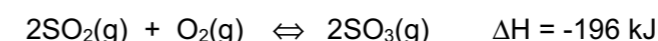
### 2. Pembuatan Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Asam sulfat merupakan zat kimia yang sangat penting karena banyak digunakan sebagai bahan baku industri lain, seperti industri pupuk, deterjen, cat dan zat warna, fiber, plastik, akumulator, bahan peledak, dan sebagainya.

Produksi asam sulfat secara besar-besaran dilakukan dengan **proses kontak**, yaitu dua pereaksi dalam suatu proses kimia berkontak dengan suatu katalis padat. Reaksi itu adalah belerang dioksida direaksikan dengan gas oksigen dan katalis platinum atau vanadium pentoksida untuk menghasilkan belerang trioksida. Pembuatan asam sulfat dengan proses kontak menggunakan bahan baku belerang murni yang dibakar di udara. Reaksi yang terjadi sebagai berikut.

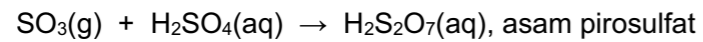


Gas SO<sub>2</sub> yang terbentuk dioksidasi lagi dengan udara menggunakan katalis vanadium pentoksida (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), melalui reaksi kesetimbangan berikut ini.

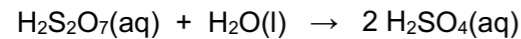


Reaksi ke kanan merupakan reaksi eksoterm dan baru dapat terjadi pada suhu 400°C dengan katalis vanadium pentoksida ( $V_2O_5$ ) dan reaksi dilakukan pada tekanan rendah, yaitu 1 atm, diperoleh asam sulfat dengan kadar 98%.

Gas  $SO_3$  yang terbentuk sukar larut dalam air, tetapi mudah larut dalam asam sulfat pekat. Oleh seunit itu, gas  $SO_3$  yang terbentuk direaksikan dengan asam sulfat pekat, melalui reaksi berikut.



Selanjutnya, asam piro sulfat disiram dengan air untuk mendapat asam sulfat. Reaksi :



## Penugasan 2

Menonton video pembelajaran tentang percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran reaksi kesetimbangan dan menyimpulkan hasilnya.

Reaksi setimbang (reaksi kesetimbangan) adalah reaksi dengan laju reaksi dari kiri ke kanan sama dengan laju reaksi dari kanan ke kiri. Kesetimbangan dinamis adalah reaksi kesetimbangan yang berlangsung terus menerus dari dua arah kiri dan kanan, tidak terjadi perubahan makroskopis tetapi terjadi perubahan mikroskopis. Pergeseran reaksi kesetimbangan dipengaruhi oleh konsentrasi, volume, tekanan, dan suhu. Reaksi kesetimbangan diterapkan di industri untuk memperoleh hasil optimal.



## Tujuan

Penugasan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman Anda tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran reaksi kesetimbangan.



## Media

Video pembelajaran tentang percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran reaksi kesetimbangan yang diakses di Youtube



## Langkah-Langkah

1. Cari (*searching*) video pembelajaran tentang percobaan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran reaksi kesetimbangan di *Youtube* atau dapat juga mengacu pada saran referensi.

2. Menonton dan amati video tersebut dan catat hasil pengamatan tentang:
  - a. Bahan atau zat-zat kimia yang digunakan
  - b. Alat-alat yang digunakan
  - c. Prosedur atau langkah kerja/percobaan
3. Menyimpulkan hasil pengamatan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran reaksi kesetimbangan.

## Soal Latihan

1. Dalam ruangan 2 liter terdapat 0,2 mol  $H_2$ , 0,1 mol  $N_2$  dan 0,8 mol  $NH_3$  berada dalam keadaan setimbang dengan reaksi  $3H_2(g) + N_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$  Tentukan harga tetapan kesetimbangan.
2. Ke dalam ruangan 2 liter dimasukkan 5,4 gram gas  $SO_2Cl_2$ , terurai dengan reaksi  $SO_2Cl_2(g) \rightleftharpoons SO_2(g) + Cl_2(g)$  setelah terjadi kesetimbangan terdapat 0,01 mol gas  $SO_2$  tentukan:
  - a. Tetapan kesetimbangan ( $K_c$ )
  - b. Derajat disosiasi.
3. Dimasukkan 0,5 mol gas  $SO_3$  dalam ruangan 1 liter terurai dengan persamaan  $2 SO_3(g) \rightleftharpoons 2 SO_2(g) + O_2(g)$  dalam keadaan setimbang terdapat perbandingan  $SO_3 : O_2 = 2 : 1$  Tentukan:
  - a. Susunan gas dalam keadaan setimbang
  - b. Tetapan kesetimbangan
4. Pada reaksi  $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$   $K_c = 2 \cdot 10^{-5}$ , pada temperatur yang sama tentukan harga  $K_c$  untuk reaksi  $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ .



## Rangkuman

- Laju reaksi adalah laju berkurangnya konsentrasi zat pereaksi (reaktan) atau laju bertambahnya konsentrasi zat hasil reaksi (produk) dalam satuan waktu. Laju reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi pereaksi dan persamaan laju reaksi umumnya ditentukan secara eksperimen.
- Laju reaksi dipengaruhi oleh luas permukaan, konsentrasi pereaksi, suhu, tekanan untuk reaksi antar gas, dan katalis. Jika suhu dinaikkan  $10^{\circ}\text{C}$  maka laju reaksi menjadi dua kali lebih cepat.
- Orde reaksi didefinisikan sebagai pangkat bilangan pada konsentrasi pereaksi yang mempengaruhi laju reaksi dan ditentukan dari persamaan laju reaksi.
- Menurut teori tumbukan, suatu reaksi dapat berlangsung jika terjadi tumbukan atau tabrakan antar partikel zat yang bereaksi. Tumbukan akan efektif, jika partikel-partikel mempunyai energi minimum yang disebut energi aktivasi ( $E_a$ ). Jika suhu dinaikkan maka energi kinetik dari partikel akan bertambah sehingga tumbukan semakin sering terjadi mengakibatkan laju reaksi makin cepat.
- Reaksi irreversibel adalah reaksi yang berlangsung ke satu arah. Sedangkan reaksi reversibel adalah reaksi yang dapat balik, artinya hasil reaksi dapat kembali menjadi pereaksi.
- Sistem kesetimbangan adalah reaksi reversibel yang berlangsung dalam wadah tertutup dengan laju reaksi ke kanan sama dengan laju reaksi ke kiri sehingga reaksi berada dalam keadaan setimbang.
- Kesetimbangan dinamis adalah saat pada kesetimbangan tidak terjadi perubahan makroskopis (perubahan yang dapat diukur atau teramati) tetapi terjadi perubahan mikroskopis (perubahan pada partikel) yang tetap berlangsung dua arah yang berlawanan dengan kecepatan sama.
- Kesetimbangan homogen adalah keadaan kesetimbangan yang semua zat-zat di dalamnya berwujud sama. Sedangkan kesetimbangan heterogen adalah ketimbangan yang zat-zat di dalamnya berwujud tidak sama.
- Pergeseran reaksi kesetimbangan dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi, perubahan suhu, perubahan tekanan, dan perubahan volume.
- Asas Le Chatelier adalah jika pada sistem kesetimbangan diberikan suatu aksi maka sistem tersebut akan mengadakan reaksi untuk meminimalkan pengaruh tersebut.
- Contoh reaksi kesetimbangan dalam industri adalah pembuatan gas amonia menurut proses Haber-Bosch dan pembuatan asam sulfat dengan proses kontak.
- Jika reaksi kesetimbangan dinamis dinyatakan dengan persamaan reaksi:  

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$
 maka hubungan kuantitatif zat yang terlibat dalam reaksi adalah :

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

- Jika zat-zat yang terlibat dalam reaksi kesetimbangan semuanya berwujud gas maka tetapan kesetimbangan dapat dihitung dari tekanan parsial dari masing-masing zat, dan diberi simbol  $K_p$ . Dari reaksi kesetimbangan :  $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$ , maka :

$$K_p = \frac{(p_C)^c (p_D)^d}{(p_A)^a (p_B)^b}$$

Hubungan  $K_c$  dan  $K_p$  dirumuskan sebagai  $K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$

## Penilaian

### I. Jawablah pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas!

- Reaksi dari  $x_A + y_B \rightarrow z_C$

No	[A] M	[B] M	Waktu Reaksi	Laju Reaksi (1/waktu)
1	0,1	0,05	8	1/8
2	0,2	0,05	2	1/2
3	0,1	0,1	4	1/4

Tentukan:

- Orde terhadap A, B dan Orde reaksi
  - Persamaan laju reaksi
  - Tetapan laju reaksi
- Direaksikan gas  $\text{SO}_2$  dengan gas  $\text{H}_2$  yang konsentrasinya diubah-ubah di dalam ruang tertutup. Diperoleh data percobaan seperti berikut.

Percobaan	$[\text{SO}_2]$ , Molar	$[\text{H}_2]$ , Molar	Laju reaksi $\text{M s}^{-1}$
1	0,03	0,12	$1 \times 10^{-3}$
2	0,06	0,12	$2 \times 10^{-3}$
3	0,06	0,24	$4 \times 10^{-3}$

Tentukan :

- Orde terhadap  $\text{SO}_2$  dan  $\text{H}_2$  dan Orde reaksi
  - Persamaan laju reaksi
  - Tetapan laju reaksi
- Ammonium hidrogen sulfida ( $\text{NH}_4\text{HS}$ ) dimasukkan ke dalam ruangan hampa pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$ . Tentukan tekanan gas total pada kesetimbangan  

$$\text{NH}_4\text{HS(s)} \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g}) \quad K_p = 0,108$$
  - Pada kesetimbangan  $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$  dimasukkan 0,5 mol  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$  dengan derajat disosiasi 0,125 bila tekanan total gas tersebut 10 atm. Tentukan  $K_p$  gas tersebut.

5. Jika 1 mol uap  $I_2$  dimasukkan ke dalam ruang hampa sebesar 1 liter pada suhu  $1200^\circ C$ , 5% dari zat tersebut terurai menjadi atom I. Untuk reaksi  $I_2(g) \rightleftharpoons 2 I(g)$ , Tentukan harga  $K_p$ .

**II. Pilih satu jawaban yang paling tepat!**

1. Laju reaksi  $A + 2B \rightarrow C + 3D$  pada suatu saat dapat dinyatakan sebagai....  
 A. penambahan konsentrasi B dan C tiap satuan waktu  
 B. pengurangan konsentrasi D per satuan waktu.  
 C. penambahan konsentrasi A per satuan waktu.  
 D. penambahan konsentrasi C per satuan waktu.  
 E. pengurangan konsentrasi C per satuan waktu.
2. Pada reaksi  $A \rightarrow B$  mula – mula  $[A] = 0,1 M$  dan setelah 20 detik tinggal 0,05 M maka laju reaksinya adalah ...  
 A.  $5,0 \times 10^{-2} M/det$   
 B.  $2,5 \times 10^{-2} M/det$   
 C.  $5,0 \times 10^{-3} M/det$   
 D.  $2,5 \times 10^{-3} M/det$   
 E.  $2,5 \times 10^{-4} M/det$
3. Jika laju reaksi penguraian  $SO_3$  menjadi  $SO_2$  dan  $O_2$  menurut reaksi  $2SO_3 \rightarrow 2SO_2 + O_2$  adalah  $1,5 \times 10^{-4} M \text{ det}^{-1}$  maka laju reaksi pembentukan  $O_2$  sebesar ...  
 A.  $3,0 \times 10^{-5} M. \text{det}^{-1}$   
 B.  $7,5 \times 10^{-5} M.\text{det}^{-1}$   
 C.  $1,5 \times 10^{-4} M.\text{det}^{-1}$   
 D.  $3,0 \times 10^{-4} M. \text{det}^{-1}$   
 E.  $7,5 \times 10^{-4} M.\text{det}^{-1}$
4. Sebanyak 0,5 mol dinitrogen pentaoksida dipanaskan dalam ruang 5 L hingga terurai menurut persamaan :  $2 N_2O_5 (g) \rightarrow 4 NO_2(g) + O_2 (g)$   
 Setelah 10 detik pertama terbentuk 0,1 mol gas  $O_2$ . Maka laju reaksi terhadap  $N_2O_5$  tersebut adalah.... M/det.  
 A. 0,002 M  $\text{det}^{-1}$   
 B. 0,004 M  $\text{det}^{-1}$   
 C. 0,006 M  $\text{det}^{-1}$   
 D. 0,008 M  $\text{det}^{-1}$   
 E. 0,010 M  $\text{det}^{-1}$
5. Energi minimal yang diperlukan untuk berlangsungnya suatu reaksi disebut....  
 A. kinetik  
 B. potensial  
 C. tumbukan  
 D. kimia  
 E. aktivasi
6. Serbuk gergaji kayu lebih mudah terbakar daripada potongan kayu. Hal ini disebabkan oleh faktor:  
 A. suhu  
 B. katalis  
 C. konsentrasi  
 D. luas permukaan  
 E. energi aktivasi

7. Perhatikan data berikut!

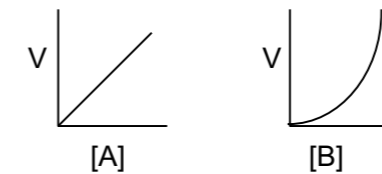
No	CaCO <sub>3</sub> 5gram	[HCl] M	Suhu	Waktu det
1	Keping	0,5	30	120
2	Serbuk	0,5	30	25
3	Keping	1,5	30	25
4	Serbuk	1,5	30	10

Pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi ditunjukkan oleh percobaan...

- A. 1 dan 2  
 B. 1 dan 3  
 C. 1 dan 4  
 D. 2 dan 3  
 E. 3 dan 4

8. Reaksi berikut yang paling cepat adalah...  
 A. lempeng Mg dengan larutan HCl 1 M  
 B. lempeng Mg dengan larutan HCl 0,1 M  
 C. serbuk Mg dengan larutan HCl 1 M  
 D. serbuk Mg dengan larutan HCl 0,1 M  
 E. serbuk Mg dengan larutan HCl 2 M

9. Suatu reaksi  $A + B \rightarrow$  hasil, laju reaksi A dan B digambarkan grafik berikut



maka orde reaksi tersebut adalah ...

- A. 5  
 B. 4  
 C. 3  
 D. 2  
 E. 1

10. Suatu reaksi dengan  $v = k[A]^2[B]$  jika konsentrasi A dan B diperbesar 4 kali, maka v reaksi menjadi ..... semula.

- A. 4 kali  
 B. 8 kali  
 C. 16 kali  
 D. 32 kali  
 E. 64 kali

11. Untuk reaksi  $2NO + Br_2 \rightarrow 2NOBr$ , diperoleh data sebagai berikut

No	Konsentrasi (M)		Laju reaksi (M $\text{det}^{-1}$ )
	[NO]	[Br <sub>2</sub> ]	
1	0,1	0,1	12
2	0,1	0,2	24
3	0,1	0,3	36
4	0,2	0,1	48
5	0,3	0,1	108

Maka orde reaksi terhadap NO, Br<sub>2</sub> dan orde reaksi total secara berurutan adalah....

- A. 1, 1 dan 2  
 B. 1, 2 dan 3  
 C. 2, 1 dan 2  
 D. 2, 1 dan 3  
 E. 2, 2 dan 4





- B.  $\text{CoCl}_2$  tidak terlibat dalam proses reaksi
- C.  $\text{CoCl}_2$  berfungsi mempercepat terjadinya reaksi dan tidak mempengaruhi hasil reaksi
- D.  $\text{CoCl}_2$  bertindak sebagai katalis karena dapat merubah warna larutan
- E. Natrium kalium tartrat bertindak sebagai inhibitor

19. Diantara pasangan pereaksi berikut yang diharapkan bereaksi paling cepat adalah...

- A. 20 mL HCl 0,2M + 20 mL  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M pada  $30^\circ\text{C}$
- B. 20 mL HCl 0,1M + 20 mL  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M + 10 mL air pada  $30^\circ\text{C}$
- C. 20 mL HCl 0,1M + 20 mL  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M pada  $40^\circ\text{C}$
- D. 20 mL HCl 0,2M + 20 mL  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M pada  $40^\circ\text{C}$
- E. 20 mL HCl 0,2M + 20 mL  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M + 20 mL air pada  $40^\circ\text{C}$ .

20. Data percobaan reaksi  $2\text{X} + 3\text{YQ} \rightarrow \text{X}_2\text{Y}_3$

No	[A]M	[B]M	Waktu reaksi (det)
1.	3	3	66
2.	6	3	33
3	3	9	22

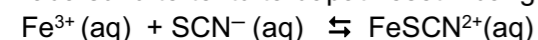
Orde reaksi terhadap A, B dan orde reaksi total adalah...

- A. 3, 2 dan 5
- B. 2, 3 dan 5
- C. 2, 2 dan 4
- D. 1, 1 dan 2
- E. 0, 1 dan 1

21. Reaksi bolak-balik  $\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons \text{C} + \text{D}$  Keadaan kesetimbangan tercapai apabila...

- A. perbandingan  $[\text{C}][\text{D}]$  dengan  $[\text{A}][\text{B}]$  sama dengan satu
- B. komponen A + B dan C + D berada dalam sistem tertutup
- C. jumlah massa  $[\text{A} + \text{B}]$  sama dengan massa  $[\text{C} + \text{D}]$
- D. jumlah mol  $[\text{A} + \text{B}]$  sama dengan jumlah mol  $[\text{C} + \text{D}]$
- E. laju reaksi  $\text{A} + \text{B} \rightarrow \text{C} + \text{D}$  sama dengan laju reaksi  $\text{C} + \text{D} \rightarrow \text{A} + \text{B}$

22. Pada suhu tertentu terdapat kesetimbangan



Coklat bening merah

Pada kesetimbangan ditambahkan air dengan volum tertentu maka akan terjadi....

- A. larutan semakin merah harga K tetap
- B. warna merah memudar harga K tetap
- C. warna merah memudar harga K makin kecil
- D. larutan semakin merah harga K semakin besar
- E. tidak terjadi perubahan .harga K tetap

23. Reaksi Kesetimbangan  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$   $\Delta H = + 58,2 \text{ KJ}$

tidak berwarna coklat

Bila tabung reaksi dimasukkan kedalam gelas kimia yang berisi es maka akan terjadi....

- A. warna semakin coklat
- B. tidak ada perubahan warna
- C. warna coklat berkurang
- D. tidak berwarna
- E. tidak dapat di ramalkan

24. Reaksi  $\text{Cu}_2\text{S}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Cu}_2\text{O}(\text{s}) + \text{SO}_2(\text{g})$  (belum setara)

Rumus tetapan kesetimbangan adalah...

- A.  $K = \frac{[\text{Cu}_2\text{O}][\text{SO}_2]}{[\text{Cu}_2\text{S}][\text{O}_2]}$
- B.  $K = \frac{[\text{SO}_2]^2}{[\text{O}_2]}$
- C.  $K = \frac{[\text{Cu}_2\text{O}]^2[\text{SO}_2]^2}{[\text{Cu}_2\text{S}]^2[\text{O}_2]}$
- D.  $K = \frac{[\text{O}_2]^2}{[\text{SO}_2]^2}$
- E.  $K = \frac{[\text{Cu}_2\text{S}]^2[\text{O}_2]^2}{[\text{Cu}_2\text{O}]^2[\text{SO}_2]^2}$

25. Pada kesetimbangan  $\text{C}_2\text{H}_4(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   $\Delta H = -1410,8 \text{ KJ}$ .

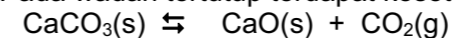
Tidak akan terganggu apabila dilakukan...

- A. perubahan suhu
- B. penambahan gas oksigen
- C. mengurangi tekanan
- D. menurunkan suhu
- E. mengeluarkan uap air

26. Reaksi kesetimbangan pada suhu tetap tekanan sistem diperkecil menyebabkan hasil reaksi bertambah adalah...

- A.  $4\text{HCl}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- B.  $\text{Cu}_2\text{S}(\text{s}) + 1\frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Cu}_2\text{O}(\text{s}) + \text{SO}_2(\text{g})$
- C.  $2\text{CO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
- D.  $\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
- E.  $\text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$

27. Pada wadah tertutup terdapat kesetimbangan



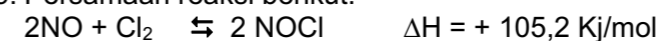
Pada suhu tetap, volum diperbesar terjadi pergeseran kearah...

- A.  $\text{CO}_2$ , harga K tetap
- B.  $\text{CO}_2$ , harga K semakin kecil
- C.  $\text{CO}_2$ , harga K semakin besar
- B.  $\text{CaCO}_3$  harga K semakin besar
- C.  $\text{CaCO}_3$  harga K semakin kecil

28. Reaksi kesetimbangan berikut yang mempunyai harga  $K_p$  sama dengan harga  $K_c$  adalah...

- A.  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$
- B.  $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$
- C.  $\text{Cu}_2\text{S}(\text{s}) + 1\frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{Cu}_2\text{O}(\text{s}) + \text{SO}_2(\text{g})$
- D.  $2\text{HCl}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$
- E.  $\text{NH}_4\text{HS}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g})$

29. Persamaan reaksi berikut:

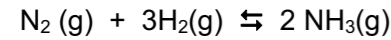


Pernyataan yang benar apabila suhu diperbesar adalah....

- A. Gas NOCl semakin banyak harga K semakin besar
- B. Gas NOCl semakin banyak, harga K semakin kecil.

- C. Gas NO semakin banyak, harga K semakin kecil .
- D. Gas NO semakin banyak, harga K semakin besar.
- E. Gas NO semakin banyak, harga K tetap.

30. Reaksi kesetimbangan amoniak untuk pembuatan urea bersifat eksoterm yang berlangsung pada suhu 500°C dan tekanan 30 atm.



Agar reaksi bergeser ke arah gas amoniak, hal yang harus dilakukan adalah ... .

- A. ditambah katalis dan suhu diperbesar
- B. volume diperbesar dan ditambah katalis
- C. tekanan diperbesar dan suhu optimum 500°C
- D. suhu diperbesar dan penambahan gas nitrogen
- E. gas amoniak dikeluarkan dan tekanan diperkecil

31. Bila harga  $K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^6[\text{NO}]^4}{[\text{NH}_3]^4[\text{O}_2]^5}$

maka persamaan reaksi yang benar adalah...

- A.  $6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 4\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g})$
- B.  $4\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 6\text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons 5\text{NH}_3(\text{g}) + 4\text{O}_2(\text{g})$
- C.  $\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{NO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
- D.  $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + 4\text{NO}(\text{g})$
- E.  $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{NO}(\text{g})$

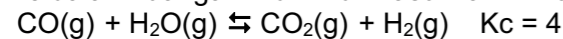
32. Dalam ruangan bervolume 2 liter terdapat 0,6 mol  $\text{NH}_3$ , 0,4 mol  $\text{N}_2$  dan 0,2 mol  $\text{H}_2$ , dalam keadaan setimbang dengan reaksi kesetimbangan  $2\text{NH}_3(\text{g}) \rightleftharpoons \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ , harga tetapan kesetimbangan reaksi tersebut adalah...

- A. 0,0022
- B. 0,0044
- C. 0,0088
- D. 50,00
- E. 112,5

33. Ke dalam ruangan 2 dm<sup>3</sup> di masukkan 0,4 mol gas fosgen terurai menjadi  $\text{COCl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$  setelah tercapai kesetimbangan terdapat 0,1 mol gas klor. Pada suhu tetap harga Kc adalah...

- A. 1/60
- B. 1/30
- C. 9/30
- D. 30
- E. 90

34. Ke dalam ruangan 1 dm<sup>3</sup> di masukkan 2 mol gas CO dan 2 mol uap air terjadi reaksi



dalam keadaan setimbang uap air yang tersisa adalah...

- A. 1/3 mol
- B. 2/3 mol
- C. 1 mol
- D. 4/3 mol
- E. 5/3 mol

35. Dimasukkan 0,6 mol gas  $\text{N}_2$  dan 0,4 mol gas  $\text{O}_2$  dalam ruang 2 dm<sup>3</sup>

$\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g})$  Dalam keadaan setimbang perbandingan gas nitrogen dan nitrogen monoksida 1 : 3 pada suhu tetap harga Kc adalah...

- A. 0,02
- B. 0,54
- C. 0,75
- D. 54
- E. 75

36. Pada suhu 750 K terdapat kesetimbangan  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$  Kc  $4,5 \cdot 10^{-2}$  dan R 0,082. Harga Kp adalah....

- A.  $1,5 \cdot 10^{-1}$
- B.  $1,6 \cdot 10^{-2}$
- C.  $2,7 \cdot 10^{-3}$
- D.  $7,5 \cdot 10^{-4}$
- E.  $1,2 \cdot 10^{-5}$

37. Ke dalam wadah bervolume 10 liter dimasukkan 540 gram gas  $\text{N}_2\text{O}_5$  (Mr=108), yang terurai menjadi  $2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$

jika pada keadaan setimbang terdapat perbandingan mol gas  $\text{N}_2\text{O}_5$  dan  $\text{NO}_2$  adalah 4 : 1, maka derajat disosiasi adalah...

- A.  $\frac{5}{9}$
- B.  $\frac{1}{9}$
- C.  $\frac{1}{2}$
- D. 5
- E. 9

38. Ke dalam wadah bervolume 5 liter dimasukkan 4 mol gas  $\text{N}_2\text{O}_5$ , yang terurai menjadi

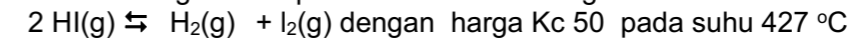
$2\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightleftharpoons 4\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$  jika pada keadaan setimbang terdapat 1,5 mol gas  $\text{N}_2\text{O}_5$  dalam keadaan yang sama, maka derajat disosiasi adalah...

- A. 1/8
- B. 3/8
- C. 5/8
- D. 3/40
- E. 4/5

39. Dalam ruangan terdapat gas Nitrogen dan gas hidrogen, terbentuk reaksi  $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$  Bila dalam keadaan kesetimbangan terdapat 0,05 mol gas nitrogen 0,01 mol gas hidrogen dan 0,03 mol gas amoniak. Tekanan total dalam ruangan 8 atm maka harga Kp adalah...

- A. 0,36 atm
- B. 0,40 atm
- C. 0,45 atm
- D. 1,80 atm
- E. 2,50 atm

40. Dalam ruangan terdapat reaksi kesetimbangan dari:



Bila tetapan gas R = 0,082 L atm mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> Maka tetapan kesetimbangan tekanan pada suhu tersebut adalah...

- A. 2870
- B. 1861,4
- C. 1750,7
- D. 50
- E. 5.

# Kunci Jawaban

## Unit 7.1 Laju Reaksi

### Rubrik Penilaian Penugasan 1

No.	Aspek yang diamati	Skor
1.	Bahan-bahan atau zat-zat kimia yang digunakan	2
2.	Alat-alat yang digunakan	2
3.	Prosedur atau langkah-langkah kerja	2
4.	Reaksi yang terjadi	2
5.	Menyimpulkan hasil pengamatan	2
	Skor maksimum	10

Skor maksimum adalah 10. Jika Anda menuliskan dengan lengkap aspek yang diamati, berarti skor Anda 10 maka:

$$\text{Nilai Anda} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100 = \frac{10}{10} \times 100 = 100$$

### Soal Latihan

1. Perhatikan data berikut ini!

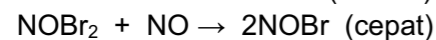
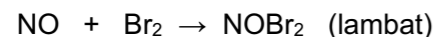
Percobaan	Seng (Zn)	Larutan HCl	Suhu
1	Keping	0,2 M	30°C
2	Serbuk	0,2 M	30°C
3	Serbuk	0,5 M	50°C
4	Keping	0,2 M	50°C
5	Serbuk	0,2 M	50°C

Jelaskan reaksi mana yang berlangsung paling cepat!

Jawab:

Reaksi yang berlangsung paling cepat pada percobaan nomor 3, karena luas permukaan dan konsentrasi yang lebih besar

2. Reaksi  $2 \text{NO} + \text{Br}_2 \rightarrow 2 \text{NOBr}$  mempunyai tahapan reaksi sebagai berikut.



Tentukan persamaan laju reaksinya!

Jawab:

persamaan laju reaksi adalah:  $v = k[\text{NO}][\text{Br}_2]$

3. Laju reaksi meningkat dua kali lebih cepat setiap kenaikan suhu 10°C. Berikut ini diberikan data pengaruh suhu terhadap laju reaksi.

Suhu	Laju Reaksi, M/detik
20°C	0,005
40°C	0,020
70°C	x
80°C	0,320

Tentukan harga x, yaitu laju reaksi pada suhu 70°C

Jawab:

$$\text{Laju pada suhu } 70^\circ\text{C} \text{ adalah: } V_t = \Delta V \frac{t_2 - t_1}{\Delta t} \times V_0$$

$$V_t = 2^{\frac{70-20}{10}} \times 0,005 \text{ M det}^{-1}$$

$$V_t = 0,16 \text{ M det}^{-1}$$

Laju pada suhu 70°C adalah 0,16 M det<sup>-1</sup>

4. Gas Cl<sub>2</sub> direaksikan dengan gas NO dalam ruang tertutup dengan mengubah-ubah konsentrasinya. Reaksi:  $\text{Cl}_2(\text{g}) + 2 \text{NO}(\text{g}) \rightarrow 2 \text{NOCl}(\text{g})$

Data percobaan yang diperoleh seperti berikut.

Percobaan	[Cl <sub>2</sub> ], Molar	[NO], Molar	Laju reaksi M s <sup>-1</sup>
1	0,38	0,38	5 x 10 <sup>-3</sup>
2	0,76	0,38	1 x 10 <sup>-2</sup>
3	0,76	0,76	4 x 10 <sup>-2</sup>

- a. Tentukan laju reaksi  
b. Tentukan orde reaksi total

Jawab:

- a. Cara menentukan laju reaksi :

Perhatikan percobaan 1 dan 2

Konsentrasi gas Cl<sub>2</sub> diperbesar **dua kali** sedangkan konsentrasi gas NO tetap ternyata laju reaksi menjadi lebih cepat **dua kali**. Berarti laju reaksi **berbanding lurus terhadap konsentrasi gas Cl<sub>2</sub>**, dan ditulis :  $V \sim [\text{Cl}_2]$  atau  $V = k_1 [\text{Cl}_2]$

Perhatikan percobaan 2 dan 3

Konsentrasi gas Cl<sub>2</sub> tetap sedangkan konsentrasi gas NO diperbesar **dua kali**, ternyata laju reaksi menjadi lebih cepat **empat kali**. Hal ini menunjukkan laju reaksi **berbanding kuadrat terhadap konsentrasi gas NO**, dan ditulis :  $V \sim [\text{NO}]^2$  atau  $V = k_2 [\text{NO}]^2$

Secara umum, persamaan laju reaksi terhadap konsentrasi gas Cl<sub>2</sub> dan konsentrasi gas NO, adalah :

$$V = k_1 [\text{Cl}_2] k_2 [\text{NO}]^2$$

$$V = k_1 k_2 [\text{Cl}_2] [\text{NO}]^2$$

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



- b. Orde reaksi  
 Laju reaksi :  $V = k [Cl_2] [NO]^2$   
 Orde reaksi terhadap  $[Cl_2] = 1$   
 Orde reaksi terhadap  $[NO] = 2$   
 Orde reaksi total adalah :  $1 + 2 = 3$

5. Direaksikan gas  $SO_2$  dengan gas  $H_2$  yang konsentrasinya diubah-ubah di dalam ruang tertutup. Diperoleh data percobaan seperti berikut.

Percobaan	$[SO_2]$ , Molar	$[H_2]$ , Molar	Laju reaksi $M s^{-1}$
1	0,03	0,12	$1 \times 10^{-3}$
2	0,06	0,12	$2 \times 10^{-3}$
3	0,06	0,24	$4 \times 10^{-3}$

Persamaan reaksi :  $SO_2(g) + 2 H_2(g) \rightarrow S(s) + 2 H_2O(g)$

Tentukan :

- Laju reaksi
- Orde reaksi total

Jawab:

- a. laju reaksi :

Perhatikan percobaan 1 dan 2!

Konsentrasi gas  $SO_2$  diperbesar **dua kali** sedangkan konsentrasi gas  $H_2$  tetap, ternyata laju reaksi menjadi lebih cepat **dua kali**. Berarti laju reaksi **berbanding lurus terhadap konsentrasi gas  $SO_2$** , dan ditulis :  $V \sim [SO_2]$  atau  $V = k_1 [SO_2]$

Perhatikan percobaan 2 dan 3!

Konsentrasi gas  $SO_2$  tetap sedangkan konsentrasi gas  $H_2$  diperbesar **dua kali**, ternyata laju reaksi menjadi lebih cepat **duakali**. Berarti laju reaksi **berbanding lurus terhadap konsentrasi gas  $H_2$** , dan ditulis :  $V \sim [H_2]$  atau  $V = k_2 [H_2]$

Secara umum, persamaan laju reaksi terhadap konsentrasi gas  $Cl_2$  dan konsentrasi gas  $NO$ , adalah :

$$V = k_1 [SO_2] k_2 [H_2]$$

$$V = k_1 k_2 [SO_2] [H_2]$$

$$V = k [SO_2] [H_2]$$

- b. Orde reaksi  
 Laju reaksi :  $V = k [[SO_2] [H_2]$   
 Orde reaksi terhadap  $[SO_2] = 1$   
 Orde reaksi terhadap  $[H_2] = 1$   
 Orde reaksi total adalah :  $1 + 1 = 2$

## Unit 7.2 Kestimbangan

### Rubrik Penilaian Penugasan 1

No.	Aspek yang diamati	Skor
1.	Bahan-bahan atau zat-zat kimia yang digunakan	2
2.	Alat-alat yang digunakan	2
3.	Prosedur atau langkah-langkah kerja	2
4.	Reaksi yang terjadi	2
5.	Menyimpulkan hasil pengamatan	2
Skor maksimum		10

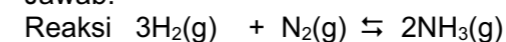
Skor maksimum adalah 10. Jika Anda menuliskan dengan lengkap aspek yang diamati, berarti skor Anda 10 maka:

$$\text{Nilai Anda} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor maksimum}} \times 100 = \frac{10}{10} \times 100 = 100$$

### Soal Latihan

1. Dalam ruangan 2 liter terdapat 0,2 mol  $H_2$ , 0,1 mol  $N_2$  dan 0,8 mol  $NH_3$  berada dalam keadaan setimbang dengan reaksi  $3H_2(g) + N_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$  Tentukan harga tetapan kesetimbangan.

Jawab:



$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3 [N_2]}$$

$$K_c = \frac{\left[\frac{0,8}{2}\right]^2}{\left[\frac{0,2}{2}\right]^3 \left[\frac{0,1}{2}\right]} = 3,2 \cdot 10^3$$

Jadi harga tetapan kesetimbangan ( $K_c$ ) adalah  $3,2 \cdot 10^3$

2. Ke dalam ruangan 2 liter dimasukkan 5,4 gram gas  $SO_2Cl_2$ , terurai dengan reaksi  $SO_2Cl_2(g) \rightleftharpoons SO_2(g) + Cl_2(g)$  setelah terjadi kesetimbangan terdapat 0,01 mol gas  $SO_2$  tentukan:
- Tetapan kesetimbangan ( $K_c$ )
  - Derajat disosiasi.

Jawab:

$$a. \quad 5,4 \text{ gram } SO_2Cl_2 = 5,4 \text{ gram} \times \frac{1 \text{ mol}}{135} = 0,04 \text{ mol } SO_2Cl_2$$

	$SO_2Cl_2(g)$	$\rightleftharpoons$	$SO_2(g)$	+	$Cl_2(g)$
Mula-mula	<b>0,04 mol</b>		-		-
Bereaksi	- 0,01 mol		+0,01 mol		+ 0,01 mol
Setimbang	0,03 mol		<b>0,01 mol</b>		0,01 mol

$$K_c = \frac{[SO_2][Cl_2]}{[SO_2Cl_2]} = \frac{\left[\frac{mol SO_2}{v}\right] \left[\frac{mol Cl_2}{v}\right]}{\left[\frac{mol SO_2Cl_2}{v}\right]} = \frac{\left[\frac{0,01}{2}\right] \left[\frac{0,01}{2}\right]}{\left[\frac{0,03}{2}\right]}$$

$$K_c = 1,67 \cdot 10^{-3}$$

Jadi tetapan kesetimbangan reaksi tersebut adalah  $1,67 \cdot 10^{-3}$

b. Derajat disosiasi ( $\alpha$ )

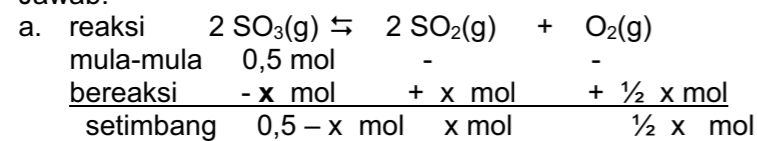
$$\alpha = \frac{\text{terurai}}{\text{mula - mula}} = \frac{0,01}{0,04} = \frac{1}{4}$$

Jadi derajat disosiasi adalah  $1/4$

3. Dimasukkan 0,5 mol gas  $SO_3$  dalam ruangan 1 liter terurai dengan persamaan  $2 SO_3(g) \rightleftharpoons 2 SO_2(g) + O_2(g)$  dalam keadaan setimbang terdapat perbandingan  $SO_3 : O_2 = 2 : 1$  Tentukan:

- Susunan gas dalam keadaan setimbang
- Tetapan kesetimbangan

Jawab.



Perbandingan zat dalam keadaan setimbang  $SO_3 : O_2 = 2 : 1$

$$\begin{aligned} 0,5 - x : 0,5 x &= 2 : 1 \\ (0,5 - x) &= 2 (0,5 x) \\ 0,5 - x &= x \\ 2x &= 0,5 \\ x &= 0,25 \end{aligned}$$

Susunan gas dalam keadaan setimbang

$$\begin{aligned} SO_3 &= 0,5 - x = 0,5 - 0,25 = 0,25 \text{ mol} \\ SO_2 &= x = 0,25 \text{ mol} \\ O_2 &= \frac{1}{2} x = \frac{1}{2} \times 0,25 = 0,125 \text{ mol} \end{aligned}$$

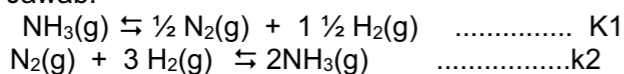
b.  $K_c = \frac{[SO_2]^2 [O_2]}{[SO_3]^2}$

$$K_c = \frac{[0,25]^2 [0,125]}{[0,25]^2} = 0,125$$

Tetapan kesetimbangan adalah 0,125

4. Pada reaksi  $NH_3(g) \rightleftharpoons \frac{1}{2} N_2(g) + 1 \frac{1}{2} H_2(g)$   $K_c = 2 \cdot 10^{-5}$ , pada temperatur yang sama tentukan harga  $K_c$  untuk reaksi  $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ .

Jawab:



Reaksi ke 2 merupakan kebalikan dari reaksi 1 yang koefisiennya dikalikan 2, maka harga  $k_2$  merupakan kuadrat dari kebalikan harga  $k_1$

jadi  $K_2 = \left(\frac{1}{K_1}\right)^2$

$$K_2 = \left(\frac{1}{2 \cdot 10^{-5}}\right)^2 = 2,5 \cdot 10^9$$

## Penilaian

### I. Kunci jawaban soal esay

1. Reaksi dari  $x A + y B \rightarrow z C$

No	[A] M	[B] M	Waktu Reaksi	Laju Reaksi (1/waktu)
1	0,1	0,05	8	1/8
2	0,2	0,05	2	1/2
3	0,1	0,1	4	1/4

Tentukan:

- Orde terhadap A, B dan Orde reaksi
- Persamaan laju reaksi
- Tetapan laju reaksi

Jawab:

a. Orde untuk A. (perhatikan [B] yang tetap), yaitu data nomor 1 dan 2.

$$V = [A]^x$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \left[\frac{A_2}{A_1}\right]^x$$

$$\left[\frac{1/2}{1/8}\right] = \left[\frac{0,2}{0,1}\right]^x$$

$$4 = 2^x$$

$$x = 2 \quad \text{jadi orde } A = 2$$

Orde untuk B (perhatikan [A] yang tetap), yaitu data nomor 1 dan 3.

$$V = [B]^y$$

$$\frac{V_3}{V_1} = \left[\frac{A_3}{A_1}\right]^y$$

$$\left[\frac{1/4}{1/8}\right] = \left[\frac{0,1}{0,05}\right]^y$$

$$2 = 2^y$$

$$y = 1 \quad \text{jadi orde } y = 1$$

$$\text{Orde reaksi} = x + y = 2 + 1 = 3$$

b. Persamaan laju reaksi  $V = k [A]^2 [B]$

- c. Untuk menghitung tetapan laju reaksi, masukkanlah data salah satu percobaan ke dalam persamaan reaksi. Misalnya pada data nomor 1

$$V = k [A]^2 [B]$$

$$1/8 \text{ M det}^{-1} = k [0,1\text{M}]^2 [0,05\text{M}]$$

$$K = 250 \text{ M}^{-2}\text{det}^{-1}$$

Jadi tetapan laju reaksinya adalah  $K = 250 \text{ M}^{-2}\text{det}^{-1}$

2. Direaksikan gas  $\text{SO}_2$  dengan gas  $\text{H}_2$  yang konsentrasinya diubah-ubah di dalam ruang tertutup. Diperoleh data percobaan seperti berikut.

Percobaan	$[\text{SO}_2]$ , Molar	$[\text{H}_2]$ , Molar	Laju reaksi $\text{M s}^{-1}$
1	0,03	0,12	$1 \times 10^{-3}$
2	0,06	0,12	$2 \times 10^{-3}$
3	0,06	0,24	$4 \times 10^{-3}$

Tentukan :

- Orde terhadap  $\text{SO}_2$  dan  $\text{H}_2$  dan Orde reaksi
- Persamaan laju reaksi
- Tetapan laju reaksi

Jawab:

- a. Orde untuk  $\text{SO}_2$  ( perhatikan  $[\text{H}_2]$  yang tetap), yaitu data nomor 1 dan 2.

$$V = [\text{SO}_2]^x$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \left[ \frac{\text{SO}_{2\text{kedua}}}{\text{SO}_{2\text{pertama}}} \right]^x$$

$$\left[ \frac{2 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} \right] = \left[ \frac{0,06}{0,03} \right]^x$$

$$2 = 2^x$$

$$x = 1 \quad \text{jadi orde } \text{SO}_2 = 1$$

Orde untuk  $\text{H}_2$  ( perhatikan  $[\text{SO}_2]$  yang tetap), yaitu data nomor 2 dan 3.

$$V = [\text{H}_2]^y$$

$$\frac{V_3}{V_2} = \left[ \frac{\text{H}_{2\text{ketiga}}}{\text{H}_{2\text{kedua}}} \right]^y$$

$$\left[ \frac{4 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} \right] = \left[ \frac{0,24}{0,12} \right]^y$$

$$2 = 2^y$$

$$y = 1 \quad \text{jadi orde } y = 1$$

$$\text{Orde reaksi} = x + y = 1 + 1 = 2$$

- Persamaan laju reaksi  $V = k [\text{SO}_2] [\text{H}_2]$
- Untuk menghitung tetapan laju reaksi, masukkanlah data salah satu percobaan ke dalam persamaan reaksi. Misalnya pada data nomor 1

$$V = k [\text{SO}_2] [\text{H}_2]$$

$$1 \cdot 10^{-3} \text{ M det}^{-1} = k [0,03\text{M}][0,12\text{M}]$$

$$K = 0,28 \text{ M}^{-1}\text{det}^{-1}$$

Jadi tetapan laju reaksinya adalah  $K = 0,28 \text{ M}^{-1}\text{det}^{-1}$

3. Ammonium hidrogen sulfida ( $\text{NH}_4\text{HS}$ ) dimasukkan ke dalam ruangan hampa pada suhu  $25^\circ\text{C}$ . Tentukan tekanan gas total pada kesetimbangan  $\text{NH}_4\text{HS(s)} \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g})$   $K_p = 0,108$

Jawab:

$$P_{\text{NH}_3} = P_{\text{H}_2\text{S}}$$

$$K_p = (P_{\text{NH}_3})(P_{\text{H}_2\text{S}})$$

$$(P_{\text{NH}_3})^2 = \sqrt{0,108} = 0,329$$

$$P_{\text{total}} = (P_{\text{NH}_3}) + (P_{\text{H}_2\text{S}})$$

$$= 0,329 + 0,329 = 0,658 \text{ atm}$$

Jadi p total adalah  $0,658 \text{ atm}$ .

4. Pada kesetimbangan  $\text{SO}_2\text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{SO}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$  dimasukkan  $0,5 \text{ mol SO}_2\text{Cl}_2$  dengan derajat disosiasi  $0,125$  bila tekanan total gas tersebut  $10 \text{ atm}$ . Tentukan  $K_p$  gas tersebut.

Jawab:

Jawab:

$$\text{Derajat disosiasi } (\alpha) = \frac{\text{terurai}}{\text{mula} - \text{mula}}$$

$$\text{Zat yang terurai} = 0,125 \times 0,5 = 0,0625$$



$$\text{Mula-mula} \quad 0,5 \text{ mol} \quad - \quad -$$

$$\text{Terurai} \quad 0,0625 \text{ mol} \quad 0,0625 \text{ mol} \quad 0,0625 \text{ mol}$$

$$\text{Setimbang} \quad 0,4375 \text{ mol} \quad 0,0625 \text{ mol} \quad 0,0625 \text{ mol}$$

$$\text{Jumlah mol dalam keadaan setimbang} \quad 0,4375 + 0,0625 + 0,0625 = 0,5625 \text{ mol}$$

$$P_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} = \frac{0,4375}{0,5625} \times 10 \text{ atm} = 7,78 \text{ atm}$$

$$P_{\text{SO}_2} = \frac{0,0625}{0,5625} \times 10 \text{ atm} = 1,11 \text{ atm}$$

$$P_{\text{Cl}_2} = \frac{0,0625}{0,5625} \times 10 \text{ atm} = 1,11 \text{ atm}$$

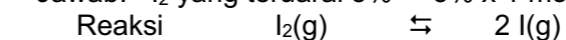
$$K_p = \frac{(P_{\text{SO}_2})(P_{\text{Cl}_2})}{(P_{\text{SO}_2\text{Cl}_2})}$$

$$K_p = \frac{1,11 \times 1,11}{7,78} = 0,158 \text{ atm}$$

Jadi  $K_p$  reaksi tersebut adalah  $0,158 \text{ atm}$

5. Jika  $1 \text{ mol}$  uap  $\text{I}_2$  dimasukkan ke dalam ruang hampa sebesar  $1 \text{ liter}$  pada suhu  $1200^\circ\text{C}$ ,  $5\%$  dari zat tersebut terurai menjadi atom  $\text{I}$ . Untuk reaksi  $\text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{ I}(\text{g})$ , Tentukan harga  $K_p$ .

Jawab:  $\text{I}_2$  yang terurai  $5\% = 5\% \times 1 \text{ mol} = 0,05 \text{ mol}$





Mula-mula	1 mol	-
Bereaksi	0,05 mol	0,1 mol
Setimbang	0,95 mol	0,1 mol

$$K_c = \frac{[I]^2}{[I_2]} = \frac{(0,1)^2}{0,95} = 1,1 \cdot 10^{-2}$$

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} \quad \Delta n = 2-1 = 1$$

$$K_p = 1,1 \cdot 10^{-2} (0,082 \times 1473) = 1,33$$

Jadi tetapan kesetimbangan tekanan ( $K_p$ ) = 1,33 atm.

## II. Kunci jawaban pilihan ganda

1	D	11	D	21	E	31	D
2	D	12	A	22	B	32	A
3	B	13	D	23	C	33	A
4	B	14	B	24	B	34	B
5	E	15	D	25	C	35	D
6	D	16	B	26	C	36	E
7	B	17	D	27	A	37	B
8	E	18	C	28	D	38	C
9	C	19	D	29	A	39	D
10	E	20	D	30	C	40	D

## Kriteria pindah/lulus modul (satu modul)

Kerjakan soal-soal penilaian yang disediakan di akhir modul. Anda diperkenankan untuk melanjutkan ke modul berikutnya jika hasil penilaian pemahaman memiliki skor minimal 70 atau lebih.

## Saran Referensi

Pada Modul 7 ini Anda belajar tentang laju reaksi dan kesetimbangan kimia, yang materinya abstrak. Untuk meningkatkan pemahaman Anda tentang faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi dan pergeseran arah reaksi kesetimbangan, sebaiknya Anda menonton hal ini di Youtube. Referensi yang disarankan, antara lain:

1. [https://www.youtube.com/watch?v=XXN\\_LdUcJoQ](https://www.youtube.com/watch?v=XXN_LdUcJoQ) Praktikum kimia : LAJU REAKSI
2. [https://www.youtube.com/watch?v=Z3y\\_Ik7Twhg](https://www.youtube.com/watch?v=Z3y_Ik7Twhg) PERCOBAAN KONSENTRASI TERHADAP LAJU REAKSI
3. <https://www.youtube.com/watch?v=UK0DVFG6Uhk> Kimia (Percobaan Laju Reaksi)
4. <https://www.youtube.com/watch?v=HiNNqDV2DI8> Kesetimbangan Kimia - Konsep Dasar
5. <https://www.youtube.com/watch?v=Kd9uVf9Qa90> Ujian Praktek Kimia : Kesetimbangan
6. <https://www.youtube.com/watch?v=skKVkX0s5Cc> FAKTOR-FAKTOR PERGESERAN KESETIMBANGAN KIMIA

## Daftar Pustaka

- Brady James E. (1999). *Kimia Universitas, Asas & Struktur*. Binarupa Aksara. Jakarta.
- Chang, Raymond, and Kenneth Goldsb. (2012). *Chemistry*. 11<sup>th</sup> Ed. McGraw-Hill Education
- Housecroft, Catherine E. (1997). *Chemistry An Integrated Approach*. Addison Wesley Longman Limited. Hongkong.
- Prescott, Christopher N. (1999). *Comprehensive Chemistry for "O" Level Science. Second Edition*. Federal Publications. Singapura, Kuala Lumpur, Hongkong.
- Petrucci, R.H, P. Gillis, and Norman H.N. (2011). *Principles of Modern Chemistry*, 7<sup>th</sup> Ed. Soundres College Publishing.
- Petrucci, R.H, et al. (2011). *General Chemistry: Principles and Modern Applications* 10<sup>th</sup>.Ed. Pearson Prentice Hall.
- Ryan, Lawrie. (1996). *Chemistry for You*. Stanley Thornes Ltd. England.



**Nama Lengkap** : Elly Marwati

**Telp Kantor/HP** : (021) 3804248/ 085287065212

**E-Mail** : elly\_marwati@yahoo.com

**Akun Facebook** : -

**Alamat Kantor** : Jalan Gunung Sahari Raya No.4 Jakpus

**Bidang Keahlian** : Kimia

**Riwayat Pekerjaan/Profesi dalam 10 Tahun Terakhir**

1. Tim Pengembang Kurikulum Kimia SMA/MA pada Kurikulum 1994
2. Tim Pengembang Kurikulum Kimia SMA/MA pada Kurikulum 2004
3. Tim Pengembang Kurikulum Kimia SMA/MA pada Kurikulum 2013
4. Tim Pengembang Silabus Kimia SMA/MA pada Kurikulum 2004
5. Tim Pengembang Silabus Kimia SMA/MA pada Kurikulum 2013

**Riwayat Pendidikan Tinggi dan Tahun Belajar**

1. S1 Jurusan Kimia, MIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (1985)
2. S2 Jurusan Kimia, MIPA Universitas Indonesia Jakarta (2000)

**Judul Buku dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)**

1. Kimia SMA/MA Kelas X Tahun 2014 Bumi Aksara
2. Kimia SMA/MA Kelas XI Tahun 2014 Bumi Aksara
3. Kimia SMA/MA Kelas XII Tahun 2015 Bumi Aksara

**Judul Penelitian dan Tahun Terbit (10 Tahun Terakhir)**

-