

## Bab V

# Keseimbangan Kimia



*Sumber: Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change*

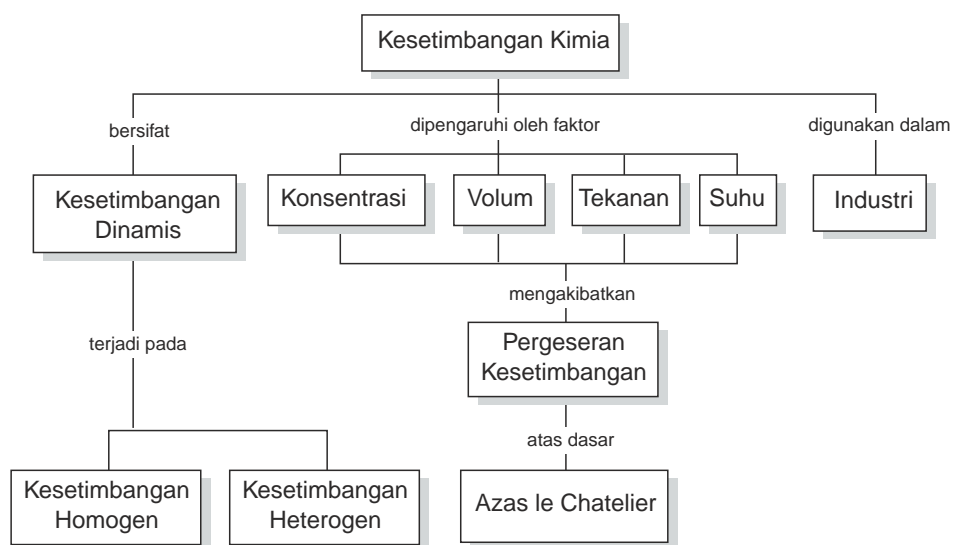
Amonia cair digunakan sebagai pupuk. Pembuatan gas amonia menggunakan prinsip-prinsip reaksi kesetimbangan, dilakukan pada temperatur tinggi dengan proses Haber.

### TUJUAN PEMBELAJARAN

Setelah mengikuti pembelajaran siswa dapat :

1. menjelaskan pengertian reaksi kesetimbangan,
2. menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi pergeseran arah kesetimbangan,
3. menentukan harga konstanta kesetimbangan,  $K_c$  dan  $K_p$ ,
4. menjelaskan kondisi optimum untuk memproduksi bahan-bahan kimia di industri.

## PETA KONSEP



Reaksi-reaksi yang dilakukan di laboratorium pada umumnya berlangsung satu arah. Tetapi ada juga reaksi yang dapat berlangsung dua arah atau *dapat balik*. Reaksi searah disebut juga *reaksi irreversibel*. Reaksi dapat balik atau dapat berubah lagi menjadi zat-zat semula disebut juga *reaksi reversibel*.

Reaksi dapat balik yang terjadi dalam satu sistem dan laju reaksi ke arah hasil atau sebaliknya sama disebut reaksi dalam *keadaan setimbang* atau *reaksi kesetimbangan*. Reaksi kesetimbangan banyak terjadi pada reaksi-reaksi dalam wujud gas. Sistem yang termasuk reaksi kesetimbangan disebut *sistem kesetimbangan*.

Pada bab ini akan dibahas tentang reaksi kesetimbangan, pengaruh-pengaruh pada sistem kesetimbangan, kesetimbangan kimia pada industri, hukum kesetimbangan, dan konstanta kesetimbangan.

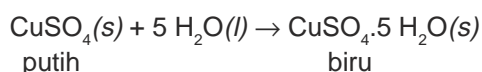
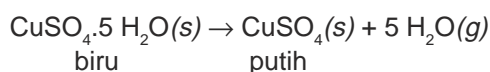
## A. Reaksi Kesetimbangan

Sebelum mempelajari reaksi kesetimbangan, kita perhatikan dulu contoh reaksi searah dan reaksi dapat balik.

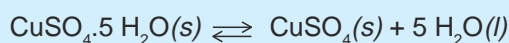
Contoh reaksi searah yaitu reaksi antara batu pualam dengan asam klorida dengan reaksi:  $\text{CaCO}_3(s) + 2 \text{HCl}(aq) \rightarrow \text{CaCl}_2(aq) + \text{CO}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$ . Kalau kita reaksikan lagi hasil reaksi tersebut tidak akan kembali lagi. Reaksi ini disebut juga reaksi berkesudahan.

Contoh reaksi dapat balik yaitu pemanasan kristal tembaga(II) sulfat hidrat. Kristal tembaga(II) sulfat hidrat berwarna biru jika dipanaskan akan berubah menjadi tembaga(II) sulfat berwarna putih.

Jika pada tembaga (II) sulfat ditetaskan air maka akan berubah lagi menjadi tembaga(II) sulfat hidrat. Reaksinya ditulis sebagai berikut.

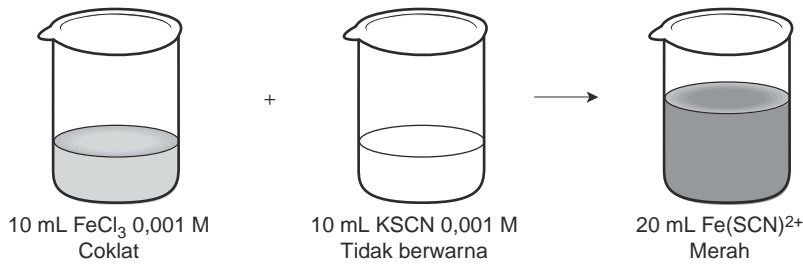


Reaksi yang dapat balik, dapat ditulis dengan tanda panah yang berlawanan, ( $\rightleftharpoons$ ). Persamaan reaksi di atas dapat ditulis:



Setelah mempelajari reaksi searah dan reaksi dapat balik, sekarang kita pelajari reaksi kesetimbangan.

Coba perhatikan reaksi antara larutan besi(III) klorida dengan larutan kalium tiosianat yang menghasilkan ion besi(III) tiosianat. Perhatikan Gambar 5.1



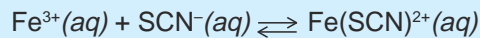
**Gambar 5.1** Reaksi besi(III) klorida dengan kalium tiosianat

Ditinjau dari reaksi searah maka kedua pereaksi tersebut akan habis karena jumlah mol zat yang bereaksinya sama. Apa yang terjadi apabila pada zat hasil reaksi ditambahkan 1 tetes larutan  $\text{FeCl}_3$  1 M atau 1 tetes larutan  $\text{KSCN}$  1 M? Apakah ada perubahan warna? Jika terjadi, mengapa?

Pada penambahan ion  $\text{SCN}^-$  warna merah bertambah tua berarti terbentuk lagi ion  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ , atau ion  $\text{SCN}^-$  yang ditambahkan bereaksi lagi dengan ion  $\text{Fe}^{3+}$ . Darimana ion  $\text{Fe}^{3+}$ ? Menurut perhitungan jika 10 mL larutan  $\text{FeCl}_3$  0,001 M bereaksi dengan 10 mL  $\text{KSCN}$  0,001 M kedua zat akan habis bereaksi atau ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan ion  $\text{SCN}^-$  sudah habis bereaksi. Demikian pula pada penambahan ion  $\text{Fe}^{3+}$  akan terbentuk kembali  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ , berarti ion  $\text{Fe}^{3+}$  bereaksi lagi dengan ion  $\text{SCN}^-$ . Darimana ion  $\text{SCN}^-$  tersebut? Dari data percobaan tersebut dapat disimpulkan ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan ion  $\text{SCN}^-$  selalu ada pada sistem karena  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  secara langsung dapat terurai lagi menjadi ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan ion  $\text{SCN}^-$ .

Oleh karena reaksi tersebut terjadi pada sistem tertutup maka reaksi ini disebut *reaksi kesetimbangan*.

Reaksinya ditulis:



Pada reaksi ini pembentukan  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  dan penguraiannya menjadi ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{SCN}^-$  tidak dapat diamati karena berlangsung pada tingkat partikel. Reaksi ini disebut juga *reaksi kesetimbangan dinamis*.

Ciri-ciri keadaan setimbang dinamis adalah sebagai berikut.

1. Reaksi berlangsung terus-menerus dengan arah yang berlawanan.
2. Terjadi pada ruangan tertutup, suhu, dan tekanan tetap.
3. Laju reaksi ke arah hasil reaksi dan ke arah pereaksi sama.
4. Tidak terjadi perubahan makroskopis, yaitu perubahan yang dapat diukur atau dilihat, tetapi perubahan mikroskopis (perubahan tingkat partikel) tetap berlangsung.
5. Setiap komponen tetap ada.

Reaksi kesetimbangan dinamis yaitu reaksi yang berlangsung terus-menerus dengan arah yang berlawanan dan kecepatan yang sama. Dalam kehidupan sehari-hari, contoh reaksi kesetimbangan dinamis dapat dilihat pada permainan sirkus seperti Gambar 5.2.



**Gambar 5.2** Burung berjalan pada roda berputar merupakan contoh kesetimbangan dinamis

Pada permainan sirkus, ada seekor burung yang mencoba berjalan pada roda yang berputar. Burung berjalan ke kiri, sedangkan roda berputar ke kanan.

Jika kecepatan roda ke kanan sama dengan kecepatan burung berjalan, maka posisi burung itu akan tetap dan kelihatan diam.

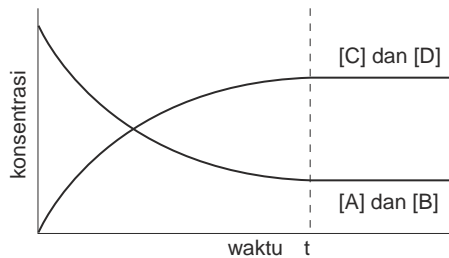
Kejadian itu disebut keadaan setimbang dinamis sebab burung kelihatan diam padahal kakinya berjalan terus dengan arah yang berlawanan dengan roda berputar.

Pada saat setimbang, ada beberapa kemungkinan yang terjadi dilihat dari konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi pada saat itu.

**Contoh:**

Pada reaksi  $A + B \rightleftharpoons C + D$  ada 3 kemungkinan yang terjadi yaitu sebagai berikut.

Kemungkinan I

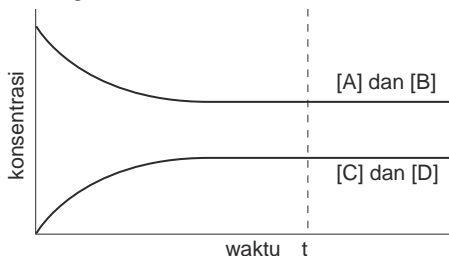


**Gambar 5.3**

Kemungkinan I ditunjukkan pada Gambar 5.3.

- Mula-mula konsentrasi A dan B harganya maksimal, kemudian berkurang sampai tidak ada perubahan.
- Konsentrasi C dan D dari nol bertambah terus sampai tidak ada perubahan.
- Pada saat setimbang, konsentrasi C dan D lebih besar daripada A dan B.

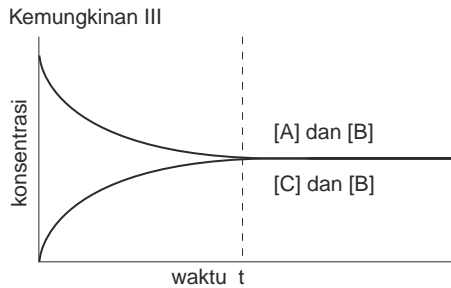
Kemungkinan II



**Gambar 5.4**

Kemungkinan II ditunjukkan pada Gambar 5.4.

Perubahan konsentrasi A dan B menjadi C dan D sama seperti kemungkinan I. Pada saat setimbang, konsentrasi C dan D lebih kecil daripada A dan B.



Kemungkinan III ditunjukkan pada Gambar 5.5.

Perubahan konsentrasi A dan B menjadi C dan D sama seperti kemungkinan I dan II, tetapi pada saat setimbang konsentrasi A dan B sama dengan konsentrasi C dan D.

Gambar 5.5

## B. Reaksi Kestimbangan Homogen dan Reaksi Kestimbangan Heterogen

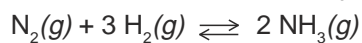
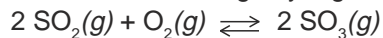
Berdasarkan wujud zatnya reaksi kesetimbangan dikelompokkan menjadi kesetimbangan homogen dan kesetimbangan heterogen.

### 1. Kestimbangan Homogen

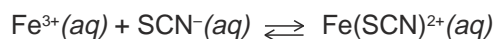
*Kestimbangan homogen* adalah sistem kesetimbangan yang komponennya mempunyai wujud yang sama.

**Contoh:**

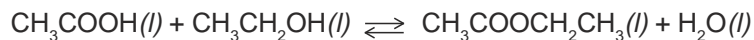
- a. Reaksi kesetimbangan yang terdiri atas gas-gas



- b. Reaksi kesetimbangan yang terdiri atas ion-ion



- c. Reaksi kesetimbangan yang terdiri atas zat berwujud cair

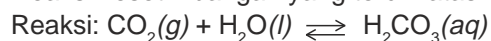


### 2. Kestimbangan Heterogen

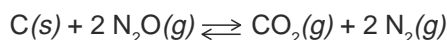
*Kestimbangan heterogen* adalah sistem kesetimbangan yang komponennya terdiri atas zat-zat dengan wujud yang berbeda.

**Contoh:**

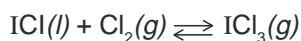
- a. Reaksi kesetimbangan yang terdiri atas zat cair, gas, dan larutan



- b. Reaksi kesetimbangan yang terdiri atas zat padat dan gas



- c. Reaksi kesetimbangan yang terdiri atas zat padat, cair, dan gas



### Latihan 5.1

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Jelaskan perbedaan reaksi reversibel dan reaksi irreversibel, berikan contohnya!
2. Jelaskan pengertian reaksi kesetimbangan dinamis!
3. Sebutkan ciri-ciri reaksi kesetimbangan dinamis!
4. Berikan contoh kesetimbangan dinamis dalam kehidupan sehari-hari!
5. Jelaskan perbedaan kesetimbangan homogen dan kesetimbangan heterogen!  
Berikan contohnya!

## C. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Reaksi Kesetimbangan

Kalau ada pengaruh dari luar, sistem kesetimbangan akan terganggu. Untuk mengurangi pengaruh perubahan, sistem kesetimbangan akan mengadakan aksi misalnya terjadi lagi reaksi-reaksi di antara komponennya atau terjadi penguraian dari satu komponen, sehingga pengaruh tersebut akan berkurang.

Henry Louis Le Chatelier, ahli kimia Prancis (1852 – 1911) mengemukakan suatu pernyataan mengenai perubahan yang terjadi pada sistem kesetimbangan jika ada pengaruh dari luar.

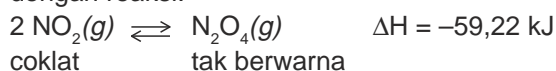
Pernyataan ini dikenal sebagai *Azas Le Chatelier* yang berbunyi:

Jika suatu sistem kesetimbangan menerima suatu aksi maka sistem tersebut akan mengadakan reaksi, sehingga pengaruh aksi menjadi sekecil-kecilnya.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi sistem kesetimbangan adalah perubahan suhu, perubahan konsentrasi, perubahan tekanan, dan perubahan volum.

### 1. Pengaruh Perubahan Suhu pada Kesetimbangan

Reaksi kesetimbangan dapat merupakan reaksi eksoterm maupun endoterm. Pada reaksi-reaksi ini perubahan suhu sangat berpengaruh. Contohnya pada reaksi kesetimbangan antara gas nitrogen dioksida dan dinitrogen tetraoksida dengan reaksi:



Pada suhu kamar, sistem kesetimbangan tersebut berwarna coklat. Bagaimana jika sistem kesetimbangan ini suhunya diubah?

Perhatikan gambar percobaan berikut ini!



Sumber: New Stage Chemistry

coklat muda  
t = 0° C

coklat  
t = 25° C

coklat tua  
t = 100° C

**Gambar 5.6** Pengaruh suhu pada kesetimbangan  $2 \text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(g)$

Berdasarkan percobaan di atas diperoleh data sebagai berikut.

- Jika suhu dinaikkan, warna coklat bertambah artinya gas  $\text{NO}_2$  bertambah.
- Jika suhu diturunkan, warna coklat berkurang artinya gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  bertambah.

Dengan melihat reaksi eksoterm dan endoterm pada reaksi tersebut, maka dapat disimpulkan:

- Jika suhu dinaikkan, kesetimbangan bergeser ke arah reaksi endoterm.
- Jika suhu diturunkan, kesetimbangan bergeser ke arah reaksi eksoterm.

#### Contoh:

- Pada reaksi  $2 \text{CO}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{CO}(g) + \text{O}_2(g)$   $\Delta H^\circ = +566 \text{ kJ}$   
Jika suhu diturunkan, kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{CO}_2$ .  
Jika suhu dinaikkan, kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{CO}$  dan  $\text{O}_2$ .
- $\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$   $\Delta H = -41 \text{ kJ}$   
Jika suhu diturunkan, kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2$ .  
Jika suhu dinaikkan, kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{CO}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

### Latihan 5.2

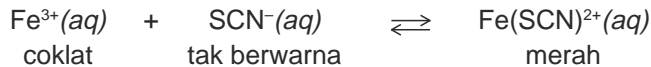
Jelaskan apa yang akan terjadi jika suhu dinaikkan dan suhu diturunkan pada sistem kesetimbangan berikut!

- $\text{CO}(g) + 2 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(g)$   $\Delta H = -91,14 \text{ kJ}$
- $\text{H}_2(g) + \text{CO}_2(g) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(g) + \text{CO}(g)$   $\Delta H = +41 \text{ kJ}$
- $4 \text{NH}_3(g) + 5 \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 4 \text{NO}(g) + 6 \text{H}_2\text{O}(g)$   $\Delta H = -908 \text{ kJ}$
- $\text{N}_2\text{O}_4(g) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(g)$   $\Delta H = +58 \text{ kJ}$



## 2. Pengaruh Perubahan Konsentrasi pada Tekanan

Untuk mempelajari pengaruh perubahan konsentrasi pada kesetimbangan, perhatikan percobaan penambahan ion-ion dan zat lain pada sistem kesetimbangan berikut.



### KEGIATAN 5.1 Eksperimen

#### Pengaruh Perubahan Konsentrasi

Percobaan ini bertujuan untuk mengamati pengaruh perubahan konsentrasi terhadap pergeseran kesetimbangan pada reaksi ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan ion  $\text{SCN}^{-}$ .

*Alat dan bahan:*

1. Gelas kimia 100 mL
2. Tabung reaksi
3. Rak tabung
4. Pipet tetes
5. Larutan  $\text{FeCl}_3$  0,2 M
6. Larutan KSCN 0,2 M
7. Kristal  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$
8. Air mineral

*Langkah kerja:*

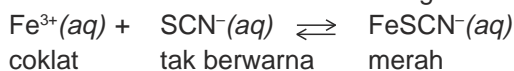
1. Isi gelas kimia dengan 25 mL, air tambahkan 5 tetes  $\text{FeCl}_3$  0,2 M dan 5 tetes KSCN 0,2 M aduk sampai rata. Amati warna larutan.
2. Tuangkan larutan tersebut ke dalam 5 buah tabung reaksi yang sama volumenya dan beri nomor tabung 1 sampai dengan 5.
3.
  - Pada tabung 2 tambahkan 5 tetes larutan  $\text{FeCl}_3$  0,2 M.
  - Pada tabung 3 tambahkan 5 tetes larutan KSCN 0,2 M.
  - Pada tabung 4 tambahkan 2 serbuk  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .
  - Pada tabung 5 tambahkan 5 mL air.
4. Bandingkan warna larutan yang terjadi pada tabung 2, 3, 4, dan 5 dengan warna larutan asal pada tabung 1. Pada tabung ke-5 warna larutan dilihat dari atas tabung.
6. Catat hasil pengamatan pada sebuah tabel.

*Pertanyaan:*

1. Jelaskan apa yang menyebabkan terjadinya perubahan warna pada percobaan di atas!
2. Jelaskan bagaimana pengaruh penambahan atau pengurangan konsentrasi pereaksi pada percobaan di atas!
3. Jelaskan apakah penambahan air pada tabung 5 mempengaruhi sistem kesetimbangan!

Sesuai dengan azas Le Chatelier jika salah satu zat konsentrasinya diperbesar, reaksi akan bergeser ke arah yang berlawanan, jika salah satu zat konsentrasinya diperkecil, reaksi akan bergeser ke arah zat tersebut.

Perhatikan reaksi kesetimbangan berikut.



Pada percobaan ini didapat bahwa penambahan ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{SCN}^{-}$  menyebabkan larutan standar menjadi lebih merah, berarti ion  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  bertambah. Pada kesetimbangan ini adanya penambahan ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan ion  $\text{SCN}^{-}$  menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah ion  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$ .

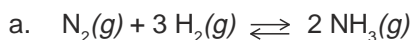
Pada penambahan kristal  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , mengakibatkan warna merah pada larutan berkurang, sebab jumlah ion  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  berkurang. Mengapa ion  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  berkurang?

Kristal  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  berfungsi untuk mengikat ion  $\text{Fe}^{3+}$ , maka untuk menjaga kesetimbangan, ion  $\text{Fe}(\text{SCN})^{2+}$  akan terurai lagi membentuk ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{SCN}^{-}$  atau kesetimbangan bergeser ke arah ion  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{SCN}^{-}$ .

Dari eksperimen di atas dapat disimpulkan:

- Jika pada sistem kesetimbangan salah satu komponen ditambah, kesetimbangan akan bergeser ke arah yang berlawanan.
- Jika pada sistem kesetimbangan salah satu komponennya dikurangi, kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen tersebut.

### Contoh:



- Jika gas  $\text{N}_2$  ditambah, kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{NH}_3$ .
- Jika gas  $\text{N}_2$  dikurangi, kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{N}_2$ .



- Jika gas HCl ditambah, kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{H}_2$  dan  $\text{Cl}_2$ .
- Jika gas HCl dikurangi, kesetimbangan bergeser ke arah HCl.

## Latihan 5.3

1. Apa yang akan terjadi jika kita tambahkan gas oksigen pada sistem kesetimbangan:  $2 \text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(\text{g})$ ?
2. Apa yang akan terjadi jika gas  $\text{H}_2$  dikurangi pada sistem kesetimbangan  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$ ?

### 3. Pengaruh Perubahan Tekanan pada Kesetimbangan

Tekanan akan mempengaruhi zat-zat yang berwujud gas. Bagaimana perubahan pada reaksi kesetimbangan jika tekanannya berubah?

Perhatikan hasil percobaan pada reaksi  $2 \text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(g)$ . Jika tekanan diperbesar, kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{SO}_3$  dan jika tekanan diperkecil, kesetimbangan bergeser ke arah  $\text{SO}_2$  dan  $\text{O}_2$ . Mengapa demikian?

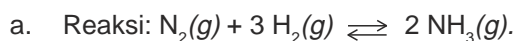
Pada reaksi tersebut jika direaksikan 2 mol  $\text{SO}_2$  dan 1 mol  $\text{O}_2$ , maka menghasilkan 2 mol  $\text{SO}_3$ . Jadi jumlah mol pereaksi adalah 3 mol dan hasil reaksi adalah 2 mol. Penambahan tekanan menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah gas  $\text{SO}_3$  yang jumlah molnya sedikit dan pengurangan tekanan menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah gas  $\text{SO}_2$  dan  $\text{O}_2$  yang jumlah molnya lebih besar.

Berdasarkan prinsip Le Chatelier, jika tekanan pada reaksi kesetimbangan ditambah, campuran pada sistem kesetimbangan akan berusaha mengurangi tekanan tersebut, caranya yaitu dengan mengurangi mol gas.

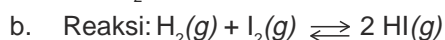
Dengan demikian dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Jika tekanan diperbesar, kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen yang jumlah molnya lebih kecil.
- Jika tekanan diperkecil, kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen yang jumlah molnya lebih besar.

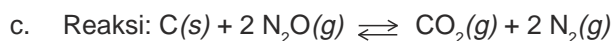
#### Contoh:



Pada reaksi di atas, jika tekanan diperbesar, kesetimbangan bergeser ke arah gas  $\text{NH}_3$  serta jika tekanan diperkecil, kesetimbangan bergeser ke arah gas  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ .



Perubahan tekanan pada kesetimbangan di atas tidak menyebabkan pergeseran kesetimbangan, sebab jumlah mol pereaksi sama dengan mol hasil reaksi.



Tekanan tidak mempengaruhi komponen yang berwujud padat atau cair. Pada kesetimbangan di atas, jika tekanan diperbesar kesetimbangan akan bergeser ke arah gas  $\text{N}_2\text{O}$  dan jika tekanan diperkecil kesetimbangan akan bergeser ke arah gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{N}_2$ .

### 4. Pengaruh Perubahan Volum pada Kesetimbangan

Perubahan volum pada kesetimbangan bergantung pada komponennya, baik komponen gas atau komponen ion-ion.

### a. Perubahan Volum pada Kesetimbangan yang Komponennya Gas

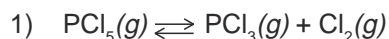
Pada kesetimbangan yang komponennya gas, perubahan volum akan berpengaruh jika pada kesetimbangan jumlah mol pereaksi berbeda dengan jumlah mol hasil reaksi. *Pengaruh perubahan volum akan merupakan kebalikan dari pengaruh perubahan tekanan* sebab jika pada suatu sistem kesetimbangan, volum diperkecil maka tekanan menjadi besar, jika volum diperbesar tekanan menjadi kecil.

Jadi, dapat disimpulkan sebagai berikut.

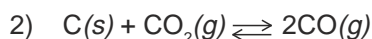
Untuk komponen gas,

- jika volum diperbesar maka kesetimbangan bergeser ke arah komponen yang jumlah molnya besar.
- jika volum diperkecil maka kesetimbangan bergeser ke arah komponen yang jumlah molnya kecil.

#### Contoh:



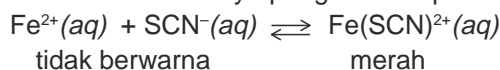
- Jika volum diperbesar, kesetimbangan akan bergeser ke arah gas  $\text{PCl}_3$  dan  $\text{Cl}_2$ .
- Jika volum diperkecil, kesetimbangan akan bergeser ke arah gas  $\text{PCl}_5$ .



- Jika volum diperbesar, kesetimbangan akan bergeser ke arah gas  $\text{CO}$ .
- Jika volum diperkecil, kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{CO}_2$ .

### b. Perubahan Volum pada Kesetimbangan yang Komponen-Komponennya Berupa Ion-Ion

Untuk mempelajari pengaruh perubahan volum pada kesetimbangan ini, salah satu contohnya pengenceran pada kesetimbangan:



Pengenceran pada kesetimbangan ini mengakibatkan warna merah berkurang atau kesetimbangan bergeser ke arah ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{SCN}^{-}$ .

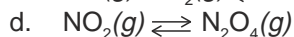
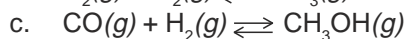
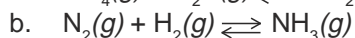
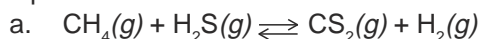
Pengenceran pada larutan menyebabkan volum menjadi besar, maka untuk kesetimbangan yang jumlah mol atau jumlah partikel pereaksi dan hasil reaksinya berbeda, kesetimbangan akan bergeser ke arah partikel yang jumlahnya lebih besar.

## Latihan 5.4

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Apa yang akan terjadi pada kesetimbangan berikut jika tekanan diperbesar?
- |   |  |
|---|--|
| a. $\text{H}_2(g) + \text{Cl}_2(g) \rightleftharpoons \text{HCl}(g)$  | c. $\text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(g)$ |
| b. $\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons \text{SO}_3(g)$ | d. $\text{C}(s) + \text{CO}_2(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g)$        |

2. Zat apa yang akan bertambah pada kesetimbangan berikut jika volum diperbesar?



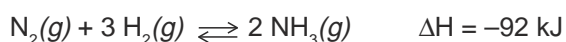
## 5. Reaksi Kesetimbangan dalam Industri

Dalam industri, ada bahan-bahan yang dihasilkan melalui reaksi-reaksi kesetimbangan, misalnya industri pembuatan amonia dan pembuatan asam sulfat. Masalah yang dihadapi adalah bagaimana memperoleh hasil yang berkualitas tinggi dalam jumlah banyak dengan menggunakan proses efisien dan efektif. Untuk memecahkan masalah tersebut, pengetahuan tentang kesetimbangan kimia sangat diperlukan.

Berikut ini akan dibahas cara pembuatan amonia dan asam sulfat yang efisien dan efektif.

### a. Pembuatan Amonia

Amonia ( $\text{NH}_3$ ) merupakan senyawa nitrogen yang banyak digunakan sebagai bahan dasar pembuatan pupuk urea dan ZA, serat sintetik (nilon dan sejenisnya), dan bahan peledak TNT (trinitro toluena). Pembuatan amonia yang dikemukakan oleh *Fritz Haber* (1905), prosesnya disebut *Proses Haber*. Reaksi yang terjadi adalah kesetimbangan antara gas  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ , dan  $\text{NH}_3$  ditulis sebagai berikut.



Untuk proses ini, gas  $\text{N}_2$  diperoleh dari hasil penyulingan udara, sedangkan gas  $\text{H}_2$  diperoleh dari hasil reaksi antara gas alam dengan air. Pada suhu kamar, reaksi ini berlangsung sangat lambat maka untuk memperoleh hasil yang maksimal, reaksi dilakukan pada suhu tinggi, tekanan tinggi, dan diberi katalis besi.

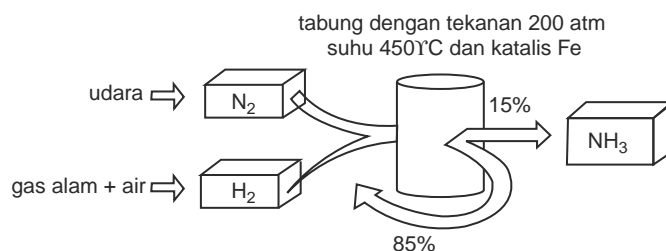
Reaksi pembentukan amonia merupakan reaksi eksoterm. Menurut Le Chatelier kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{NH}_3$  jika suhu rendah. Masalahnya adalah katalis besi hanya berfungsi efektif pada suhu tinggi, akibatnya pembentukan amonia berlangsung lama pada suhu rendah.

Berdasarkan pertimbangan ini proses pembuatan amonia dilakukan pada suhu tinggi  $\pm 450^\circ\text{C}$  (suhu optimum) agar reaksi berlangsung cepat sekalipun dengan resiko kesetimbangan akan bergeser ke arah  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ . Untuk mengimbangi pergeseran ke arah  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  oleh suhu tinggi, maka tekanan yang digunakan harus tinggi sampai mencapai antara 200–400 atm. Tekanan yang tinggi menyebabkan molekul-molekul semakin rapat sehingga tabrakan molekul-molekul semakin sering. Hal ini mengakibatkan reaksi bertambah cepat, sehingga  $\text{NH}_3$

semakin banyak terbentuk. Selain itu untuk mengurangi  $\text{NH}_3$  kembali menjadi  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  maka  $\text{NH}_3$  yang terbentuk segera dipisahkan.

Campuran gas kemudian didinginkan sehingga gas  $\text{NH}_3$  mencair. Titik didih gas  $\text{NH}_3$  lebih tinggi dari titik didih gas  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ , maka gas  $\text{NH}_3$  akan terpisah sebagai cairan. Gas nitrogen dan gas hidrogen yang belum bereaksi dan gas  $\text{NH}_3$  yang tidak mencair diresirkulasi, dicampur dengan gas  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$ , kemudian dialirkan kembali ke dalam tangki.

Bagan pembuatan amonia secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 5.8.



Sumber: Lewis, Thinking Chemistry

Gambar 5.7 Bagan pembuatan amonia secara sederhana

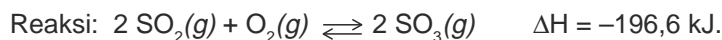
## b. Pembuatan Asam Sulfat

Salah satu cara pembuatan asam sulfat secara industri yang produknya cukup besar adalah dengan *proses kontak*. Bahan yang digunakan pada proses ini adalah belerang dan prosesnya berlangsung sebagai berikut.

- 1) Belerang dibakar di udara sehingga akan bereaksi dengan oksigen dan menghasilkan gas belerang dioksida.



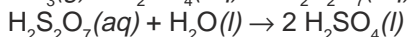
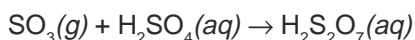
- 2) Belerang dioksida direaksikan lagi dengan oksigen dan dihasilkan belerang trioksida.



Reaksi ini merupakan reaksi kesetimbangan dan eksoterm sehingga suhu tidak dilakukan pada suhu tinggi tetapi  $\pm 450^\circ\text{C}$ , untuk menghindari kesetimbangan ke arah  $\text{SO}_2$  dan  $\text{O}_2$ .

- 3) Reaksi ini berlangsung lambat, maka dipercepat dengan katalis. Katalis yang digunakan adalah vanadium pentaoksida ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ).
- 4) Tekanan seharusnya lebih tinggi, tetapi pada prakteknya karena ada katalis maka  $\text{SO}_3$  sudah cukup banyak terbentuk sehingga tekanan dilakukan pada keadaan normal yaitu 1 atm.
- 5)  $\text{SO}_3$  yang dihasilkan segera dipisahkan sehingga kesetimbangan bergeser terus ke arah  $\text{SO}_3$ .  $\text{SO}_3$  yang dihasilkan direaksikan dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat dan membentuk asam piro-sulfat ( $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$ ). Asam piro-sulfat akan direaksikan dengan air sampai menghasilkan asam sulfat  $\pm 98\%$ .

Reaksi:



## Latihan 5.5

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Bagaimana pengaruh katalis terhadap kesetimbangan?
2.  $\text{NH}_3$  dibuat dari gas  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2$  menurut reaksi kesetimbangan:  
$$\text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(g) \quad \Delta H = -196,6 \text{ kJ}$$

Tentukan arah pergeseran reaksi kesetimbangan jika:

  - a. ke dalam sistem ditambah gas  $\text{N}_2$ ,
  - b. ke dalam sistem gas  $\text{NH}_3$  dikurangi,
  - c. volum diperkecil,
  - d. tekanan diperbesar,
  - e. suhu dinaikkan.
4. Jelaskan pembuatan amonia dengan proses Haber agar mendapatkan hasil yang maksimal.
3. Pada proses pembuatan asam sulfat terbentuk reaksi kesetimbangan  
$$2 \text{SO}_3(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_2(g) \quad \Delta H = -98 \text{ kJ.}$$

Jelaskan dengan prinsip kesetimbangan bagaimana untuk mendapatkan gas  $\text{SO}_3$  sebanyak mungkin.

## D. Konstanta Kesetimbangan

Menurut Gulberg dan Waage, pada suhu tetap harga konstanta kesetimbangan akan tetap. Hal ini dirumuskan sebagai *Hukum Kesetimbangan* yang berbunyi sebagai berikut.

Pada reaksi kesetimbangan, hasil kali konsentrasi zat hasil reaksi yang dipangkatkan koefisiennya dibagi dengan hasil kali konsentrasi zat pereaksi yang dipangkatkan koefisiennya akan tetap, pada suhu tetap.

Untuk lebih memahami tentang hukum ini, perhatikan data beberapa harga konstanta kesetimbangan reaksi antara CO dengan  $\text{H}_2$  pada suhu tetap dengan konsentrasi yang berbeda pada Tabel 5.1.



$$K = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3}$$

**Tabel 5.1** Harga konstanta kesetimbangan  $\text{CO}(g) + 3 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CH}_4(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$  pada suhu tetap.

	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
Sebelum reaksi			
[CO]	0,1000 mol L <sup>-1</sup>	0,2000 mol L <sup>-1</sup>	–
[H <sub>2</sub> ]	0,3000 mol L <sup>-1</sup>	0,3000 mol L <sup>-1</sup>	–
[CH <sub>4</sub> ]	–	–	0,1000 mol L <sup>-1</sup>
[H <sub>2</sub> O]	–	–	0,1000 mol L <sup>-1</sup>
Kesetimbangan			
[CO]	0,0613 mol L <sup>-1</sup>	0,1522 mol L <sup>-1</sup>	0,0613 mol L <sup>-1</sup>
[H <sub>2</sub> ]	0,1839 mol L <sup>-1</sup>	0,1566 mol L <sup>-1</sup>	0,1839 mol L <sup>-1</sup>
[CH <sub>4</sub> ]	0,0387 mol L <sup>-1</sup>	0,0478 mol L <sup>-1</sup>	0,0387 mol L <sup>-1</sup>
[H <sub>2</sub> O]	0,0387 mol L <sup>-1</sup>	0,0478 mol L <sup>-1</sup>	0,0387 mol L <sup>-1</sup>
$K = \frac{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]^3}$	3,93	3,91	3,93

Harga  $K$  rata-rata = 3,93.

Ternyata harga  $K$  suatu kesetimbangan akan tetap pada suhu tetap. Harga konstanta kesetimbangan dapat dinyatakan berdasarkan konsentrasi dan tekanan.

## 1. Konstanta Kesetimbangan Berdasarkan Konsentrasi

Konstanta kesetimbangan berdasarkan konsentrasi dinyatakan dengan notasi  $K_c$ , yaitu hasil kali konsentrasi zat-zat hasil reaksi dibagi hasil kali zat-zat pereaksi, setelah masing-masing konsentrasi dipangkatkan koefisiennya pada reaksi tersebut. Jadi, pada kesetimbangan  $m \text{A}(g) + n \text{B}(g) \rightleftharpoons p \text{C}(g) + q \text{D}(g)$ , harga  $K_c$  adalah:

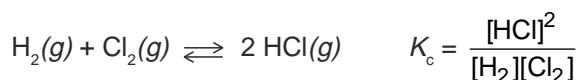
$$K_c = \frac{[\text{C}]^p [\text{D}]^q}{[\text{A}]^m [\text{B}]^n}$$

Untuk menentukan  $K_c$  konsentrasi zat dinyatakan dalam mol.L<sup>-1</sup>.

Contoh penulisan rumus kesetimbangan dapat dilihat berikut ini.

**Reaksi**

**Rumus  $K_c$**





Untuk memahami perhitungan konstanta kesetimbangan dan konsentrasi zat, perhatikan contoh soal berikut ini.

### Contoh Soal

1. Tentukan harga  $K_c$  dari reaksi kesetimbangan  $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$ , jika diketahui data konsentrasi zat-zat pada kesetimbangan sebagai berikut.

No.	$[\text{PCl}_5]$ (M)	$[\text{PCl}_3]$ (M)	$[\text{Cl}_2]$ (M)
1.	0,010	0,15	0,37
2.	0,085	0,99	0,47
3.	1,000	3,68	1,50

*Penyelesaian:*

$$K_c = \frac{[\text{PCl}_3][\text{Cl}_2]}{[\text{PCl}_5]}$$

$$(1) K_c = \frac{[0,15][0,37]}{[0,010]} = 5,55$$

$$(2) K_c = \frac{[0,99][0,47]}{[0,085]} = 5,47$$

$$(3) K_c = \frac{[3,68][1,50]}{[1,00]} = 5,51$$

$$K_c \text{ rata-rata} = 5,51$$

2. Pada tabung tertutup terdapat 2 mol iodium  $\text{I}_2$ , 19 mol gas HI, dan 4 mol gas  $\text{H}_2$  dalam keadaan setimbang. Tentukan harga  $K_c$  untuk reaksi:  
 $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(g)$

*Penyelesaian:*

Misal volum tabung adalah  $V \text{ L}^{-1}$  dan pada saat kesetimbangan,

$$[\text{HI}] = \frac{19}{V} \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{H}_2] = \frac{4}{V} \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{I}_2] = \frac{2}{V} \text{ mol L}^{-1}$$

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{\left(\frac{19}{V}\right)^2}{\left(\frac{4}{V}\right)\left(\frac{2}{V}\right)} = 45,1$$

3. Ke dalam bejana yang volumenya 1 mL dimasukkan 1 mol gas CO dan 1 mol uap H<sub>2</sub>O. Setelah sistem mencapai kesetimbangan menurut persamaan reaksi:  $\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$ , ternyata terdapat 0,25 mol gas CO<sub>2</sub>. Tentukan harga konstanta kesetimbangan K<sub>c</sub>!

*Penyelesaian:*

Persamaan reaksi	:	CO(g)	+	H <sub>2</sub> O(g)	$\rightleftharpoons$	CO <sub>2</sub> (g)	+	H <sub>2</sub> (g)
Keadaan awal	:	1 mol L <sup>-1</sup>		1 mol L <sup>-1</sup>		0		0
Bereaksi	:	0,25 mol L <sup>-1</sup>		0,25 mol L <sup>-1</sup>				
Hasil reaksi	:					0,25 mol L <sup>-1</sup>		0,25 mol L <sup>-1</sup>
Sisa	:	0,75 mol L <sup>-1</sup>		0,75 mol L <sup>-1</sup>				
Keadaan setimbang	:	0,75 mol L <sup>-1</sup>		0,75 mol L <sup>-1</sup>		0,25 mol L <sup>-1</sup>		0,25 mol L <sup>-1</sup>

$$K_c = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]} = \frac{(0,25)(0,25)}{(0,75)(0,75)} = \frac{1}{9}$$

4. Pada temperatur tertentu, ke dalam bejana yang volumenya 1 L dimasukkan 0,5 mol gas SO<sub>3</sub> sehingga terjadi reaksi kesetimbangan:



Bila setelah sistem mencapai keadaan kesetimbangan, perbandingan jumlah mol SO<sub>3</sub> terhadap O<sub>2</sub> adalah 1 : 2, tentukan harga konstanta kesetimbangan K<sub>c</sub>.

*Penyelesaian:*

Persamaan reaksi	:	2 SO <sub>3</sub> (g)	$\rightleftharpoons$	2 SO <sub>2</sub> (g)	+	O <sub>2</sub> (g)
Mula-mula	:	0,5 mol				
Terurai	:	X mol				
Hasil reaksi	:			X mol		0,5 X mol
Sisa	:	(0,5 - X) mol				

Jumlah mol SO<sub>3</sub> : O<sub>2</sub> = 1 : 2

Jadi, (0,5 - X) : 0,5 X = 1 : 2

$$0,5 X = 2 (0,5 - X)$$

$$2,5 X = 1 \rightarrow X = 0,4$$

$$[\text{SO}_3] = (0,5 - X) = (0,5 - 0,4) \text{ mol L}^{-1} = 0,1 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{SO}_2] = X = 0,4 \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{O}_2] = 0,5X = 0,5 \times 0,4 \text{ mol L}^{-1} = 0,2 \text{ mol L}^{-1}$$

$$K_c = \frac{[\text{SO}_2]^2 \cdot [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2} = \frac{(0,4)^2 \cdot (0,2)}{(0,1)^2} = 3,2$$

## Latihan 5.6

Selesaikan soal-soal berikut!

- Tuliskan konstanta kesetimbangan K<sub>c</sub> untuk reaksi berikut ini.
  - $\text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(g)$
  - $3 \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{O}_3(g)$
  - $4 \text{NH}_3(g) + 3 \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{N}_2(g) + 6 \text{H}_2\text{O}(g)$

2. Tentukan reaksi kesetimbangan dari rumus  $K_c$  di bawah ini.

$$\text{a. } K_c = \frac{[\text{N}_2][\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{NO}]^2[\text{NH}_3]^2} \quad \text{b. } K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2[\text{Cl}_2]^2}{[\text{HCl}]^4[\text{O}_2]}$$

- Pada suatu tempat dengan volum 5 liter terdapat 0,185 mol gas  $\text{PCl}_3$ , 0,0158 mol  $\text{PCl}_5$ , dan 0,0870 mol  $\text{Cl}_2$ . Kesetimbangan terjadi pada suhu  $230^\circ\text{C}$  dengan reaksi  $\text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(g)$ . Tentukan harga  $K_c$ !
- Untuk reaksi  $\text{H}_2(g) + \text{I}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(g)$  diketahui konsentrasi awal  $\text{H}_2 = 0,20 \text{ mol L}^{-1}$  dan  $\text{I}_2 = 0,15 \text{ mol L}^{-1}$ . Jika pada saat kesetimbangan masih tersisa  $\text{I}_2 = 0,05 \text{ mol L}^{-1}$  berapa harga konstanta kesetimbangan?
- Reaksi  $\text{CO}_2(g) + \text{NO}(g) \rightleftharpoons \text{NO}_2(g) + \text{CO}(g)$  dilakukan dalam wadah 5 liter. Pada keadaan awal terdapat 4,5 mol  $\text{CO}_2$  dan 4 mol  $\text{NO}$ . Sesudah kesetimbangan  $\text{NO}$  yang masih tersisa adalah 0,5 mol. Tentukan konstanta kesetimbangan reaksi tersebut!

## 2. Konstanta Kesetimbangan Berdasarkan Tekanan

Konstanta kesetimbangan berdasarkan tekanan dinyatakan dengan simbol  $K_p$ , yaitu hasil kali tekanan parsial gas-gas hasil reaksi dibagi dengan hasil kali tekanan parsial gas-gas pereaksi, setelah masing-masing gas dipangkatkan dengan koefisiennya menurut persamaan reaksi. Jadi, konstanta kesetimbangan pada reaksi:  $m \text{A}(g) + n \text{B}(g) \rightleftharpoons p \text{C}(g) + q \text{D}(g)$  yaitu:

$$K_p = \frac{P_C^p \cdot P_D^q}{P_A^m \cdot P_B^n}$$

$P_A$  = tekanan parsial A  
 $P_B$  = tekanan parsial B  
 $P_C$  = tekanan parsial C  
 $P_D$  = tekanan parsial D

Tekanan parsial diberi lambang  $P$  dan ditentukan dengan rumus:

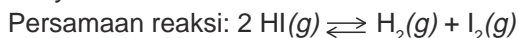
$$P = \frac{\text{Jumlah mol gas X}}{\text{Jumlah mol total semua gas}} \times \text{Tekanan total}$$

Untuk menentukan  $K_p$  tekanan gas dapat dinyatakan dengan *cm Hg* atau *atmosfer (atm)*.

### Contoh Soal

- Pada temperatur 500 K ke dalam bejana yang volumenya 5 liter dimasukkan 0,6 mol gas  $\text{HI}$  sehingga terjadi reaksi kesetimbangan  $2 \text{HI}(g) \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + \text{I}_2(g)$ . Bila setelah sistem mencapai keadaan kesetimbangan masih terdapat 0,3 mol  $\text{HI}$ , tentukan harga konstanta kesetimbangan  $K_p$  pada temperatur 500 K ( $R = 0,082$ ).

*Penyelesaian:*



$$\text{HI yang terurai} = (0,6 - 0,3) \text{ mol} = 0,3 \text{ mol}$$

$$\text{HI sisa} = 0,3 \text{ mol}$$

$$\text{H}_2 \text{ yang terbentuk} = \frac{1}{2} \cdot 0,3 \text{ mol} = 0,15 \text{ mol}$$

$$\text{I}_2 \text{ yang terbentuk} = \frac{1}{2} \cdot 0,3 \text{ mol} = 0,15 \text{ mol}$$

Untuk mendapatkan harga  $P$ , gunakan rumus:  $P = \frac{n}{V} \cdot R \cdot T$

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

$$P_{\text{H}_2} = \frac{0,15}{5} \cdot 0,082 \cdot 500 \text{ atm} = 1,23 \text{ atm}$$

$$P_{\text{I}_2} = \frac{0,15}{5} \cdot 0,082 \cdot 500 \text{ atm} = 1,23 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{H}_2} \cdot P_{\text{I}_2}}{(P_{\text{HI}})^2} = \frac{1,23 \text{ atm} \cdot 1,23 \text{ atm}}{(2,46)^2 \text{ atm}^2} = 0,25$$

2. 5 mol gas amonia dimasukkan ke dalam suatu wadah dan dibiarkan terurai menurut reaksi:  $2 \text{ NH}_3(g) \rightleftharpoons \text{N}_2(g) + 3 \text{ H}_2(g)$ . Setelah kesetimbangan tercapai ternyata amonia terurai 40% dan tekanan total 3,5 atm. Hitunglah  $K_p$ !

*Penyelesaian:*



$$\text{Keadaan awal} : 5 \text{ mol}$$

$$\text{Bereaksi} : 2 \text{ mol}$$

$$\text{Hasil reaksi} : \quad \quad \quad 1 \text{ mol} \quad 3 \text{ mol}$$

$$\text{Sisa} : 3 \text{ mol}$$

$$\text{Keadaan setimbang} : 3 \text{ mol} \quad 1 \text{ mol} \quad 3 \text{ mol}$$

$$P_{\text{NH}_3} = \frac{3}{7} \times 3,5 \text{ atm} = 1,5 \text{ atm}$$

$$P_{\text{N}_2} = \frac{1}{7} \times 3,5 \text{ atm} = 0,5 \text{ atm}$$

$$P_{\text{H}_2} = \frac{3}{7} \times 3,5 \text{ atm} = 1,5 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{N}_2} \cdot (P_{\text{H}_2})^3}{(P_{\text{NH}_3})^2} = \frac{(0,5)(1,5)^3}{(1,5)^2} = 0,75$$

## Latihan 5.7

Selesaikan soal-soal berikut!

- Tentukan konstanta kesetimbangan  $K_p$  untuk reaksi-reaksi berikut ini!
  - $\text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(g)$
  - $\text{H}_2(g) + \text{Br}_2(g) \rightleftharpoons \text{HBr}(g)$
  - $\text{NO}(g) + \text{Br}_2(g) \rightleftharpoons \text{NOBr}(g)$
  - $\text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons \text{SO}_3(g)$
- Pada suhu  $425^\circ\text{C}$  dalam ruang 10 liter, 3 mol gas HI terdisosiasi 50% menghasilkan gas  $\text{H}_2$  dan  $\text{I}_2$ . Jika tekanan total campuran gas adalah 6 atm, berapa harga  $K_p$ ?
- Gas X mengalami disosiasi akibat pemanasan dengan reaksi  $\text{X}(g) \rightleftharpoons \text{Y}(g) + \text{Z}(g)$ . Sejumlah gas X dipanaskan pada tekanan konstan P. Pada kesetimbangan tekanan parsial X =  $\frac{1}{7}P$ . Berapa  $K_p$  pada suhu tersebut!
- Pada suhu  $25^\circ\text{C}$  terdapat kesetimbangan  $\text{N}_2 + 3 \text{H}_2 \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3$ . Pada keadaan setimbang terdapat tekanan parsial gas  $\text{H}_2 = 0,15 \text{ atm}$ ,  $\text{NH}_3 = 0,15 \text{ atm}$ . Berapa tekanan parsial gas  $\text{N}_2$ , jika  $K_p = 54$ ?

### 3. Hubungan $K_c$ dengan $K_p$

Hubungan  $K_c$  dengan  $K_p$  dapat ditentukan berdasarkan rumus  $PV = nRT$

$$P = \frac{n}{V} \cdot RT$$

$$\frac{n}{V} = \text{konsentrasi}$$

Untuk reaksi:  $a \text{P} + b \text{Q} \rightleftharpoons c \text{R} + d \text{S}$  maka

$$K_p = \frac{(P_R)^c (P_S)^d}{(P_P)^a (P_Q)^b}$$

$$K_p = \frac{([\text{R}] \cdot RT)^c ([\text{S}] \cdot RT)^d}{([\text{P}] \cdot RT)^a ([\text{Q}] \cdot RT)^b} = \frac{[\text{R}]^c [\text{S}]^d}{[\text{P}]^a [\text{Q}]^b} \cdot RT^{(c+d)-(a+b)}$$

$$(c+d) - (a+b) = \Delta n$$

Jadi,  $K_p = K_c \cdot (RT)^{\Delta n}$

Jika jumlah koefisien hasil reaksi sama dengan jumlah koefisien pereaksi ( $\Delta n = 0$ ) maka  $K_p = K_c$ .

## Contoh Soal

1. Pada reaksi setimbang:  $2 \text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(g)$ .  
Harga  $K_c = 2,8 \times 10^2$ , pada 1000 Kelvin. Hitung harga  $K_p$ , jika  $R = 0,082$ .

*Penyelesaian:*

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

Pada reaksi di atas  $\Delta n = 2 - (2 + 1) = -1$

Dengan demikian harga  $K_p = 2,8 \times 10^2 (0,082 \times 1000)^{-1} = 3,4$

2. Pada suhu  $25^\circ\text{C}$  terdapat kesetimbangan :  $2 \text{NO}(g) + \text{Cl}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NOCl}(g)$ .  
Harga  $K_c = 4,6 \cdot 10^{-4}$ , tentukan  $K_p$  jika  $R = 0,082$ .

*Penyelesaian:*

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

$$= 4,6 \cdot 10^{-4} (0,082 \times 298)^{-1}$$

$$= 1,88 \times 10^{-5}$$

## Latihan 5.8

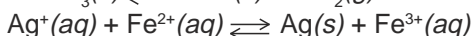
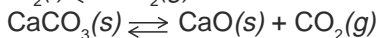
Selesaikan soal-soal berikut!

1. Harga  $K_c$  untuk reaksi berikut ini pada suhu  $900^\circ\text{C}$  adalah 0,28.  
 $\text{CS}_2(g) + 4 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CH}_4(g) + 2 \text{H}_2\text{S}(g)$   
Tentukan harga  $K_p$  pada temperatur itu, jika  $R = 0,082$ ?
2. Tentukan harga  $K_p$  pada reaksi kesetimbangan  $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$ .  
Jika harga  $K_c$  pada suhu  $190^\circ\text{C}$  adalah 3,2, ( $R = 0,082$ ).

## 4. Konstanta Kesetimbangan Heterogen

*Kesetimbangan heterogen* adalah kesetimbangan yang komponennya terdiri dari zat-zat yang wujudnya berbeda.

**Contoh:**  $\text{Br}_2(l) \rightleftharpoons \text{Br}_2(g)$



Konstanta kesetimbangan untuk reaksi  $\text{CaCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$

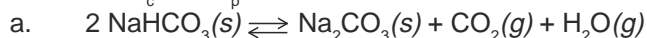
menurut hukum kesetimbangan adalah  $K_c = \frac{[\text{CaO}][\text{CO}_2]}{[\text{CaCO}_3]}$ .

Oleh karena  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{CaO}$  berwujud padat yang pada kesetimbangan dianggap tetap maka konstanta kesetimbangan tersebut menjadi:

$$K_c = [\text{CO}_2] \text{ dan } K_p = P_{\text{CO}_2}$$

## Contoh Soal

Tentukan  $K_c$  dan  $K_p$  dari reaksi berikut.



*Penyelesaian:*

$$K_c = [\text{CO}_2][\text{H}_2\text{O}]$$

$$K_p = P_{\text{CO}_2} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}$$



*Penyelesaian:*

$$K_c = [\text{CO}_2]$$

$$K_p = P_{\text{CO}_2}$$

## Latihan 5.9

Selesaikan soal-soal berikut!

1. Tentukan konstanta kesetimbangan  $K_c$  dan  $K_p$  untuk reaksi-reaksi berikut.
  - a.  $\text{C}(s) + \text{CO}_2(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g)$
  - b.  $\text{NH}_4\text{Cl}(s) \rightleftharpoons \text{NH}_3(g) + \text{HCl}(g)$
  - c.  $\text{FeO}(s) + \text{CO}(g) \rightleftharpoons \text{Fe}(s) + \text{CO}_2(g)$
  - d.  $\text{C}(s) + \text{N}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{N}_2(g)$
  - e.  $\text{AgCl}(s) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(aq) + \text{Cl}^-(aq)$
  - f.  $\text{Ag}^+(aq) + \text{Fe}^{2+}(aq) \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}(aq) + \text{Ag}(s)$
2. Pada suhu  $850^\circ\text{C}$  dalam ruang 5 liter, 1 mol batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) terurai menghasilkan 0,25 mol gas  $\text{CO}_2$ . Persamaan:  $\text{CaCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$ . Tentukan konstanta kesetimbangan  $K_c$  pada temperatur itu!

## INFO KIMIA



Sumber: Silberberg, Chemistry: The Molecular Nature of Matter and Change

### Prinsip Le Chatelier di alam

Prinsip Le Chatelier tidak terbatas pada reaksi kimia saja. Di Savanah Afrika, jumlah herbivora selalu seimbang dengan carnivora. Jika ada gangguan akan menyebabkan perubahan jumlah hewan dan terjadi kesetimbangan baru.

## Rangkuman

1. Dalam keadaan kesetimbangan, komponen zat tidak mengalami perubahan makroskopis tetapi terjadi perubahan mikroskopis yang berlangsung terus-menerus dengan kecepatan ke kanan dan ke kiri sama.  $A + B \xrightleftharpoons[V_2]{V_1} C + D$
2. Apabila dalam sistem kesetimbangan diadakan suatu aksi maka sistem akan memberikan suatu reaksi untuk mengurangi pengaruh aksi tersebut menjadi sekecil mungkin.
3. Sistem kesetimbangan dinyatakan dengan persamaan:  
 $m A + n B \rightleftharpoons p C + q D$

$$\text{Hukum kesetimbangan: } K = \frac{[C]^p [D]^q}{[A]^m [B]^n}$$

Harga  $K$  tetap pada suhu tetap.

Harga  $K$  ditentukan secara eksperimen dengan menentukan konsentrasi salah satu komponen.

Jika harga  $K \neq \frac{[C]^p [D]^q}{[A]^m [B]^n}$ , maka sistem tidak dalam keadaan setimbang.

4. Prinsip kesetimbangan banyak digunakan dalam industri untuk mendapatkan hasil yang optimal dan biaya yang ekonomis dengan mempertimbangkan kondisi konsentrasi, tekanan, suhu, dan katalis.
5. Faktor-faktor yang mempengaruhi kesetimbangan adalah, suhu, konsentrasi, tekanan, dan volum.
6. Jika suhu dinaikkan kesetimbangan bergeser ke arah reaksi endoterm. Jika suhu diturunkan, kesetimbangan bergeser ke arah eksoterm.
7. Jika salah satu komponen konsentrasinya dikurangi maka kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen tersebut.  
Jika salah satu komponen konsentrasinya diperbesar maka kesetimbangan akan bergeser ke arah lawannya.
8. Jika tekanan diperbesar, kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen yang jumlah molnya lebih kecil.  
Jika tekanan diperkecil, kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen yang jumlah molnya lebih besar.
9. Jika volum diperbesar kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen yang jumlah molnya besar.  
Jika volum diperkecil kesetimbangan akan bergeser ke arah komponen yang jumlah molnya kecil.



## Kata Kunci

- Kesetimbangan dinamis
- Mikroskopis
- Reaksi kesetimbangan homogen
- Reaksi kesetimbangan heterogen
- Azas Le Chatelier
- Konstanta kesetimbangan ( $K_c$ )
- Konstanta kesetimbangan tekanan ( $K_p$ )
- Konstanta gas ideal
- Keadaan kesetimbangan

## Evaluasi Akhir Bab

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling benar.

1. Kesetimbangan kimia terjadi bila . . . .
  - A. mol reaktan = mol hasil reaksi
  - B. reaksi berlangsung tanpa katalis
  - C. kecepatan reaksi ke kiri dan ke kanan sama besar
  - D. warna reaktan dan hasil reaksi sama
  - E. wujud reaktan dan hasil reaktan sama
2. Sistem kesetimbangan homogen adalah reaksi kesetimbangan dimana . . . .
  - A. komponen-komponennya berwujud sama
  - B. jumlah masing-masing komponennya sama
  - C. koefisien pereaksi = koefisien hasil reaksi
  - D. wujud pereaksi berbeda dengan wujud hasil reaksi
  - E. wujud hasil reaksi semuanya gas
3. Dari reaksi setimbang berikut:  $2 \text{NO}(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(g)$ ;  $\Delta H = -114 \text{ kJ}$ , untuk memperbanyak hasil gas  $\text{NO}_2$  dapat dilakukan dengan . . . .
  - A. memberi katalis
  - B. memperkecil suhu
  - C. memperkecil konsentrasi
  - D. memperbesar suhu
  - E. memperbesar volum
4. Dari sistem kesetimbangan berikut yang tidak dipengaruhi oleh volum dan tekanan adalah . . . .
  - A.  $\text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g)$
  - B.  $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$
  - C.  $2 \text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(g)$
  - D.  $2 \text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(g)$
  - E.  $2 \text{NH}_3(g) \rightleftharpoons \text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g)$

5. Reaksi kesetimbangan berikut yang tidak mengalami pergeseran ke kanan jika tekanan diperkecil adalah . . . .
- $\text{N}_2(g) + 3 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(g)$
  - $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$
  - $\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$
  - $2 \text{NO}_2(g) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4(g)$
  - $2 \text{SO}_2(g) + \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{SO}_3(g)$
6. Reaksi  $2 \text{NO}(g) \rightleftharpoons \text{N}_2(g) + \text{O}_2(g)$  berlangsung eksoterm. Dari pernyataan berikut yang benar adalah . . . .
- jika tekanan diperbesar, reaksi bergeser ke kanan
  - jika suhu diperbesar, reaksi bergeser ke kanan
  - jika diberi katalis, reaksi bergeser ke kanan
  - jika ditambah gas NO, reaksi bergeser ke kanan
  - jika volum diperkecil, reaksi bergeser ke kanan
7. Dalam pabrik pupuk urea,  $\text{NH}_3$  dibuat dengan proses Haber. Untuk memperoleh hasil  $\text{NH}_3$  yang optimal diperlukan kondisi sebagai berikut:
- adanya katalis
  - tekanan rendah
  - konsentrasi  $\text{H}_2$  dan  $\text{N}_2$  diperbesar
  - $\text{NH}_3$  yang terbentuk segera dipisahkan
- yang benar adalah . . . .
- |               |         |
|---------------|---------|
| A. 1, 2, 3, 4 | D. 2, 4 |
| B. 1, 2       | E. 4    |
| C. 1, 3       |         |
8. Tetapan kesetimbangan reaksi:  
 $\text{CaCO}_3(s) \rightleftharpoons \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$   $\Delta H = +178 \text{ kJ}$   
 dapat diperbesar dengan cara . . . .
- |                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| A. memperbesar tekanan | D. menambahkan suhu |
| B. menambahkan CaO     | E. mengurangi suhu  |
| C. memperkecil volum   |                     |
9. Diketahui reaksi kesetimbangan berikut:  $\text{C}(s) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2(g)$ . Rumus untuk menyatakan tetapan kesetimbangan reaksi di atas adalah . . . .
- |   |   |
|---|---|
| A. $K = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2]}{[\text{C}][\text{H}_2\text{O}]}$ | D. $K = \frac{[\text{C}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}$ |
| B. $K = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2]}{[\text{H}_2\text{O}]}$           | E. $K = [\text{H}_2\text{O}]$   |
| C. $K = \frac{[\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}][\text{H}_2]}$           |   |





19. Pemanasan  $\text{PCl}_5$  menyebabkan terjadinya disosiasi dengan reaksi kesetimbangan  $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$ .

Dalam keadaan setimbang pada suhu  $250^\circ\text{C}$  dan tekanan 10 atm terdapat 0,33 mol  $\text{PCl}_5$ , 0,67 mol  $\text{PCl}_3$ , dan 0,67 mol  $\text{Cl}_2$ . Berapakah harga  $K_p$ ?

- A. 16,24 atm  
 B. 12,30 atm  
 C. 8,12 atm  
 D. 8,12 atm  
 E. 0,18 atm
20. Harga  $K_c$  untuk reaksi kesetimbangan adalah 289 pada suhu  $273^\circ\text{C}$  menurut reaksi  $\text{CO}(g) + 2 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(g)$   
 Jika harga  $R = 0,082$ , maka harga  $K_p$  untuk reaksi di atas adalah . . . .
- A. 0,044  
 B. 0,088  
 C. 0,176  
 D. 0,352  
 E. 0,804

**B. Selesaikan soal-soal berikut dengan benar dan jelas.**

1. Dari kesetimbangan  $\text{PCl}_5(g) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(g) + \text{Cl}_2(g)$  didapatkan data:

Percobaan	$[\text{PCl}_5]$ (M)	$[\text{PCl}_3]$ (M)	$[\text{Cl}_2]$ (M)
1	0,0023	0,23	0,055
2	0,010	0,15	0,37
3	0,085	0,99	0,47
4	1,00	0,66	1,50

- a. Hitung harga  $K_c$  untuk reaksi kesetimbangan ini  
 b. Hitung harga  $K_p$  reaksi ini pada suhu  $980^\circ\text{C}$

2. Diketahui kesetimbangan:  
 $\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$  mempunyai  $K_c = 4,0$ , jika gas CO dan  $\text{H}_2\text{O}$  semula masing-masing 0,3 mol dicampur dalam ruang 1 liter, berapakah massa  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan?
3. Tuliskan tetapan kesetimbangan  $K_c$  dan  $K_p$  dari reaksi berikut:
- a.  $\text{CO}(g) + 2 \text{H}_2(g) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(g)$   
 b.  $\text{CO}(g) + 2 \text{H}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$   
 c.  $2 \text{H}_2\text{S}(g) + 3 \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}(g) + 2 \text{SO}_2(g)$
4. Tunjukkan arah pergeseran kesetimbangan reaksi berikut ini:  
 $4 \text{NH}_3(g) + 3 \text{O}_2(g) \rightleftharpoons 2 \text{N}_2(g) + 6 \text{H}_2\text{O}(g)$  bila pada sistem:
- a. ditambahkan  $\text{O}_2$ ,  
 b. ditambahkan  $\text{N}_2$ ,  
 c. ditambahkan  $\text{H}_2\text{O}$ ,  
 d. dikurangi  $\text{H}_2\text{O}$ ,  
 e. volum sistem diperkecil.

5. Jika 10 mL larutan  $\text{AgNO}_3$  0,1 M dicampurkan dengan 10 mL larutan  $\text{FeCl}_2$  0,1 M akan terjadi reaksi  $\text{Ag}^+(aq) + \text{Fe}^{2+}(aq) \longrightarrow \text{Ag}(s) + \text{Fe}^{3+}(aq)$ . Ditemukan bahwa dalam keadaan kesetimbangan konsentrasi ion  $\text{Ag}^+(aq)$  adalah 0,02 M. Berapa konsentrasi ion  $\text{Fe}^{3+}(aq)$  dalam kesetimbangan itu?

---

## T u g a s

Pembuatan asam sulfat dengan proses kontak menggunakan prinsip-prinsip reaksi kesetimbangan.

Asam sulfat diproduksi secara besar-besaran. Carilah informasi produk-produk yang menggunakan asam sulfat sebagai bahan kimia dasar.

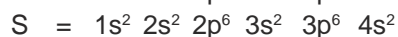
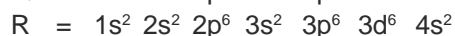
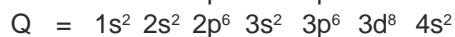
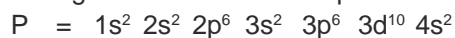
---

## Soal Evaluasi Semester I

### A. Pilihlah salah satu jawaban yang benar.

- Jika atom brom mempunyai nomor atom 35 dan massa atom 80, maka jumlah proton, neutron, dan elektron dalam ion bromida berturut-turut adalah . . . .
  - 35, 80, 35
  - 35, 45, 35
  - 35, 45, 86
  - 36, 45, 36
  - 35, 36, 45
- Atom suatu unsur mempunyai konfigurasi elektron 2, 8, 18, 1. Bilangan kuantum elektron terakhir dari atom tersebut adalah . . . .
  - $n = 4; \quad \ell = 0; \quad m = 0; \quad s = +\frac{1}{2}$
  - $n = 4; \quad \ell = 0; \quad m = 0; \quad s = -\frac{1}{2}$
  - $n = 3; \quad \ell = 2; \quad m = +2; \quad s = +$
  - $n = 3; \quad \ell = 2; \quad m = +2; \quad s = -\frac{1}{2}$
  - $n = 3; \quad \ell = 2; \quad m = -2; \quad s = +\frac{1}{2}$
- Suatu atom memiliki bilangan kuantum elektron terluarnya  $n = 3, \ell = 2, m = -1$ , dan  $s = -\frac{1}{2}$ . Unsur di atas mempunyai nomor elektron . . . .
  - 21
  - 25
  - 27
  - 35
  - 54
- Susunan berikut yang menunjukkan susunan elektron dari ion  $C^-$  pada keadaan dasar adalah . . . . (nomor atom C = 6).
  - $\boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{1 \ 1 \ \square}$
  - $\boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{1 \ 1 \ 1}$
  - $\boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{\uparrow\downarrow \ 1 \ \square}$
  - $\boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{1} \quad \boxed{1 \ 1 \ 1}$
  - $\boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{\uparrow\downarrow} \quad \boxed{1 \ \square \ \square}$
- Nomor atom belerang adalah 16. Dalam anion sulfida  $S^{2-}$ , konfigurasi elektronnya adalah . . . .
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 3s^2$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 4s^2$

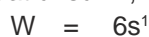
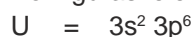
6. Konfigurasi elektron beberapa unsur adalah sebagai berikut



Pernyataan di bawah ini yang tepat adalah . . . .

- A. unsur Q merupakan logam alkali
- B. unsur Q, R, S terletak dalam periode yang sama
- C. unsur P dan Q merupakan logam transisi
- D. unsur P dan S merupakan logam alkali tanah
- E. unsur R merupakan logam alkali tanah

7. Konfigurasi elektron terluar untuk empat unsur A, B, C, dan D adalah:



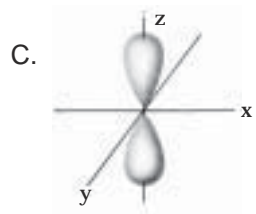
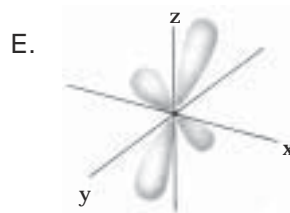
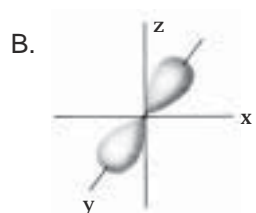
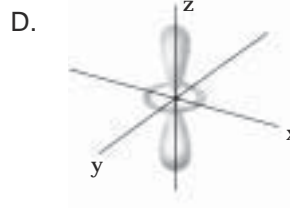
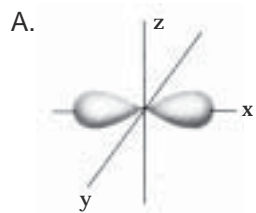
Unsur-unsur ini adalah:

- (1) U unsur gas mulia
- (2) V unsur logam transisi
- (3) W unsur logam alkali
- (4) X adalah unsur gas klor

yang benar adalah . . . .

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

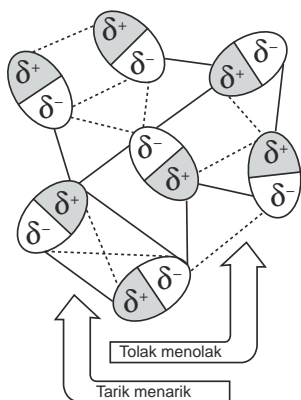
8. Bentuk orbital  $dz^2$  adalah . . . .





9. Unsur X dengan konfigurasi elektron  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2$  dalam tabel periodik unsur terletak pada golongan dan periode . . . .
- VA dan 3
  - IA dan 4
  - VIB dan 3
  - VB dan 4
  - VIA dan 4
10. Jika struktur ruang elektron  $XeF_4$  adalah oktahedral, maka jumlah pasangan elektron terikat dan pasangan elektron bebas masing-masing adalah . . . .
- 4 dan 2
  - 4 dan 4
  - 2 dan 4
  - 3 dan 3
  - 5 dan 1
11. Orbital hibrida  $sp^3d$  terjadi pada molekul yang memiliki bentuk . . . .
- linier
  - tetrahedral
  - okta hedral
  - segiempat datar
  - bipiramidal trigonal
12. Nomor atom P adalah 15, sedangkan Br adalah 35. Bentuk molekul  $PBr_5$  adalah . . . .
- tetrahedron
  - segitiga sama sisi
  - trigonal bipiramida
  - trigonal piramida
  - bujur sangkar
13. Bentuk molekul dari  $PCl_5$  adalah . . . .
- trigonal bipiramida
  - tetrahedral
  - bentuk T
  - segiempat planar
  - trigonal piramida
14. Diagram elektron suatu atom adalah sebagai berikut:  $\boxed{\uparrow\downarrow} \boxed{\uparrow\downarrow} \boxed{\uparrow} \boxed{\uparrow} \boxed{\phantom{\uparrow\downarrow}}$
- Jika unsur tersebut bereaksi dengan 4 atom hidrogen maka orbital hibrida pada molekul tersebut adalah . . . .
- sp
  - $sp^2$
  - $sp^3$
  - $dsp^2$
  - $sp^3d^2$

15.



Posisi molekul seperti yang tertera pada gambar diakibatkan terjadinya

- .....
- A. ikatan hidrogen
  - B. gaya London
  - C. ikatan kovalen polar
  - D. gaya dipol-dipol
  - E. ikatan kovalen nonpolar

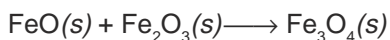
16. Berikut ini adalah data untuk H<sub>2</sub>O dan H<sub>2</sub>S

	$M_r$	Titik Leleh	Titik Didih
H <sub>2</sub> O	18	0°C	100°C
H <sub>2</sub> S	34	-83°C	-80°C

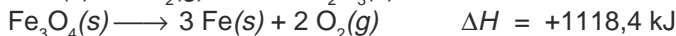
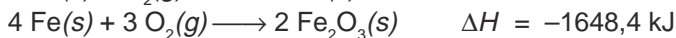
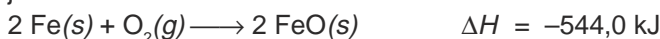
Perbedaan titik leleh dan titik didih ini disebabkan oleh . . . .

- A. H<sub>2</sub>S mempunyai ikatan van der Waals antara molekulnya
- B. H<sub>2</sub>O mempunyai ikatan hidrogen antara molekulnya
- C. sudut ikatan pada H<sub>2</sub>S dan pada H<sub>2</sub>O berbeda 15°
- D. H<sub>2</sub>S lebih besar daripada H<sub>2</sub>O
- E. jari-jari atom O lebih kuat daripada jari-jari atom S

17. Dari reaksi berikut:



jika diketahui



$\Delta H$  reaksi adalah . . . .

- A. -1074,0 kJ
- B. -22,2 kJ
- C. +249,8 kJ
- D. +2214,6 kJ
- E. +22,2 kJ

18. Jika 100 mL larutan NaOH 1 M direaksikan dengan 100 mL HCl 1 M dalam sebuah bejana, ternyata suhu larutan naik dari 29°C menjadi 37,5°C. Jika larutan dianggap sama dengan air, kalor jenis air 4,2 J.g<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>, massa jenis air = 1 gram mL<sup>-1</sup>, maka  $\Delta H$  netralisasi adalah . . . .

- A. +82,3 kJ.mol<sup>-1</sup>
- B. +71,4 kJ.mol<sup>-1</sup>
- C. -71,4 kJ.mol<sup>-1</sup>
- D. -54,6 kJ.mol<sup>-1</sup>
- E. -45,9 kJ.mol<sup>-1</sup>

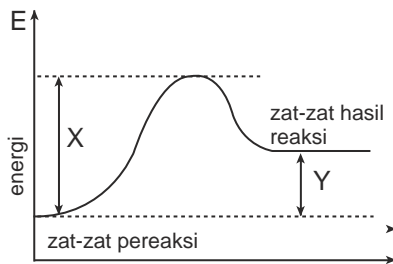




Dari pengamatan kecepatan reaksi pada berbagai konsentrasi pada data di atas dapat disimpulkan bahwa orde reaksi adalah . . . .

- A.  $\frac{1}{4}$
- B.  $\frac{1}{2}$
- C. 1
- D.  $\frac{2}{3}$
- E. 2

27. Kenaikan suhu akan mempercepat laju reaksi, karena kenaikan suhu akan . . . .
- A. menaikkan energi pengaktifan zat yang bereaksi
  - B. memperbesar konsentrasi zat yang bereaksi
  - C. memperbesar energi kinetik molekul pereaksi
  - D. memperbesar tekanan
  - E. memperbesar luas permukaan
28. Suatu reaksi berlangsung pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$ . Bila pada setiap kenaikan  $10^{\circ}\text{C}$  tetapan laju reaksinya meningkat 2 kali, maka laju reaksi pada  $60^{\circ}\text{C}$  dibandingkan dengan  $20^{\circ}\text{C}$  akan meningkat . . . .
- A. 2 kali
  - B. 8 kali
  - C. 16 kali
  - D. 32 kali
  - E. 64 kali
29. Untuk diagram energi di bawah ini pernyataan yang benar adalah . . . .



- A.  $(X + Y)$  adalah perubahan entalpi
  - B.  $X > Y$  maka reaksinya eksoterm
  - C.  $X$  adalah energi aktivasi
  - D.  $X - Y = \Delta H$
  - E. reaksinya eksoterm
30. Data percobaan reaksi antara asam klorida dan natrium tiosulfat sebagai berikut:

No.	Konsentrasi		Suhu (°C)
	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (M)	HCl (M)	
1	0,1	0,1	35
2	0,1	0,2	35
3	0,2	0,2	35
4	0,2	0,2	40
5	0,2	0,1	40

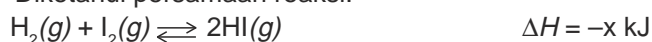
Dari data di atas reaksi yang paling cepat adalah . . . .

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

31. Ke dalam bejana 1 liter dimasukkan a mol CO dan a mol uap air. Jika tercapai kesetimbangan  $\text{CO}(g) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}_2(g) + \text{H}_2(g)$  ternyata ada  $\frac{1}{4}a$  mol CO<sub>2</sub>, maka tetapan kesetimbangan, K<sub>c</sub> bagi reaksi ini adalah . . . .

- A.  $\frac{1}{4}$
- B.  $\frac{1}{8}$
- C.  $\frac{1}{9}$
- D.  $\frac{1}{16}$
- E.  $\frac{1}{32}$

32. Diketahui persamaan reaksi:



Bila volum diperbesar, maka kesetimbangan . . . .

- A. bergeser ke kiri
- B. bergeser ke kanan
- C. tetap tidak berubah
- D. bergeser ke arah eksoterm
- E. bergeser ke arah endoterm

33. Jika tetapan kesetimbangan untuk reaksi  $2 X + 2 Y \rightleftharpoons 4 Z$  adalah 0,04 maka tetapan kesetimbangan untuk reaksi  $2 Z \rightleftharpoons X + Y$  adalah . . . .

- A. 0,2
- B. 0,5
- C. 4
- D. 5
- E. 25



- a. Tentukan orde reaksi terhadap [A].
  - b. Tentukan orde reaksi terhadap [B].
  - c. Tentukan rumus laju reaksi.
  - d. Tentukan orde reaksi total.
  - e. Hitunglah harga tetapan laju reaksi.
5. Pada pemanasan 0,2 mol HCl dalam ruangan 1 liter terjadi penguraian berdasarkan reaksi:
- $$2 \text{HCl}(aq) \rightleftharpoons \text{H}_2(g) + \text{Cl}_2(g)$$
- Jika derajat disosiasi HCl adalah 25 %, hitunglah tetapan kesetimbangan.