

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

### KONSEP KESETIMBANGAN DINAMIS

#### A. Tujuan Pembelajaran

Setelah kegiatan pembelajaran 1 ini kalian diharapkan mampu menjelaskan konsep kesetimbangan dinamis

#### B. Uraian Materi

Apakah yang ada didalam pikiran kalian ketika mendengar kata “Kesetimbangan”? Mungkin dibenak kalian tergambar sesuatu yang berhubungan dengan timbangan. Memang benar bahwa kata “Kesetimbangan” disini berhubungan dengan timbangan. Coba kalian perhatikan gambar dibawah ini! Pastilah kalian mengenal dan sering menjumpainya dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 1. Timbangan

Ketika sebuah timbangan dalam kondisi setimbang, maka jarum penunjuk timbangan dalam posisi lurus dan diam, artinya bagian kiri dan bagian kanan menunjukkan massa yang sama. Hal ini bisa menganalogikan kondisi setimbang dalam ilmu kimia. Istilah kesetimbangan kimia menunjukkan bahwa laju reaksi ke arah kanan dan kiri bernilai sama besar. Hanya saja kesetimbangan kimia bersifat dinamis bukan statis atau diam layaknya timbangan massa. Nah pada materi kali ini kita akan mengenal reaksi kesetimbangan dalam reaksi kimia. Silahkan pelajari secara bertahap ya di buku ini!

#### 1. Reaksi Kimia

Reaksi kimia berdasarkan sifat berlangsungnya dibedakan menjadi 2 yakni reaksi satu arah dan reaksi dua arah. Berikut ini penjelasan dari reaksi-reaksi yang dimaksud

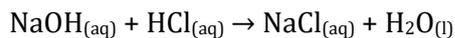
##### a. Reaksi Searah / Tidak Dapat Balik / *Irreversible*

Tentunya kalian pernah melihat atau melakukan pembakaran kertas bukan? nah, apa yang terjadi? ya benar sekali, kertas akan menghitam lalu menjadi abu. Apakah abu bisa kembali lagi menjadi kertas? Tidak bisa ya. Reaksi pada pembakaran kertas merupakan reaksi yang berlangsung searah atau reaksi yang tidak dapat balik (reaksi *irreversible*).

**Reaksi searah** yaitu reaksi yang berlangsung dari arah reaktan ke produk atau ke kanan pada reaksi ini. Produk tidak dapat bereaksi kembali menjadi zat-zat asalnya. Ciri-ciri reaksi searah adalah:

- 1) persamaan reaksi ditulis dengan satu anak panah produk/kanan ( $\rightarrow$ );
- 2) reaksi akan berhenti setelah salah satu atau semua reaktan habis;
- 3) produk tidak dapat terurai menjadi zat-zat reaktan; dan
- 4) reaksi berlangsung tuntas/berkesudahan.

Contoh reaksi searah:



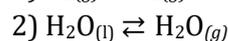
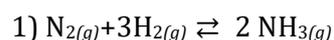
b. Reaksi Dua Arah/Dapat Balik/*Reversible*

Lalu, pernahkah kalian memperhatikan air yang mendidih di dalam panci? Air yang direbus melewati titik didihnya akan berubah menjadi uap. Kalau kita meletakkan penutup di atas panci, uap tersebut akan terperangkap dan terkondensasi kembali menjadi air. Nah ini adalah contoh reaksi dua arah atau yang dapat balik (reaksi *reversible*).

**Reaksi dua arah** yaitu reaksi yang dapat berlangsung dari reaktan ke produk atau ke kanan dan juga sebaliknya dari produk ke reaktan atau ke kiri.

Ciri-ciri reaksi dua arah adalah:

- 1) persamaan reaksi ditulis dengan dua anak panah dengan arah berlawanan ( $\rightleftharpoons$ )
- 2) reaksi ke arah produk disebut reaksi maju, reaksi ke arah reaktan disebut reaksi balik. Contoh reaksi dua arah:



Apabila reaksi dua arah berlangsung dalam ruang tertutup dan laju reaksi ke kanan sama besar dengan laju reaksi ke kiri, reaksi dikatakan dalam keadaan setimbang. Reaksinya disebut reaksi kesetimbangan. Dalam keadaan setimbang, jumlah reaktan dan produk tidak harus sama, asalkan laju reaksi ke kiri dan ke kanan sama besar.

## 2. Kesetimbangan Kimia

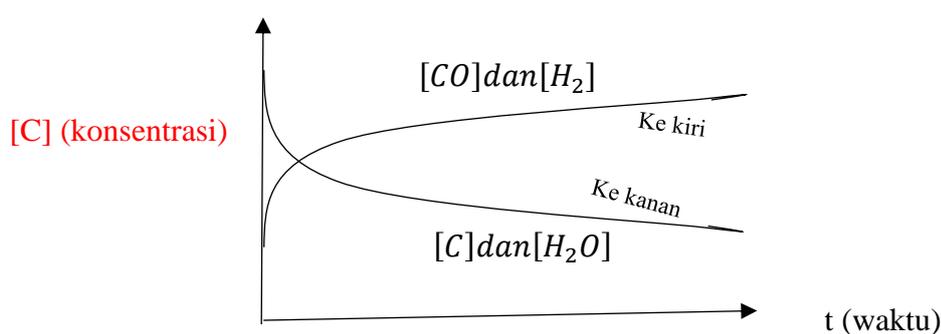
Secara umum kesetimbangan dalam reaksi kimia dapat dibagi menjadi dua, yaitu kesetimbangan statis dan kesetimbangan dinamis. Kesetimbangan statis terjadi ketika semua gaya yang bekerja pada objek bersifat seimbang, yaitu tidak ada gaya yang dihasilkan. Sementara itu, kesetimbangan dinamis diperoleh ketika semua gaya yang bekerja pada objek bersifat seimbang, tapi objeknya sendiri bergerak.

Pada persamaan reaksi kesetimbangan kimia setiap terjadi reaksi ke kanan, maka zat-zat produk akan bertambah, sementara zat-zat reaktan berkurang. Sebaliknya, reaksi juga dapat bergeser ke arah reaktan sehingga jumlah produk berkurang. Akibatnya terjadi lagi reaksi ke arah kanan. Demikian ini terjadi terus-menerus, sehingga secara mikroskopis terjadi reaksi bolak-balik (dua arah) pada reaksi

kesetimbangan. Keadaan seperti ini dikatakan bahwa kesetimbangan bersifat dinamis. Keadaan dinamis hanya terjadi dalam sistem tertutup.

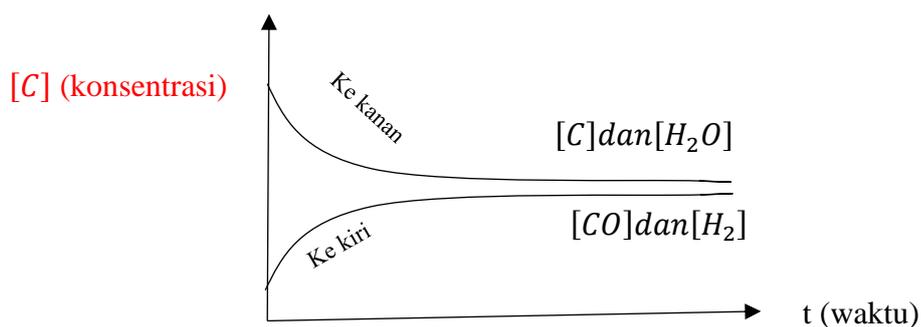
Contoh kesetimbangan dinamis dalam kehidupan sehari-hari yaitu proses pemanasan air dalam wadah tertutup. Saat suhu mencapai  $100^{\circ}\text{C}$  air akan berubah menjadi uap dan tertahan oleh tutup. Apabila pemanasan dihentikan, uap air yang terbentuk akan berubah menjadi air kembali sehingga jumlah air di dalam wadah tidak akan habis. Reaksi yang terjadi adalah  $\text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(g)}$ . Reaksi ke kanan adalah reaksi penguapan sementara reaksi ke kiri adalah reaksi pengembunan. Lalu bagaimana hubungannya dengan laju reaksi yang terjadi pada reaksi kesetimbangan? Hal ini akan dijelaskan melalui penjelasan berikut ini. Silahkan kalian cermati!

Hubungan antara konsentrasi reaktan dengan produk, misalnya pada reaksi kesetimbangan  $\text{C}(s) + \text{H}_2\text{O}(g) \rightleftharpoons \text{CO}(g) + \text{H}_2(g)$  dapat digambarkan dengan grafik berikut :



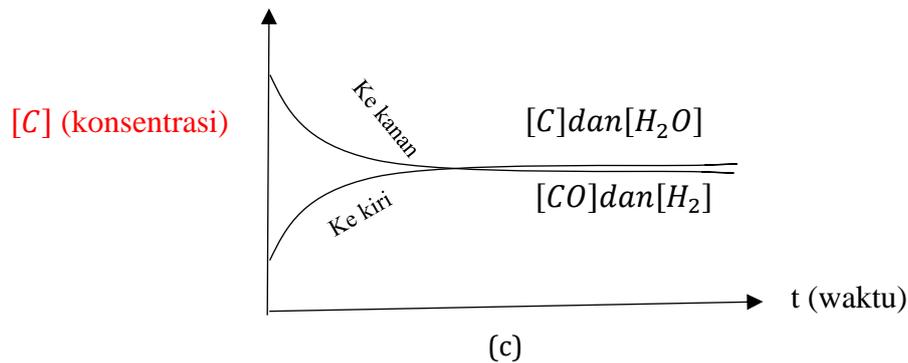
(a)

- a. Kemungkinan (a) terjadi pada saat kesetimbangan produk > konsentrasi reaktan. Di awal reaksi, konsentrasi reaktan maksimal, semakin lama semakin berkurang. Saat kesetimbangan tercapai konsentrasi reaktan tidak berubah, sementara konsentrasi produk yang semula nol semakin lama semakin bertambah hingga konstan pada saat kesetimbangan.



(b)

- b. Kemungkinan (b) terjadi jika pada saat kesetimbangan konsentrasi produk < konsentrasi reaktan. Namun tidak tertutup kemungkinan pada saat kesetimbangan konsentrasi reaktan = konsentrasi produk.



- c. Kemungkinan (c) tercapai jika pada saat kesetimbangan  $V_1 = V_2$ .

Berdasarkan penjelasan yang telah disampaikan sebelumnya, maka kesetimbangan kimia mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- 1) Reaksi berlangsung dua arah dan dalam ruang tertutup.
- 2) Laju reaksi ke kiri dan ke kanan sama besar.
- 3) Tidak terjadi perubahan makroskopis tetapi perubahan terjadi secara mikroskopis.

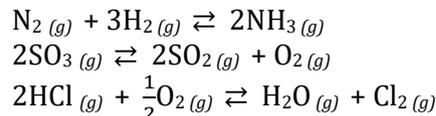
### 3. Jenis Reaksi Kesetimbangan

Berdasarkan wujud zat-zat dalam keadaan setimbang, reaksi kesetimbangan kimia dibedakan menjadi dua, yaitu kesetimbangan homogen dan heterogen. Silahkan kalian cermati penjelasan berikut ini :

#### a. Kesetimbangan Homogen

Kesetimbangan homogen yaitu kesetimbangan kimia yang di dalamnya terdapat satu wujud zat, misalnya gas atau larutan.

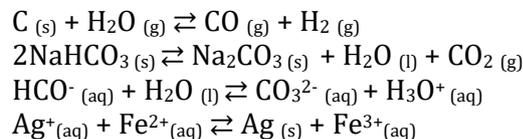
Contoh :



#### b. Kesetimbangan Heterogen

Kesetimbangan heterogen yaitu kesetimbangan kimia yang di dalamnya terdapat berbagai macam wujud zat, misalnya gas, padat, cair dan larutan.

Contoh :



## C. Rangkuman

1. Reaksi searah / tidak dapat balik / *irreversible* yaitu reaksi yang berlangsung dari arah reaktan ke produk atau ke kanan. Pada reaksi ini, produk tidak dapat bereaksi kembali menjadi zat-zat asalnya.

Ciri-ciri reaksi searah adalah:

- 1) persamaan reaksi ditulis dengan satu anak panah ke arah produk/kanan ( $\rightarrow$ );
- 2) reaksi akan berhenti setelah salah satu atau semua reaktan habis;
- 3) produk tidak dapat terurai menjadi zat-zat reaktan; dan

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

### TETAPAN KESETIMBANGAN

#### A. Tujuan Pembelajaran

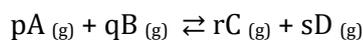
Setelah kegiatan pembelajaran 2 ini kalian diharapkan mampu menentukan tetapan kesetimbangan

#### B. Uraian Materi

##### 1. Persamaan Tetapan Kesetimbangan

Pada suhu tetap, dalam suatu reaksi kesetimbangan terdapat hubungan antara konsentrasi pereaksi dengan konsentrasi hasil reaksi terhadap tetapan kesetimbangan (K). Pada suatu kesetimbangan kimia berlaku hukum kesetimbangan, seperti yang dikemukakan oleh Guldberg dan Waage. "Dalam keadaan setimbang pada suhu tertentu, hasil kali konsentrasi hasil reaksi dibagi hasil kali konsentrasi pereaksi yang ada dalam sistem kesetimbangan yang masing-masing dipangkatkan dengan koefisiennya mempunyai harga tetap." Hasil bagi tersebut dinamakan tetapan kesetimbangan (K).

Tetapan kesetimbangan (K) merupakan angka yang menunjukkan perbandingan secara kuantitatif antara produk dengan reaktan. Secara umum reaksi kesetimbangan dapat dituliskan sebagai berikut.



Saat di dalam reaksi kesetimbangan dilakukan aksi, maka kesetimbangan akan bergeser dan sekaligus mengubah komposisi zat-zat yang ada untuk kembali mencapai kesetimbangan. Secara umum dapat dikatakan tetapan kesetimbangan merupakan perbandingan hasil kali molaritas reaktan dengan hasil kali molaritas produk yang masing-masing dipangkatkan dengan koefisiennya.

$$K = \frac{[C]^r \times [D]^s}{[A]^p \times [B]^q}$$

Keterangan :

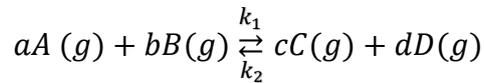
- K = tetapan kesetimbangan
- [A] = molaritas zat A ..... (M)
- [B] = molaritas zat B ..... (M)
- [C] = molaritas zat C ..... (M)
- [D] = molaritas zat D ..... (M)

##### a. Tetapan Kesetimbangan berdasarkan Konsentrasi ( $K_c$ )

Penentuan nilai tetapan kesetimbangan berdasarkan konsentrasi zat ( $K_c$ ) yang terlibat dalam reaksi dihitung berdasarkan molaritas zatnya (M). Untuk menghitung tetapan nilai kesetimbangan tersebut, kalian harus memperhatikan fase atau wujud zat yang terdapat dalam reaksi yang akan ditentukan nilai  $K_c$ -nya. Hal ini dikarenakan nilai kesetimbangan konsentrasi ( $K_c$ ) hanya untuk fase gas (g) atau larutan (aq). Jika di dalam reaksi terdapat fase lain selain kedua fase tersebut maka

fase itu diabaikan. Untuk lebih jelasnya kalian dapat mencermati penjelasan berikut ini :

- 1) Semua fase senyawa dalam wujud gas (Reaksi Homogen)  
Perhatikan reaksi berikut.



Dari reaksi di atas lambang A dan B merupakan pereaksi, sedangkan lambang C dan D merupakan hasil reaksi. Lalu pada a, b, c dan d masing-masing merupakan koefisien reaksi pada A, B, C, dan D.

Harga  $K_c$  dapat dirumuskan seperti hukum kesetimbangan dengan ketentuan sebagai berikut.

- a) Pada kesetimbangan, laju reaksi ke kanan ( $r_1$ ) sama dengan laju reaksi ke kiri ( $r_2$ ) atau  $r_1 = r_2$ .
- b) Pada keadaan setimbang, reaksi dianggap stabil. Artinya orde reaksi sesuai koefisien reaksinya, yaitu:  $r_1 = k_1[A]^a[B]^b$  dan  $r_2 = k_2[C]^c[D]^d$ .
- c) Harga  $K_c = \frac{k_1}{k_2}$

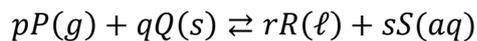
Dari ketentuan tersebut, diperoleh persamaan:

$$r_1 = r_2$$

$$k_1[A]^a[B]^b = k_2[C]^c[D]^d$$

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

- 2) Fase senyawa dalam reaksi bervariasi (Reaksi Heterogen)



Reaksi di atas merupakan reaksi dengan fase bervariasi, dimana dalam reaksi terdapat fase gas, cairan, larutan, dan padatan. Untuk kasus tersebut, tetapan kesetimbangannya ditentukan hanya berdasarkan konsentrasi zat yang berfase gas dan larutan saja karena zat yang berfase padat dan cair konsentrasinya dianggap tetap. Penulisan notasi tetapan kesetimbangan ( $K$ ) untuk reaksi tersebut sebagai berikut :

$$\text{Maka } K^l = \frac{[R]^r[S]^s}{[P]^p[Q]^q}$$

Oleh karena  $[Q]$  dan  $[R]$  dianggap tetap, sehingga :

$$K^l \frac{[Q]^q}{[R]^r} = K = \frac{[S]^s}{[P]^p}$$

Perhatikan Contoh Soal dan penyelesaian berikut.

### Contoh Soal

1. Tuliskan harga  $K_c$  untuk :

- a.  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$   
 b.  $C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2CO(g)$

**Jawab :**

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

$$b. K_c = \frac{[CO]^2}{[CO_2]}$$

2. Di dalam ruang tertutup yang volumenya 8 L pada suhu tertentu terdapat kesetimbangan antara 0,7 mol gas hidrogen; 0,6 mol gas klor; dan 0,5 mol gas HCl. Berapakah harga tetapan kesetimbangan pada keadaan tersebut?

**Jawab :**

Reaksi yang terjadi:  $H_2(g) + Cl_2(g) \rightleftharpoons 2HCl(g)$

Volume total = 8 L

$$[H_2] = \frac{0,7}{8} M$$

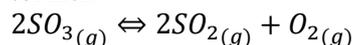
$$[Cl_2] = \frac{0,6}{8} M$$

$$[HCl] = \frac{0,5}{8} M$$

$$K_c = \frac{[HCl]^2}{[H_2][Cl_2]} = \frac{\left[\frac{0,5}{8}\right]^2}{\left[\frac{0,7}{8}\right]\left[\frac{0,6}{8}\right]}$$

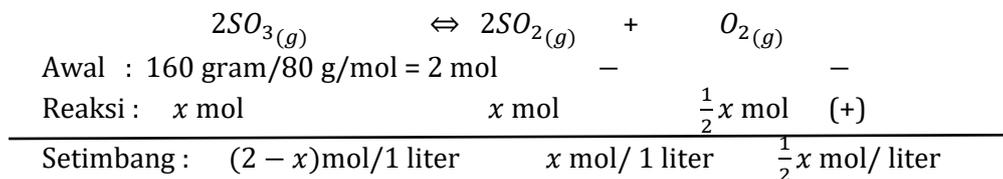
$$= \frac{0,25}{0,42} = \frac{25}{42}$$

3. Gas  $SO_3$  (Ar S=32; Ar O = 16) sebanyak 160 gram dipanaskan dalam wadah 1 liter sehingga terjadi dekomposisi termal:



Pada saat perbandingan mol  $SO_3 : O_2 = 2 : 3$  hitunglah:

- (a)  $\alpha$  (derajat disosiasi)  
 (b)  $K_c$



Perhatikan saat setimbang:

$$\frac{SO_3}{O_2} = \frac{2}{3} = \frac{(2-x)/1M}{\frac{1}{2}(x/1) M}$$

$$x = 1,5 \text{ mol.}$$

Jadi derajat disosiasi =  $(1,5) / 2 = 0,75$  atau  $0,75 \times 100\% = 75\%$

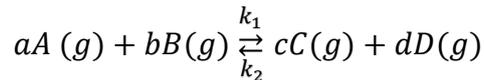
$$K_c = \frac{[SO_2]^2[O_2]}{[SO_3]^2}$$

$$= \frac{(1,5/1)^2 (0,75/1)}{(0,5)^2}$$

$$= 6,75M$$

b. Tetapan Kesetimbangan berdasarkan Tekanan Parsial ( $K_p$ )

Penentuan nilai tetapan kesetimbangan berdasarkan tekanan parsial ( $K_p$ ) yang terlibat dalam reaksi dihitung dari tekanan parsial zatnya ( $P$ ). Untuk menghitung tetapan nilai kesetimbangan tersebut, kalian harus memperhatikan fase atau wujud zat yang terdapat dalam reaksi yang akan ditentukan nilai  $K_p$ -nya. Pada perhitungan nilai kesetimbangan tekanan, fase yang dibutuhkan hanya fase gas (g). Jika di dalam reaksi terdapat fase lain selain fase gas maka fase itu diabaikan. Untuk lebih jelasnya kalian dapat mencermati penjelasan berikut ini :



Dari reaksi di atas, dapat diperhatikan jika semua fase dalam reaksi tersebut merupakan fase gas sehingga semua zat digunakan dalam perhitungan menentukan nilai  $K_p$ . Lambang A dan B merupakan pereaksi, sedangkan lambang C dan D merupakan hasil reaksi. Lalu pada a, b, c dan d masing-masing merupakan koefisien reaksi pada A, B, C, dan D. Dari ketentuan tersebut, diperoleh persamaan:

$$K_p = \frac{(P_C)^c (P_D)^d}{(P_A)^a (P_B)^b}$$

Keterangan :

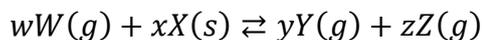
$P_A$	= Tekanan Parsial Zat A
$P_B$	= Tekanan Parsial Zat B
$P_C$	= Tekanan Parsial Zat C
$P_D$	= Tekanan Parsial Zat D

Nilai tekanan ( $P$ ) tiap zat dapat dihitung menurut perhitungan berikut ini :

Misalnya, menghitung tekanan untuk zat A

$$P_A = \frac{\text{mol A}}{\text{mol total}} \times P_{\text{total}}$$

Demikian pula untuk reaksi yang melibatkan fase gas dan padatan, tetapan kesetimbangan tekanan ditentukan hanya berdasarkan tekanan zat yang berfase gas juga. Oleh karena itu, notasi tetapan kesetimbangannya ditulis sebagai berikut.



Oleh karena ( $X$ ) dianggap tetap, sehingga:

$$K^l[X]^x = K_p = \frac{(P_Y)^y (P_Z)^z}{(P_W)^w}$$

c. Hubungan Persamaan Reaksi dengan Tetapan Kesetimbangan ( $K$ )

Harga tetapan kesetimbangan ( $K$ ) beberapa reaksi kimia dapat dibandingkan satu sama lain. Bentuk hubungan tersebut, jika ada suatu reaksi yang tetapan kesetimbangannya sama dengan  $K$ , berlaku ketentuan sebagai berikut :

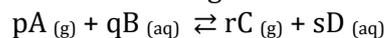
Misalkan reaksi berikut :  $2\text{HCl}_{(g)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}_{(g)} + \text{Cl}_{2(g)}$   $K = 4$

Berdasarkan reaksi tersebut, maka nilai  $K$  akan terjadi perubahan, meliputi hal berikut :

- 1) Reaksi yang berkebalikan, tetapan kesetimbangannya  $\frac{1}{K}$ .
- 2) Reaksi yang merupakan  $x$  kali dari reaksi tersebut, tetapan kesetimbangannya  $K^x$ .
- 3) Jika suatu reaksi merupakan pembagian sebesar  $x$  dari reaksi maka tetapan kesetimbangannya  $\sqrt[x]{K}$ .

### C. Rangkuman

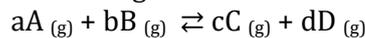
1. Tetapan kesetimbangan merupakan angka yang menunjukkan perbandingan secara kuantitatif antara produk dengan reaktan.
2. Berdasarkan jenis reaksi kesetimbangannya, reaksi kesetimbangan terdiri dari reaksi kesetimbangan homogen (fase sama) dan reaksi kesetimbangan heterogen (fase berbeda)
3. Secara umum nilai tetapan kesetimbangan terdiri atas tetapan kesetimbangan konsentrasi ( $K_c$ ) dan tetapan kesetimbangan tekanan ( $K_p$ )
4. Tetapan kesetimbangan  $K_c$  hanya berlaku untuk zat dengan fase gas (g) dan larutan (aq), dimana nilai  $K_c$  dapat dituliskan sebagai berikut :



Tetapan kesetimbangan ( $K$ )

$$K = \frac{[\text{C}]^r [\text{D}]^s}{[\text{A}]^p [\text{B}]^q}$$

5. Tetapan kesetimbangan  $K_p$  hanya berlaku untuk zat dengan fase gas (g) saja, dimana nilai  $K_c$  dapat dituliskan sebagai berikut :



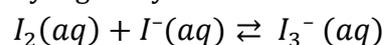
Tetapan kesetimbangan ( $K$ )

$$K_p = \frac{(P_C)^c (P_D)^d}{(P_A)^a (P_B)^b}$$

6. Harga tetapan kesetimbangan ( $K$ ) beberapa reaksi kimia dapat dibandingkan satu sama lain berdasarkan ketentuan sebagai berikut :
  - 1) Reaksi yang berkebalikan, tetapan kesetimbangannya  $\frac{1}{K}$ .
  - 2) Reaksi yang merupakan  $x$  kali dari reaksi tersebut, tetapan kesetimbangannya  $K^x$ .
  - 3) Jika suatu reaksi merupakan pembagian sebesar  $x$  dari reaksi maka tetapan kesetimbangannya  $\sqrt[x]{K}$ .

### D. Tugas Mandiri

1. Perhatikan tabel berikut yang menyatakan konsentrasi kesetimbangan dari reaksi



No	$\text{I}_2$ ( $\times 10^{-5} \text{molL}^{-1}$ )	$\text{I}^-$ ( $\times 10^{-5} \text{molL}^{-1}$ )	$\text{I}_3^-$ ( $\times 10^{-5} \text{molL}^{-1}$ )

1	4,31	0,218	0,680
2	2,75	1,13	2,244
3	2,30	0,720	1,198
4	0,61	6,48	2,857

Tentukan nilai tetapan kesetimbangan reaksi tersebut!

2. Sebanyak 2 mol gas  $\text{N}_2\text{O}_4$  dipanaskan dalam suatu ruangan sehingga 75% terdisosiasi membentuk gas  $\text{NO}_2$  dengan reaksi sebagai berikut:



Jika diketahui tekanan total campuran adalah 8 atm. Tentukan harga  $K_p$  pada suhu tersebut!