

## KIMIA (TFD203)

Pertemuan 11 – Kesetimbangan Kimia

#### **ALIFIA REVAN PRANANDA**

Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering Universitas Tidar

Pada pertemuan sebelumnya telah dibahas mengenai Kc dan Kp sebagai tetapan kesetimbangan konsentrasi dan tetapan kesetimbangan parsial (tekanan), dimana Kc dan Kp dapat diperoleh melalui rumus berikut:

$$xA(g) + yB(g) \Rightarrow pC(g) + qD(g)$$

$$Kc = \frac{[C]^p[D]^q}{[A]^x[B]^y}$$

$$Kp = \frac{(pC)^p (pD)^q}{(pA)^x (pB)^y}$$

# Bagaimana hubungan antara kedua tetapan tersebut ?

Kedua tetapan tersebut pada dasarnya keterkaitan satu sama lain. Hal ini disebabkan karena **tekanan parsial sangat bergantung pada konsentrasi**.

Untuk menentukan hubungan antara Kc dan Kp ditentukan dari persamaan gas ideal. Tekanan parsial gas tergantung pada konsentrasi, yaitu :

$$PV = nRT \qquad \Rightarrow \qquad P = \frac{n}{V}RT \qquad \Rightarrow \qquad \Rightarrow$$



$$\mathbf{P} = \frac{\mathbf{n}}{\mathbf{V}} \mathbf{R} \mathbf{T}$$



dengan  $\frac{\mathbf{n}}{\mathbf{v}}$  adalah konsentrasi gas (M)

Jika terdapat persamaan reaksi kimia:

$$xA(g) + yB(g) \Rightarrow pC(g) + qD(g)$$

maka Kp dari persamaan tersebut :

$$Kp = \frac{(pC)^p (pD)^q}{(pA)^X (pB)^y}$$

Jika dihubungkan dengan  $P = \frac{n}{V}RT$  maka :

$$pA = [A] R T$$
  $pC = [C] R T$ 

$$pB = [B] R T$$
  $pD = [D] R T$ 

Dimana [A], [B], [C], dan [D] menunjukkan konsentrasi dari gas [A], [B], [C], dan [D]

#### Dari rumus berikut:

$$Kp = \frac{(pC)^p (pD)^q}{(pA)^X (pB)^y}$$

$$pA = [A] R T$$
  $pC = [C] R T$ 

#### Maka, Kp menjadi:

$$Kp = \frac{([C]R T)^p ([D]R T)^q}{([A]R T)^x ([B]R T)^y}$$

$$Kp = \frac{[C]^{p}[D]^{q}(R T)^{p+q}}{[A]^{x}[B]^{y}(R T)^{x+y}}$$

$$Kc = \frac{[C]^p[D]^q}{[A]^x[B]^y}$$

Rumus tetapan konsentrasi (Kc)

#### Maka, Kp dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Kp = Kc \frac{(RT)^{p+q}}{(RT)^{x+y}}$$

$$Kp = Kc (RT)^{(p+q)-(x+y)}$$

Jika  $(p+q)-(x+y)=\Delta n$  yang menyatakan jumlah koefisien produk dikurangi jumlah koefisien pereaksi, maka :  $Kp = Kc (RT)^{\Delta n}$ 

#### **CONTOH SOAL:**

Pada suhu 300 K terdapat kesetimbangan:

$$PCl_5(g) \Rightarrow PCl_3(g) + Cl_2(g)$$

dengan nilai  $Kc = 5 \times 10^{-2}$ 

Jika  $R=0.082\ L\ atm\ mol^{-1}K^{-1}$ . Tentukan nilai Kp!

#### Jawab:

Δn = koefisien kanan – koefisien kiri

$$Kc = 5 \times 10^{-2}$$

$$Kp = Kc (RT)^{\Delta n}$$

$$Kp = 5 \times 10^{-2} (0.082 \times 300)^{2-1}$$

$$Kp = 5 \times 10^{-2} \times 24,6$$

$$Kp = 1,23$$

## BAGAIMANA JIKA SUATU REAKSI MENGALAMI PERUBAHAN ?

## MENGUBAH ARAH REAKSI KESETIMBANGAN

Jika persamaan reaksi kesetimbangan dibalik, maka harga Kc yang baru menjadi kebalikan Kc yang lama.

#### Contoh:

Suatu reaksi berikut : 
$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$$

memiliki nilai Kc berikut :

$$Kc = \frac{[C]^p[D]^q}{[A]^x[B]^y}$$

$$Kc1 = \frac{[SO3]^2}{[SO2]^2[O2]}$$

Apabila reaksi diubah menjadi :

$$2SO_3(g) \approx 2SO_2(g) + O_2(g)$$

Maka, Kc menjadi:

$$Kc2 = \frac{[SO2]^2[O2]}{[SO3]^2} = \frac{1}{Kc1}$$

## MENGALIKAN KOEFISIEN REAKSI KESETIMBANGAN

Jika koefisien reaksi dikalikan n maka harga Kc yang baru adalah harga Kc lama dipangkatkan n. Contoh:

Suatu reaksi berikut : 
$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$$

memiliki nilai Kc berikut: 
$$Kc1 = \frac{[SO3]^2}{[SO2]^2[O2]}$$

Jika koefisien reaksi diatas dikali 2, maka persamaan reaksinya:

$$4SO_2(g) + 2O_2(g) \rightleftharpoons 4SO_3(g)$$

Sehingga, Kc menjadi :

$$Kc2 = \frac{[SO3]^4}{[SO2]^4[O2]^2} = K_{c1}^2$$

## MEMBAGI KOEFISIEN REAKSI KESETIMBANGAN

Jika koefisien reaksi dibagi dengan faktor n maka harga Kc yang baru adalah harga akar n dari harga Kc lama.

#### Contoh:

Suatu reaksi berikut : 
$$2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$$

memiliki nilai Kc berikut :

$$Kc1 = \frac{[SO3]^2}{[SO2]^2[O2]}$$

Jika koefisien reaksi tersebut dibagi 2, maka persamaan reaksinya:

$$SO_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \Rightarrow SO_3(g)$$

Sehingga, Kc menjadi:

$$Kc2 = \frac{[SO3]}{[SO2][O2]^{\frac{1}{2}}} = \sqrt[2]{Kc_1}$$

## MENJUMLAHKAN REAKSI-REAKSI KESETIMBANGAN

Jika reaksi – reaksi kesetimbangan dijumlahkan, maka tetapan kesetimbangan untuk reaksi gabungannya sama dengan hasil kali tetapan-tetapan kesetimbangan dari reaksi-reaksi yang dijumlahkan.

#### Contoh:

$$2NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$$
  $Kc1 = \frac{[NO_2]^2}{[NO]^2[O_2]}$ 

$$2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$$
  $Kc2 = \frac{[N2O4]}{[NO2]^2}$ 

$$2NO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(g)$$
  $Kc3 = \frac{[N_2O_4]}{[NO]^2[O_2]} = K_{c1}x K_{c2}$ 

- Suatu sistem dalam keadaan setimbang cenderung mempertahankan kesetimbangannya, sehingga jika ada pengaruh dari luar maka sistem tersebut akan berubah sedemikian rupa agar segera diperoleh keadaan kesetimbangan lagi.
- Cara sistem bereaksi adalah dengan melakukan pergeseran ke kiri atau ke kanan. Beberapa aksi yang dapat menimbulkan perubahan pada sistem kesetimbangan antara lain perubahan konsentrasi, perubahan volume, perubahan tekanan, dan perubahan suhu.

#### A. Pengaruh Perubahan Konsentrasi

Sesuai dengan asas Le Chatelier, apabila pada suhu tetap, konsentrasi pereaksi atau produk reaksi berubah maka kesetimbangan akan bergeser untuk mengurangi pengaruh tersebut sampai diperoleh kesetimbangan yang baru.

Jika salah satu komponen (zat) yang terdapat dalam sistem kesetimbangan konsentrasinya diperbesar, maka kesetimbangan akan bergeser dari arah komponen (zat) yang konsentrasinya diperbesar.

Sebaliknya, jika konsentrasi salah satu komponen (zat) dalam sistem dikurangi, maka reaksi kesetimbangan akan bergeser menuju ke arah komponen (zat) yang dikurangi (diturunkan konsentrasinya).

Jika konsentrasi <mark>total diturunkan</mark> dengan pengenceran, maka kesetimbangan akan bergeser ke arah jumlah mol yang besar

#### A. Pengaruh Perubahan Konsentrasi

#### Contoh soal:

Tentukan arah pergeseran kesetimbangan bila pada reaksi kesetimbangan:

$$2 SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2 SO_3(g)$$

- a. Ditambahkan gas  $SO_2$ : Bila pada sistem kesetimbangan ini ditambahkan gas  $SO_2$ , maka kesetimbangan akan bergeser ke kanan
- b. Ditambahkan gas  $SO_3$ : Bila pada sistem kesetimbangan ini gas SO3 ditambahkan, mak kesetimbangan akan bergeser ke kiri.
- c. Gas SO<sub>3</sub> dikurangi : Bila pada sistem kesetimbangan ini dikurangi SO3, maka kesetimbangan akan bergeser ke kanan.
- d. Gas  $O_2$  dikurangi : Bila pada sistem kesetimbangan ini dikurangi  $O_2$ , maka kesetimbangan akan bergeser ke kiri.

#### **B.** Perubahan Volume

Menurut azas Le Chatelier, bila volume sistem kesetimbangan diperbesar maka kesetimbangan akan bergeser ke arah ruas yang mempunyai jumlah partikel (koefisien reaksi) yang besar.

Sebaliknya, jika volume sistem diperkecil, maka kesetimbangan bergeser kearah jumlah partikel (koefisien reaksi) yang kecil.

Contoh soal:

Pada reaksi kesetimbangan:

$$N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$$

jumlah koefisien reaksi di kanan = 2 jumlah koefisien reaksi di kiri = 1 + 3 = 4

- Bila pada sistem kesetimbangan tersebut volume diperkecil, maka kesetimbangan akan bergeser ke kanan (jumlah koefisien kecil).
- Bila pada sistem kesetimbangan tersebut volume diperbesar, maka kesetimbangan akan bergeser ke kiri (jumlah koefisien besar).

#### C. Perubahan Tekanan

Perubahan tekanan akan berpengaruh pada konsentrasi gas-gas yang ada pada kesetimbangan. Oleh karena itu, pada sistem reaksi setimbang yang tidak melibatkan gas, perubahan tekanan tidak menggeser letak kesetimbangan.

Untuk mengetahui bagaimana pengaruh perubahan tekanan terhadap sistem kesetimbangan gas, dapat diingat kembali tentang persamaan gas ideal:

$$PV = nRT \rightarrow P = \frac{n}{V}RT$$

Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa perubahan tekanan akan berakibat yang sebaliknya dari perubahan volume.

Artinya, jika tekanan diperbesar pengaruhnya akan sama dengan jika volume diperkecil, dan sebaliknya. Pada suhu tetap, untuk reaksi kesetimbangan yang jumlah partikel sebelum reaksi tidak sama dengan partikel sesudah reaksi, jika tekanan diperbesar kesetimbangan akan bergeser ke jumlah mol (koefisien reaksi) yang kecil, dan jika tekanan diperkecil kesetimbangan akan bergeser ke jumlah mol (koefisien reaksi) yang besar.

#### C. Perubahan Tekanan

#### Contoh soal:

Jelaskan apa yang terjadi dengan sistem kesetimbangan berikut jika tekanan dinaikan !

- a.  $4NH_3(g) + 50_2(g) \rightleftharpoons 4NO(g) + 6H_2O(g)$
- b.  $N_2(g) + O_2(g) \rightleftarrows 2NO(g)$

Bila pada sistem kesetimbangan tekanan dinaikkan, maka kesetimbangan akan bergeser ke jumlah koefisien kecil.

- a. Jumlah koefisien reaksi di kanan = 4+6=10Jumlah koefisien reaksi di kiri = 4+5=9Kesetimbangan akan bergeser ke kiri ke arah pereaksi karena jumlah koefisien lebih kecil
- b. Jumlah koefisien reaksi di kanan =2Jumlah koefisien reaksi di kiri =1+1=2Kesetimbangan tidak akan bergeser karena jumlah koefisien pereaksi dan hasil reaksi sama.

#### D. Perubahan Suhu

Perubahan suhu pada suatu reaksi kesetimbangan akan menyebabkan terjadinya perubahan nilai tetapan kesetimbangan (K). Pengaruh suhu terkait dengan penyerapan dan pelepasan kalor. Pergeseran reaksi kesetimbangan akibat perubahan suhu ditentukan oleh jenis reaksinya. Pada reaksi kesetimbangan, apabila reaksi ke kanan bersifat endoterm, maka reaksi ke kiri akan bersifat eksoterm.

Menurut Van't Hoff, bila pada sistem kesetimbangan suhunya dinaikkan, maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke arah yang membutuhkan kalor (reaksi endoterm). Sedangkan bila pada sistem kesetimbangan suhunya diturunkan, maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke arah yang membebaskan kalor (ke arah reaksi eksoterm).

#### Perubahan Suhu

#### Contoh soal:

Pada reaksi kesetimbangan  $2 H_2O(g) \rightleftharpoons 2 H_2(g) + O_2(g)$ 

 $\Delta H = + 242 \text{ kJ/mol}$ 

ke arah mana kesetimbangan bergeser, jika:

- a. suhu dinaikkan
- b. suhu diturunkan

#### Jawab:

Karena  $\Delta H$  positif (reaksi ke kanan endoterm) berarti reaksi ke kiri eksoterm.

- Jika pada reaksi kesetimbangan tersebut suhu dinaikkan, maka kesetimbangan akan bergeser ke kanan (ke arah endoterm atau yang membutuhkan kalor).
- Jika pada reaksi kesetimbangan tersebut suhu diturunkan, maka kesetimbangan akan bergeser ke kire (ke arah eksoterm).

## LATIHAN SOAL

1. Pada reaksi kesetimbangan :  $Ag^+(aq) + Fe^{2+}(aq) \stackrel{?}{\sim} Ag(s) + Fe^{3+}(aq)$ 

Tentukan pergeseran kesetimbangan, jika:

- a. Ditambah Ag<sup>+</sup>?
- b. Ditambah  $Fe^{3+}$ ?
- c. campuran diencerkan dengan menambah  $H_2{\it O}$  pada sistem?
- 2. Pada reaksi kesetimbangan :  $C(s) + CO_2(g) \rightleftharpoons 2 CO(g) \Delta H = 120 \text{ kJ}$

Bagaimana pengaruhnya terhadap CO, jika:

- a. Ditambah  $CO_2$  ?
- b. Suhu dinaikkan?
- c. Suhu diturunkan?
- d. Tekanan diperbesar?



- Reaksi redoks, singkatan dari "reduksi-oksidasi", adalah jenis reaksi kimia di mana terjadi perubahan oksidasi dan reduksi antara molekul-molekul yang terlibat.
- Dalam reaksi redoks, satu zat kehilangan elektron (proses oksidasi) sementara zat lainnya mendapatkan elektron (proses reduksi).
- Reaksi redoks sangat umum dalam berbagai proses kimia, termasuk reaksi pembakaran, metabolisme dalam tubuh, dan reaksi elektrokimia.
- Reaksi redoks dapat diidentifikasi melalui konsep bilangan oksidasi, yang menggambarkan distribusi elektron dalam molekul.
- Bilangan oksidasi menunjukkan apakah suatu unsur dalam senyawa tersebut kehilangan atau mendapatkan elektron dalam reaksi.

Ada dua bagian penting dalam setiap reaksi redoks :

#### a) Oksidasi

Ini terjadi ketika suatu zat kehilangan elektron. Oleh karena itu, bilangan oksidasi atom atau ion dalam zat ini meningkat. Zat yang mengalami oksidasi disebut "zat tereduksi" karena ia menyumbangkan elektron kepada zat lain.

#### b) Reduksi

lni terjadi ketika suatu zat mendapatkan elektron. Bilangan oksidasi atom atau ion dalam zat ini menurun. Zat yang mengalami reduksi disebut "zat teroksidasi" karena ia menerima elektron dari zat lain.

#### Fungsi Reaksi Redoks:

#### a) Energi

Reaksi redoks adalah sumber utama energi dalam banyak proses biologis dan industri. Dalam proses metabolisme, misalnya, oksidasi senyawa organik seperti glukosa menghasilkan energi yang digunakan oleh sel. Di bidang industri, reaksi redoks digunakan dalam pembangkit listrik, seperti dalam sel bahan bakar.

#### b) Penggunaan Bahan Bakar

Banyak bahan bakar yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari melibatkan reaksi redoks. Misalnya, pembakaran bahan bakar fosil seperti bensin dan batu bara melibatkan oksidasi molekul-molekul dalam bahan bakar oleh oksigen dari udara, menghasilkan energi dan produk sampingan seperti karbon dioksida dan air.

#### c) Elektrokimia

Reaksi redoks menjadi dasar bagi banyak proses elektrokimia. Contohnya adalah sel elektrokimia seperti baterai dan sel elektrolisis, di mana reaksi redoks terjadi secara spontan atau dipaksa dengan bantuan aliran arus listrik.

#### Ciri Reaksi Redoks:

#### a) Perubahan Bilangan Oksidasi

Ciri paling khas dari reaksi redoks adalah perubahan bilangan oksidasi (jumlah muatan elektron) atom atau ion dalam senyawa. Atom atau ion yang mengalami oksidasi mengalami peningkatan bilangan oksidasi, sedangkan atom atau ion yang mengalami reduksi mengalami penurunan bilangan oksidasi.

#### b) Transfer Elektron

Reaksi redoks melibatkan transfer elektron antara zat-zat yang terlibat dalam reaksi. Zat yang mengalami oksidasi melepaskan elektron, sedangkan zat yang mengalami reduksi menerima elektron. Transfer elektron ini menciptakan arus listrik dalam reaksi elektrokimia.

#### c) Bentuk Setengah Reaksi

Reaksi redoks sering dipecah menjadi dua setengah reaksi terpisah: reaksi oksidasi dan reaksi reduksi. Setiap setengah reaksi menunjukkan perubahan bilangan oksidasi dan transfer elektron yang terjadi pada zat tersebut.

# SEBELUM MEMBAHAS REAKSI REDOKS, PERLU UNTUK MEMPELAJARI "BILANGAN OKSIDASI"

## BILANGAN OKSIDASI

Bilangan oksidasi atau biloks adalah angka atau bilangan yang menyatakan banyaknya elektron yang dilepaskan atau diterima suatu atom dalam pembentukan suatu senyawa. Untuk menentukan bilangan oksidasi ini tidak boleh sembarangan karena ada beberapa aturan yang harus diikuti.

Misalnya, senyawa NaCl yang terbentuk dari atom Na dan Cl yang berikatan secara ionik. Na melepaskan atau memberikan elektron pada Cl sehingga berubah menjadi ion Na+. Sementara Cl menerima atau menyerap elektron dari Na sehingga berubah menjadi ion Cl–.

Jika contoh perpindahan elektron pada senyawa NaCl ini dapat dituliskan ke dalam sebuah persamaan, maka akan terlihat seperti ini:

$$Na \rightarrow Na^{+} + e^{-}$$
 $Cl + e^{-} \rightarrow Cl^{-}$ 
 $\cdots$ 
 $Na + Cl \rightarrow Na^{+} + Cl^{-}$ 

## ATURAN BILANGAN OKSIDASI

#### A. Bilangan oksidasi unsur bebas adalah 0 (nol)

Unsur bebas adalah unsur-unsur yang tidak stabil dan tidak berikatan kimia dengan unsur lain.

#### Contoh:

Na,  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $Br_2$ , Be, K,  $O_2$ , dan  $P_4$ 

Kedelapan unsur tersebut memiliki bilangan oksidasi nol.

#### B. Bilangan oksidasi senyawa

- Jumlah total bilangan oksidasi pada senyawa adalah 0 contoh :  $H_2SO_4$ ,  $KMnO_4$
- Biloks H dalam senyawa adalah +1 contoh : HCl, HNO<sub>3</sub>
- Biloks O dalam senyawa adalah -2 contoh :  $H_2O$ ,  $H_3PO_4$
- Biloks pada golongan IA, IIA, IIIA masing-masing adalah +1, +2, +3 contoh :  $NaNO_3$  ,  $MgCO_3$  ,  $AlCl_3$

Kimia (TFD203)

## ATURAN BILANGAN OKSIDASI

#### C. Bilangan oksidasi ion

lon monoatomik adalah ion yang hanya terdiri dari satu atom saja. Setiap ion monoatomik ini bilangan oksidasinya sama dengan muatannya.

Contoh:

- Bilangan oksidasi pada Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>,dan Ag<sup>+</sup> adalah +1.
- Bilangan oksidasi pada Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, dan Fe<sup>2+</sup>, adalah +2.
- Bilangan oksidasi pada F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, dan I<sup>-</sup>, adalah -1.
- Bilangan oksidasi pada O<sup>2-</sup> dan S<sup>2-</sup>, adalah -2.

#### Namun terdapat pengecualian, yakni:

- Dalam F<sub>2</sub>O, bilangan oksidasi O adalah +2.
- Dalam KO<sub>2</sub>, bilangan oksidasi O adalah -½.
- Dalam peroksida ( $H_2O_2Na_2O_2$ , dan  $BaO_2$ ), bilangan oksidasi O adalah -1.
- Dalam hidrida logam (NaH, CaH<sub>2</sub>, dan AlH<sub>3</sub>), bilangan oksidasi H adalah -1.

## ATURAN BILANGAN OKSIDASI

#### **Contoh Soal**

Tentukan biloks untuk unsur yang berwarna hijau:

 $MnO_4$ 

Muatan 
$$O = -2$$
, maka

$$Mn + (-8) = -1$$
  
 $Mn = -1 + 8$   
 $Mn = +7$ 

$$H_2$$
 $C_2$  $O_4$ 

Muatan 
$$O = -2$$
,  $H = +1$  maka:

$$2 + C_2 + (-8) = 0$$
  
 $C_2 = +6$   
 $C = +3$ 

$$NH_4^+$$

Termasuk ion, maka total muatan 
$$= +1$$

Muatan 
$$H = +1$$
 maka:

$$N + 4 = +1$$
  
 $N = -3$ 

$$K_3$$
P $O_4$ 

Muatan 
$$K = +1$$
,  $O = -2$  maka:

$$3 + P + (-8) = 0$$
  
 $P = +5$ 

## LATIHAN SOAL

- 1. Tentukan bilangan oksidasi P dalam ion  $PO_4^{3-}$ !
- 2. Tentukan bilangan oksidasi Cl pada senyawa  $NaClO_3!$
- 3. Tentukan bilangan oksidasi Al pada senyawa  $Al_2O_3$ !
- 4. Tentukan bilangan oksidasi Cr pada senyawa  $Cr_2O_7^{2-1}$ !
- 5. Tentukan bilangan oksidasi P pada senyawa  $H_3PO_4$ ! $_1$
- 6. Tentukan bilangan oksidasi K pada senyawa KCl!
- 7. Tentukan bilangan oksidasi N pada senyawa  $NaNO_3$ !
- 8. Tentukan bilangan oksidasi H pada senyawa  $H_2 O_2$ !
- 9. Tentukan bilangan oksidasi B pada senyawa  $B{\cal O_3}^{3-}!$
- 10. Tentukan bilangan oksidasi S pada senyawa  $S{O_4}^{2-}$ !



# TERIMAKASIH