



Kesetimbangan Kimia

Tim Dosen Kimia Dasar FTP

Pengertian kesetimbangan kimia

- Suatu sistem dikatakan setimbang jika dua proses yang berlawanan terjadi dengan laju yang sama atau dengan kata lain tidak terjadi perubahan dalam sistem yang setimbang
- Salah satu indikator saat terjadi kesetimbangan adalah tidak terjadi perubahan konsentrasi semua komponen yaitu reaktan dan produk.

Kesetimbangan Kimia

- Reaksi pembentukan NH_3 dari gas N_2 dan H_2



- Bila kedua gas pada volume 1 : 3 dicampur pada suhu kamar tidak terjadi sesuatu reaksi pada laju yang dapat dideteksi.
- Tetapi pada 200 C dan 30 atm campuran bereaksi cepat hingga 67,6% dan tidak ada perubahan lebih lanjut ketika suhu dan tekanan dipertahankan.
- Begitu pula sebaliknya ketika NH_3 dalam suhu kamar tidak terjadi sesuatu apapun.
- Tetapi pada 200 C dan 30 atm terurai dengan cepat hingga 32,4% dan tidak ada perubahan lebih lanjut ketika suhu dan tekanan dipertahankan.

kecepatan

v

kecepatan reaksi
zat pereaksi

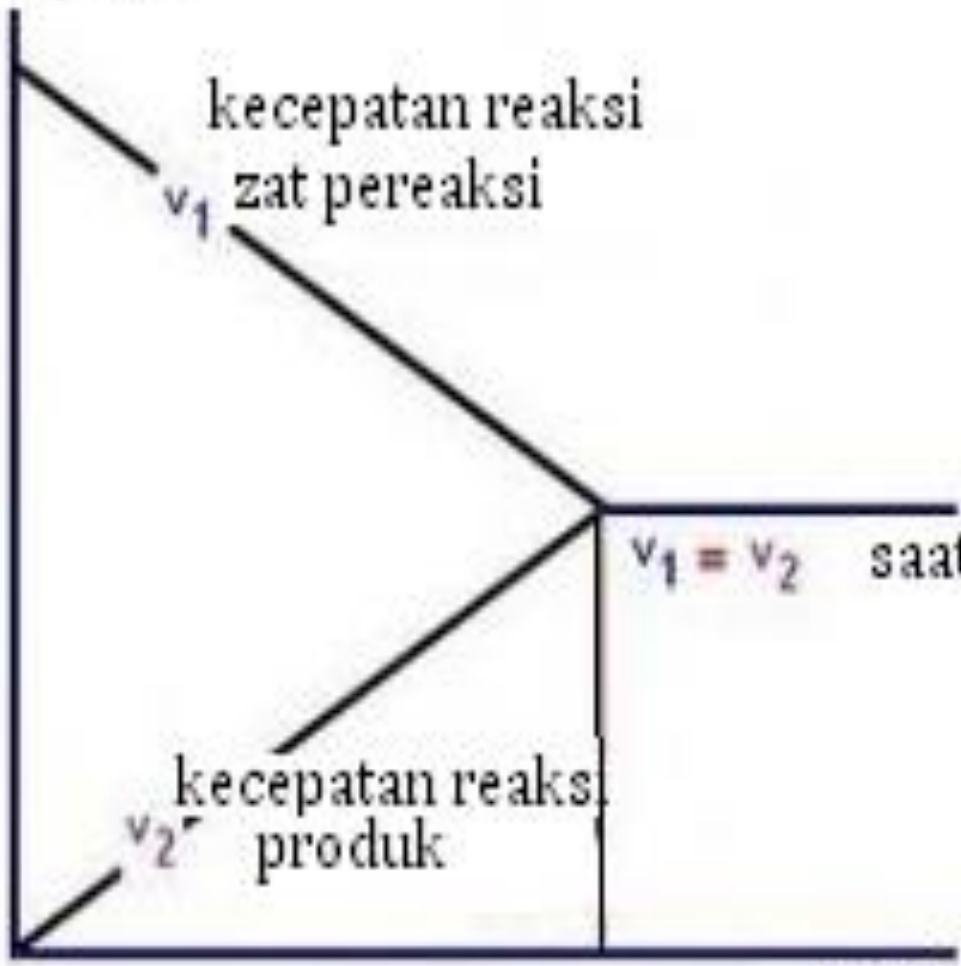
v_1

$v_1 = v_2$ saat kesetimbangan

kecepatan reaksi
produk

v_2

waktu



Tetapan Kesetimbangan (K_c)

- Untuk reaksi umum,



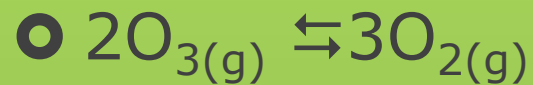
- Rumus tetapan kesetimbangan berbentuk

$$\frac{[G]^g [H]^h \dots}{[A]^a [B]^b \dots} = K_c$$

- *Pembilang adalah hasil kali konsentrasi spesies-spesies yang ditulis disebelah kanan persamaan ($[G]$, $[H]$...) masing-masing konsentrasi dipangkatkan dengan koefisien dalam persamaan reaksi yang setara (g , h ...). Penyebut adalah hasil kali konsentrasi spesies-spesies yang ditulis disebelah kiri persamaan ($[A]$, $[B]$..) dan setiap konsentrasi dipangkatkan dengan koefisien reaksinya (a , b , ...). Nilai numerik tetapan kesetimbangan K_c sangat tergantung pada jenis reaksi dan suhu.*

Contoh

● Tuliskan pernyataan kesetimbangan K_c untuk reaksi berikut :



Jawab:

● (a) $K_c = [\text{O}_2]^3 / [\text{O}_3]^2$

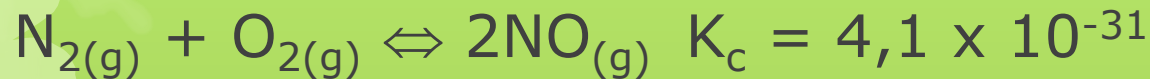
● (b) $K_c = [\text{NOCl}]^2 / [\text{NO}]^2[\text{Cl}_2]$

Penggabungan Rumus Tetapan Kesetimbangan

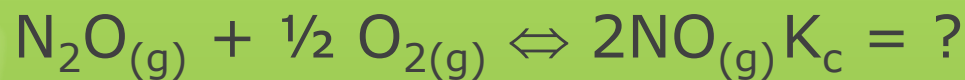
- Dalam menentukan nilai K_c maka setiap persamaan reaksi kimia harus disetarakan.
- Jika persamaannya dibalik, maka nilai K_c dari persamaan yang baru adalah kebalikan dari persamaan aslinya
- Tetapan kesetimbangan untuk reaksi total $K_{c(\text{net})}$ adalah $K_{c(1)} \times K_{c(2)}$, hasil kali tetapan kesetimbangan untuk reaksi-reaksi terpisah yang digabungkan

Contoh soal

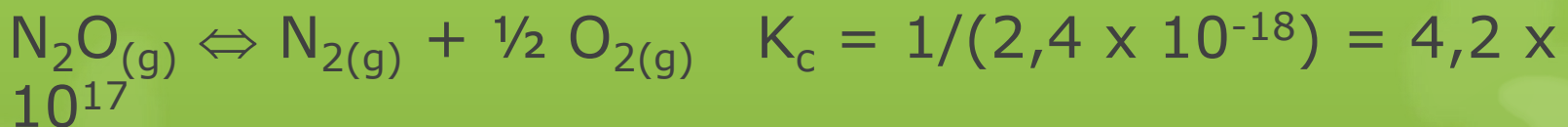
- Jika diketahui:



Bagaimana K_c reaksi:



- Persamaan diatas dapat digabungkan



$$\frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]} \times \frac{[\text{N}_2][\text{O}_2]^{1/2}}{[\text{N}_2\text{O}]} = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2\text{O}][\text{O}_2]^{1/2}} = K_c (\text{net})$$

$$K_c (\text{bersih}) = K_c (1) \times K_c (2) = 4,1 \times 10^{-31} \times 4,2 \times 10^{17} = 1,7 \times 10^{-13}$$

- 35,7 g larutan PCl_5 ditempatkan dalam labu 5 L dipanasi hingga 250 C dan dipertahankan hingga tercapai kesetimbangan. Setelah dianalisis terdapat 7,87 g Cl_2 . hitunglah K_c



Mol/L PCl_5 pada awal $35,7\text{g}/5\text{L} \times 1\text{mol}/208\text{g} = 0,0343 \text{ M}$

Mol/L Cl_2 pada kesetimbangan $7,87\text{g}/5\text{L} \times 1\text{mol}/70,9\text{g} = 0,0222 \text{ M}$

Dari persamaan diperoleh hubungan kesetimbangan

$$[\text{PCl}_5] = [\text{PCl}_5]_{\text{awal}} - [\text{Cl}_2] = 0,0343 - 0,0222 = 0,0121 \text{ M}$$



Mol awal 0,0343

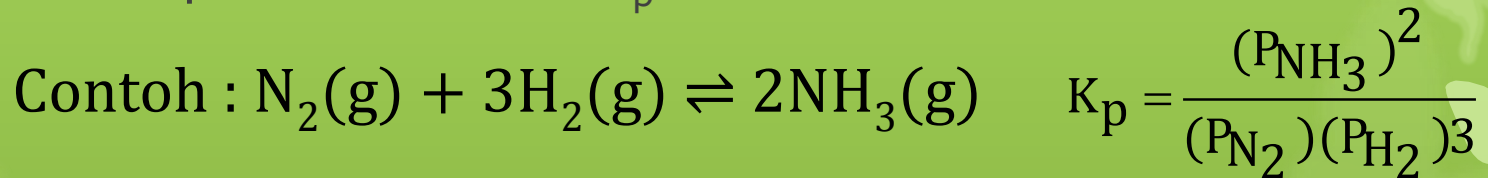
Mol kesetimbangan 0,0121 0,0222 0,0222

$$K_c = (0,0222)(0,0222)/0,0121 = 0,0407 = 4,07 \times 10^{-2}$$

Tetapan kesetimbangan tekanan parsial

Tekanan

- Untuk sistem yang melibatkan gas biasanya pengukuran dilakukan dalam tekanan bukan konsentrasi. Dalam hal ini tetapan dihitung berdasarkan tekanan parsial gas.
- Ketetapan ini disebut K_p



- Tekanan total sama dengan jumlah tekanan parsial

Hubungan Kc dengan Kp

Tekanan parsial gas bergantung pada konsentrasi.

Dari persamaan gas ideal : $PV = nRT$, maka tekanan : $P = \frac{n}{V}RT$

Untuk kesetimbangan : $mA(g) + nB(g) \rightleftharpoons pC(g) + qD(g)$

maka, persamaan Kp adalah : $K_p = \frac{(P_C)^p (P_D)^q}{(P_A)^m (P_B)^n}$

Dimana $P_A = [A].RT$; $P_B = [B].RT$; $P_C = [C].RT$; $P_D = [D].RT$
sehingga,

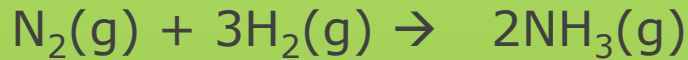
$$K_p = \frac{([C]RT)^p ([D]RT)^q}{([A]RT)^m ([B]RT)^n} = \frac{[C]^p [D]^q \cdot (RT)^{(p+q)}}{[A]^m [B]^n \cdot (RT)^{(m+n)}} = K_C \cdot (RT)^{(p+q)-(m+n)}$$

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

dengan $n = (p+q) - (m+n)$

Perhitungan dalam kesetimbangan kimia

- Hitunglah K_p dan K_c untuk kesetimbangan reaksi berikut pada 10 atm dan 200 °C



tekanan NH_3 pada keadaan tersebut adalah 50,7%.

$R = 0,0821 \text{ Latm/mol K}$

Jawab:

Tekanan total = 10 atm = $P_{\text{NH}_3} + (P_{\text{N}_2} + P_{\text{H}_2})$

$P_{\text{NH}_3} = 50,7\%$ tekanan total

$= 0,507 \times 10 \text{ atm} = 5,07 \text{ atm}$

$P_{\text{N}_2} + P_{\text{H}_2} = 10 - 5,07 = 4,93 \text{ atm}$

Karena perbandingan N_2 dan H_2 adalah 1 : 3 maka,

$P_{\text{N}_2} = \frac{1}{4} \times 4,93 \text{ atm} = 1,23 \text{ atm}$

$P_{\text{H}_2} = \frac{3}{4} \times 4,93 \text{ atm} = 3,70 \text{ atm}$

$$K_p = \frac{(P_{\text{NH}_3})^2}{(P_{\text{N}_2})(P_{\text{H}_2})^3} = \frac{(5,07)^2}{(1,23)(3,70)^3} = 0,413$$

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

$$0,413 = K_c (0,0821 \times (200 + 273))^{2 - (1 + 3)}$$

$$K_c = 6,23 \times 10^{-2}$$

Keseimbangan dipengaruhi oleh :

1. Konsentrasi

- Jika **konsentrasi salah satu pereaksi diperbesar**, maka keseimbangan akan bergeser ke **kanan**, jika **konsentrasi salah satu produk diperbesar**, maka keseimbangan akan bergeser ke **kiri**.
- Jika konsentrasi **semua komponen diperkecil**, misalnya dengan pengenceran atau memperbesar volume, maka keseimbangan akan bergeser ke arah reaksi yang **jumlah molekulnya terbanyak** (dengan demikian konsentrasi bertambah besar).

Keseimbangan dipengaruhi oleh :

2. Tekanan atau Volume

- Apabila tekanan dalam sistem keseimbangan **diperbesar** atau volume diperkecil, maka keseimbangan bergeser ke arah zat-zat yang mempunyai **koefisien kecil**.
- Apabila tekanan dalam sistem keseimbangan **diperkecil** atau volume diperbesar maka keseimbangan bergeser ke arah zat-zat yang mempunyai **koefisien besar**.

Keseimbangan dipengaruhi oleh :

3. Suhu

- Apabila suhu sistem keseimbangan **diperbesar** maka keseimbangan akan bergeser ke zat-zat yang menyerap kalor (**reaksi endoterm**)
- Apabila suhu sistem keseimbangan **diperkecil** maka keseimbangan akan bergeser ke zat-zat yang melepaskan kalor (**reaksi eksoterm**)
- Contoh : pembentukan NO_2 dari N_2O_4 merupakan proses endoterm (membutuhkan energi sebesar 58 kJ) sehingga peningkatan suhu menyebabkan keseimbangan ke arah pembentukan NO_2 , sedangkan reaksi pembentukan N_2O_4 merupakan proses eksoterm (melepaskan energi sebesar 58 kJ) sehingga penurunan suhu menyebabkan keseimbangan ke arah pembentukan
 - $\text{N}_2\text{O}_4 \rightarrow 2\text{NO}_2 \quad \Delta H^\circ = +58 \text{ kJ}$
 - $2\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O}_4 \quad \Delta H^\circ = -58 \text{ kJ}$

Keseimbangan dipengaruhi oleh :

4. Katalis

- Dalam reaksi kesetimbangan, katalis dapat **memperbesar laju reaksi maju dan reaksi balik sama kuat**, tetapi tidak mempengaruhi susunan kesetimbangan.
- Katalis dapat mempercepat tercapainya kesetimbangan.
- Katalis pada reaksi yang memerlukan suhu tinggi sangatlah penting, karena adanya katalis dapat menyebabkan reaksi berlangsung pada suhu yang lebih rendah. Hal ini penting, apabila suhu tinggi dapat mengurangi rendemen hasil.

Soal 1

- Nitrogen dioksida cenderung berasosiasi bila temperatur diturunkan membentuk dinitrogen tetraoksida, Ke dalam labu tertutup ukuran 100 mL ditaruh 0,235g NO_2 dan kesetimbangan dicapai pada 55 °C. Pada temperatur tersebut ternyata terdapat 0,115g NO_2 . Hitunglah K_c

Soal 2

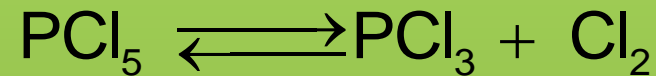
- Pemanasan natrium bikarbonat akan menghasilkan CO₂ menurut reaksi berikut:



Jika pada 125°C nilai K_p untuk reaksi tersebut adalah 0,25 maka hitunglah tekanan parsial (atm) karbondioksida dan uap air dalam sistem kesetimbangan !

Soal 3

- PCl_5 dapat terdekomposisi menjadi PCl_3 dan Cl_2 membentuk reaksi kesetimbangan :



Bila pada temperatur $250\text{ }^\circ\text{C}$ harga K_p untuk reaksi tersebut adalah 2 dan PCl_5 terdisosiasi sebanyak 10%, hitunglah tekanan total sistem.