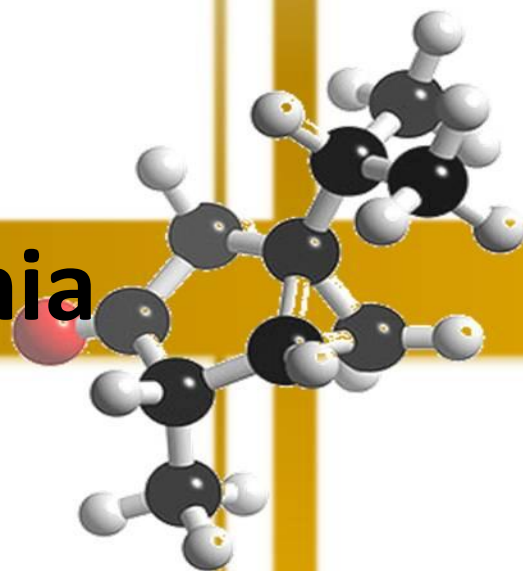
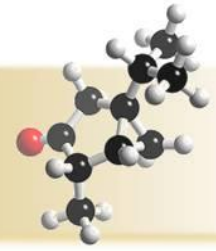


Bab 14

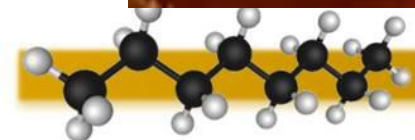
Kesetimbangan Kimia





Reaksi Kimia

- Reaksi Kimia umumnya tidak 100% menghasilkan produk.
- Pada saat reaksi berlangsung dan menghasilkan produk, ada sejumlah produk yang bereaksi (terurai) membentuk pereaksi kembali.
- Derajat suatu reaksi (mis., 20% or 80%) dapat ditentukan dengan cara mengukur konsentrasi setiap komponen yang terdapat di dalam larutan.
- Secara umum, Derajat Reaksi merupakan fungsi dari ; temperatur, konsentrasi, dan derajat pembentukan (penggabungan). Semua ini ditentukan oleh suatu kons-tanta kesetimbangan, K_{eq} .

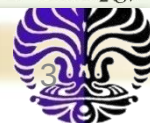
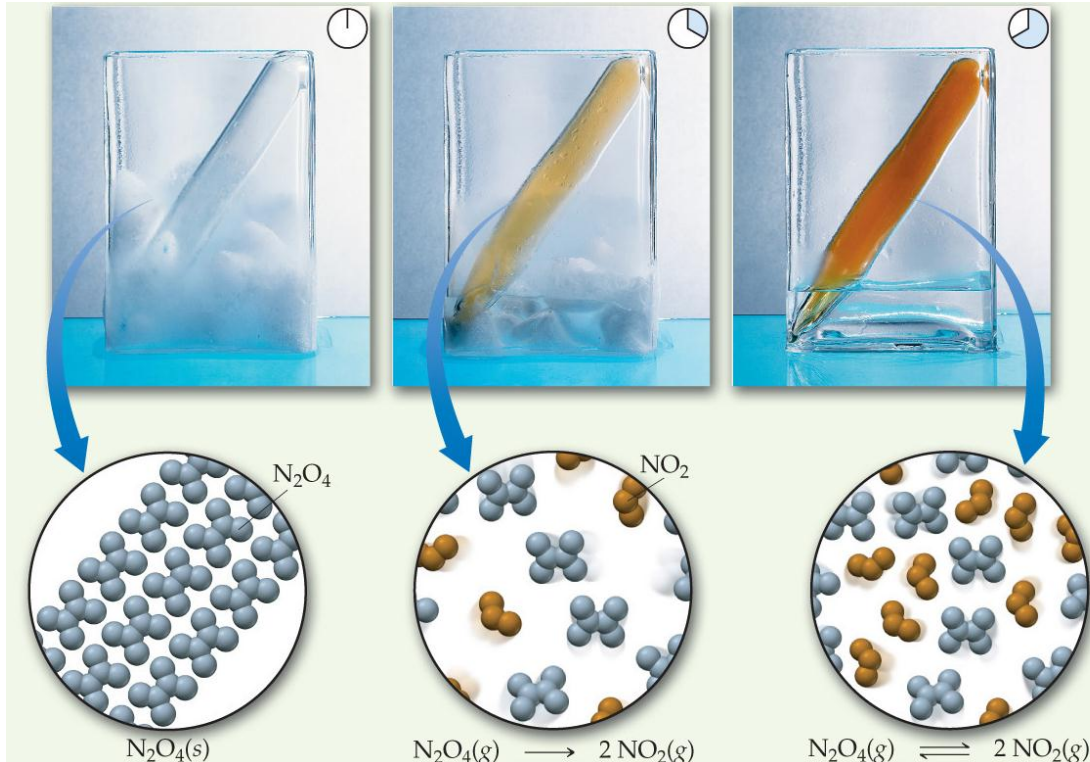
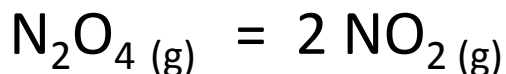


Kesetimbangan Kimia

• Definisi:

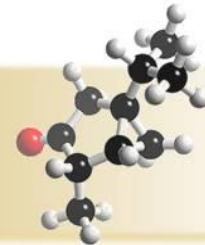
- keadaan dimana reaksi kimia berjalan ke kanan dan ke kiri pada kecepatan yang sama dan dalam waktu yang bersamaan.
- Rasio konsentrasi (jumlah) pereaksi dan produk tidak berubah seiring dengan perubahan waktu

• Reaksi Kesetimbangan





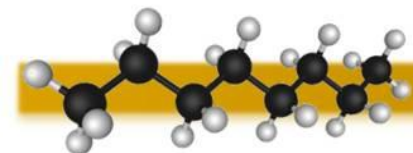
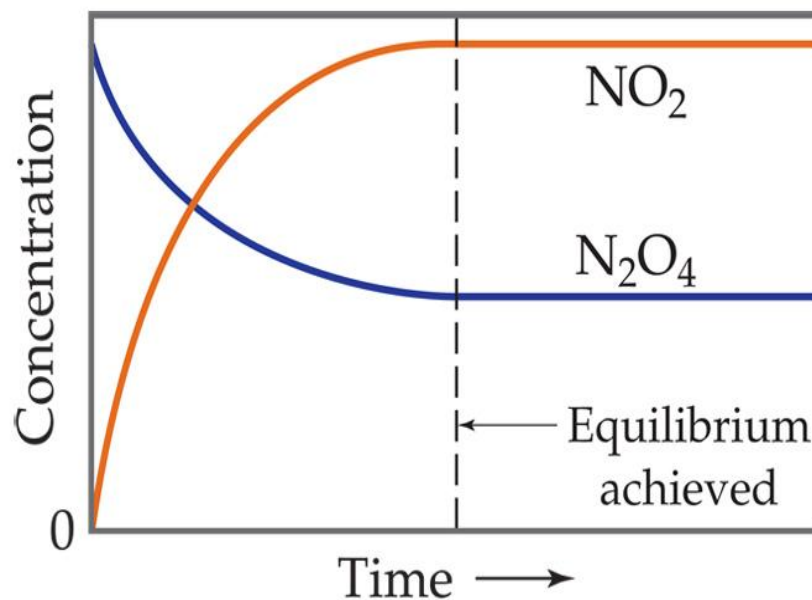
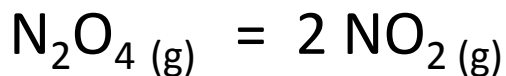
Kesetimbangan Kimia



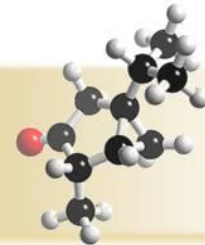
• Definisi:

- keadaan dimana reaksi kimia berjalan ke kanan dan ke kiri pada kecepatan yang sama dan dalam waktu yang bersamaan.
- Rasio konsentrasi (jumlah) pereaksi dan produk tidak berubah seiring dengan perubahan waktu

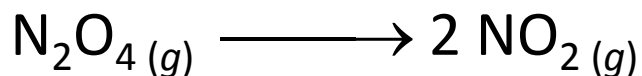
• Reaksi Kesetimbangan



Konstanta Kestimbangan



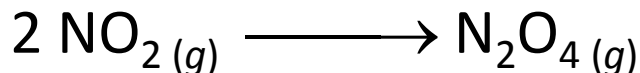
- Reaksi Kekanakan:



LAJU REAKSI

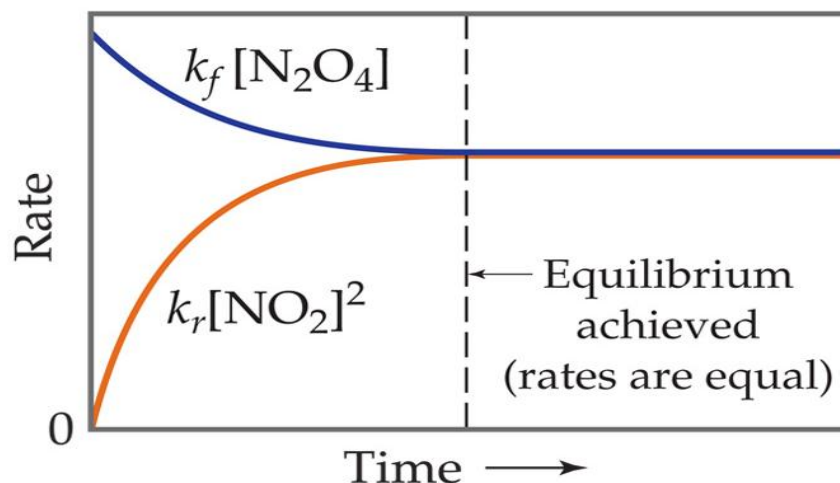
$$\text{Rate} = k_f [\text{N}_2\text{O}_4]$$

- Reaksi Kekiri:

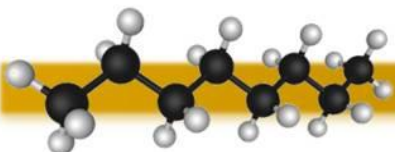


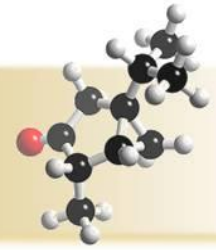
Laju Reaksi

$$\text{Laju reaksi} = k_r [\text{NO}_2]^2$$



Pada keadaan kesetimbangan dinamis:
Laju reaksi kekanakan = laju reaksi kekiri



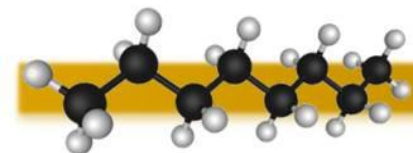
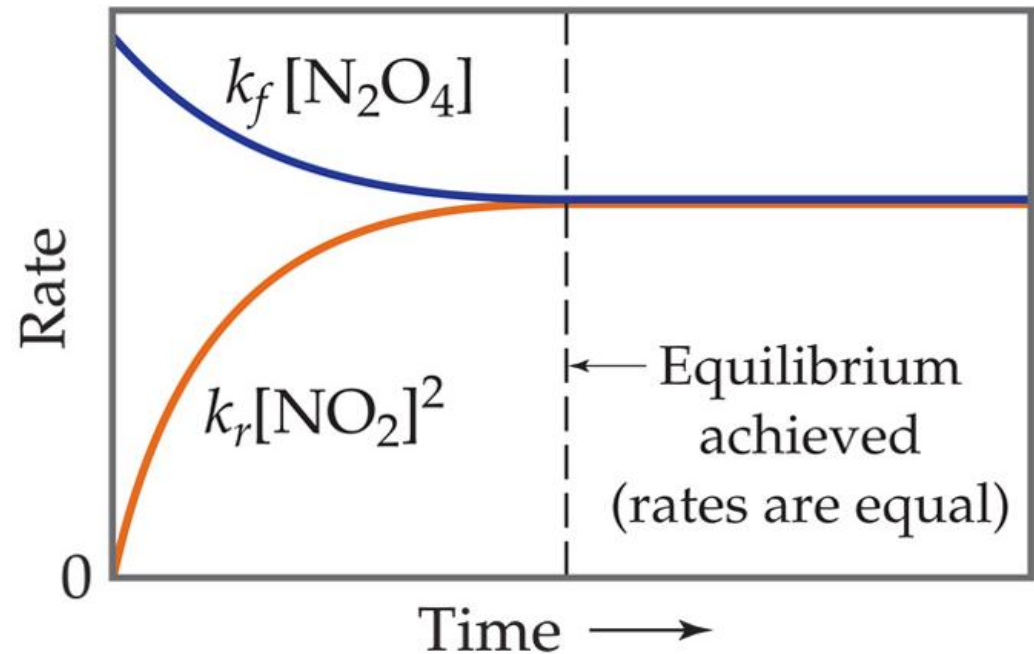


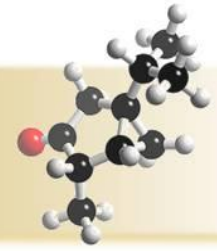
- Pada keadaan kesetimbangan dinamis:
Laju reaksi kekanan = laju reaksi kekiri

$$k_f [\text{N}_2\text{O}_4] = k_r [\text{NO}_2]^2$$

$$k_f / k_r = [\text{NO}_2]^2 / [\text{N}_2\text{O}_4]$$

$$K_c = k_f / k_r$$





Konstanta Keseimbangan

- Reaksi Keseimbangan

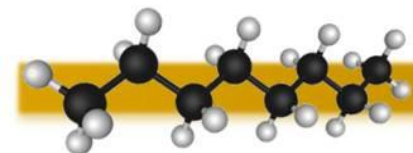


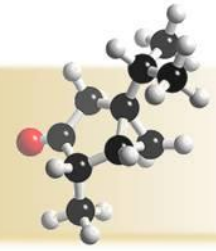
- Konstanta Keseimbangan

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

- Di dalam sistem tertutup untuk reaksi dalam fasa gas harga konsentrasi sebanding dengan tekanan, harga konstanta keseimbangan dapat dinyatakan sebagai:

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





Hubungan Kp dengan Kc

- Hukum Gas Ideal

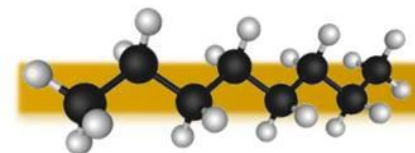
$$PV = n RT$$

$$P = n/V RT$$

$$n/V = C, P = CRT$$

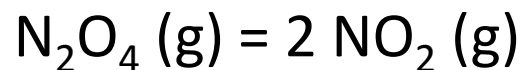
$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n}$$

$$\Delta n = (\text{mol gas produk} - \text{mol gas reaktan})$$



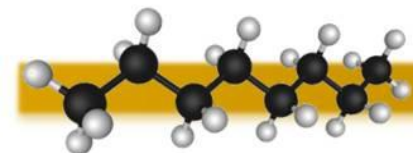


Contoh Harga Kc untuk reaksi kesetimbangan :

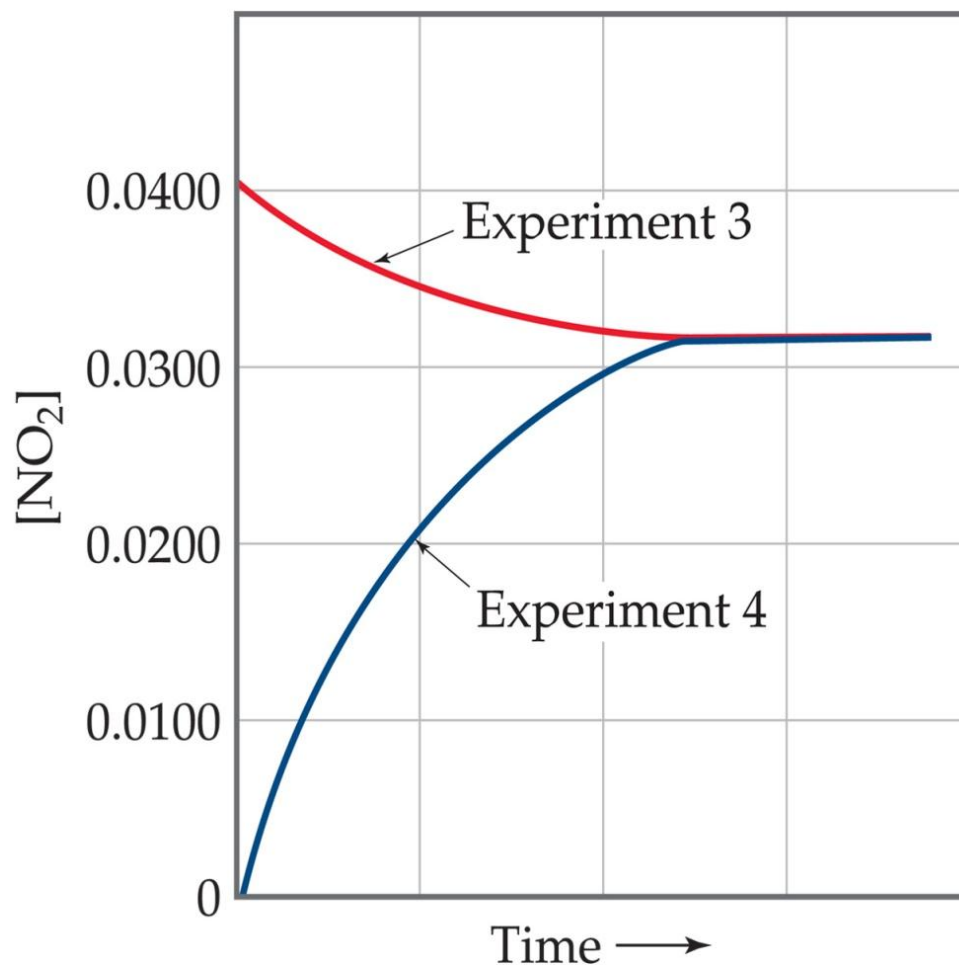


Eksperimen	Konsentrasi awal N_2O_4 (M)	Konsentrasi awal NO_2 (M)	Konsentrasi kesetimbangan N_2O_4 (M)	Konsentrasi kesetimbangan NO_2 (M)	Kc
1	0.0	0.0200	0.00140	0.0172	0.211
2	0.0	0.0300	0.00280	0.0243	0.211
3	0.0	0.0400	0.00452	0.0310	0.213
4	0.0200	0.0	0.00452	0.0310	0.213

Harga Kc pada konsentrasi awal berbeda menghasilkan harga Kc yang sama

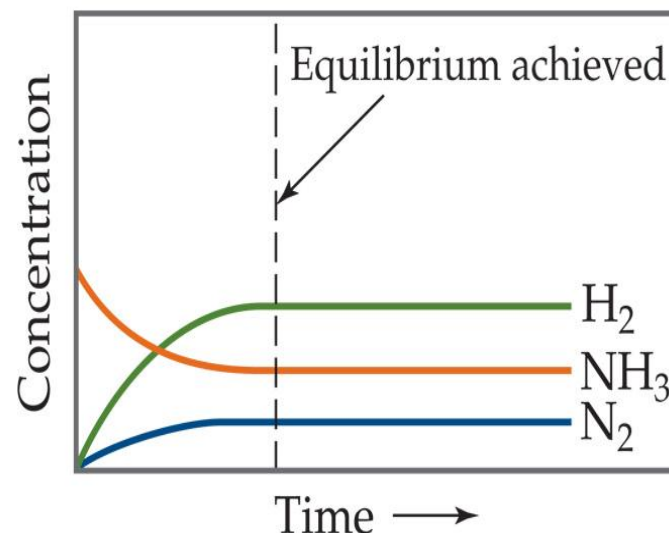
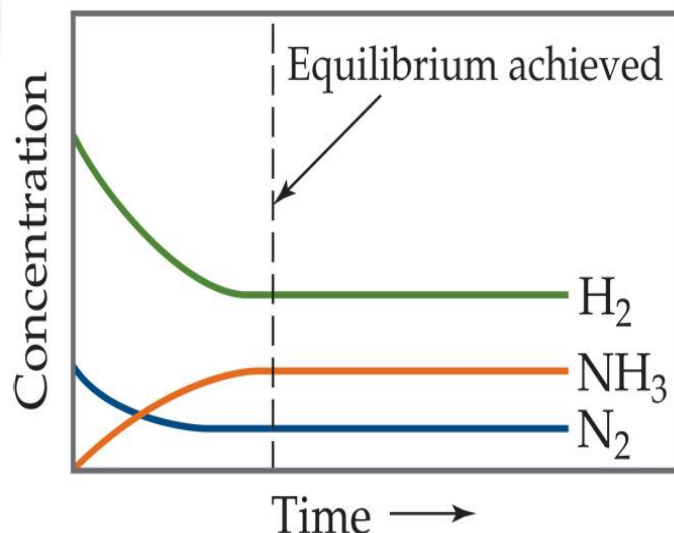
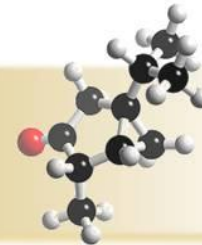


Grafik hubungan (NO_2) vs waktu

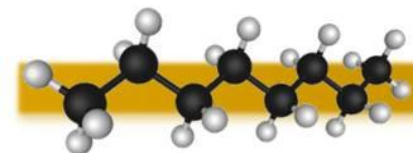




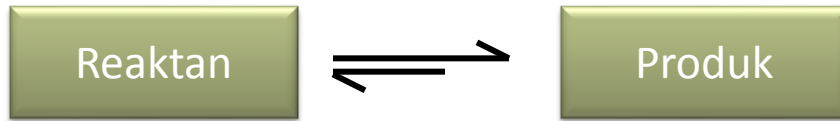
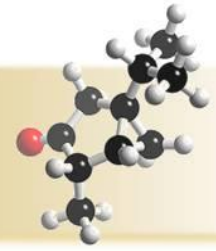
Keadaan Kesetimbangan



Grafik hubungan konsentrasi dengan waktu pada reaksi kesetimbangan pembentukan ataupun penguraian NH_3 akan menunjukkan keadaan yang sama pada kondisi equilibrium.

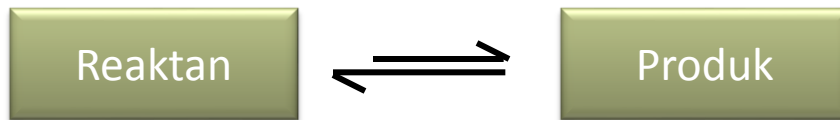


Pengaruh Besaran Konstanta Keseimbangan



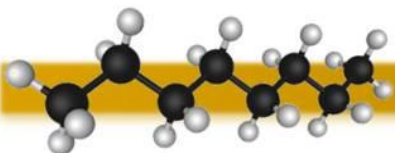
(a) $K \gg 1$

- Bila $K \gg 1$, pada keadaan kesetimbangan reaksi condong ke arah produk



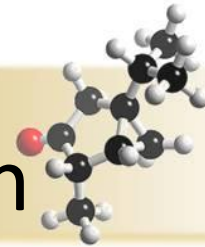
(b) $K \ll 1$

- If $K \ll 1$, Pada keadaan kesetimbangan reaksi condong ke arah reaktan



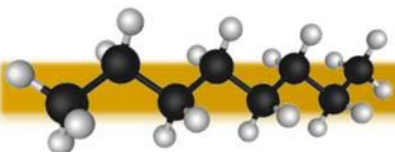
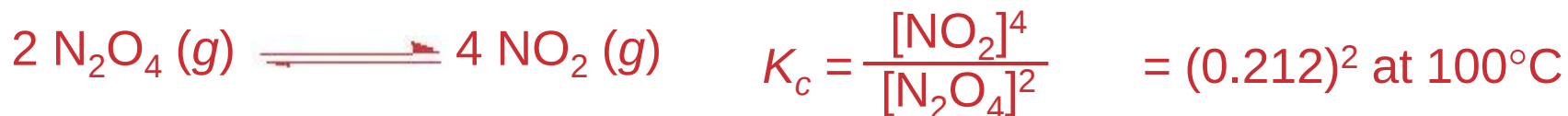


Besaran Konstanta Keseimbangan



Jika koefisien reaksi keseimbangan dikalikan faktor n

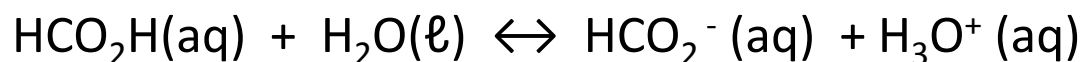
Harga Konstanta Keseimbangan sebanding dengan jumlah mol dari setiap produk maupun reaktannya





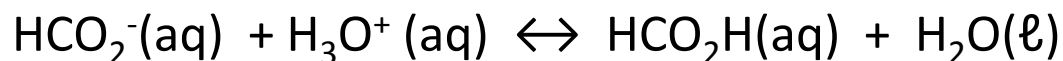
Jika persamaan reaksi kesetimbangan dibalik.

Contoh :



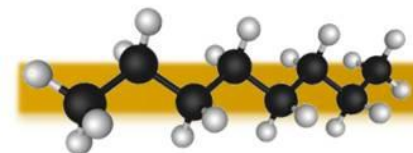
$K_1 = 1,8 \times 10^{-4}$ pada 25°C

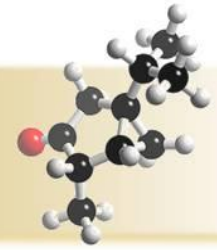
Reaksi sebaliknya :



$K_2 = 5,6 \times 10^3$ pada 25°C

Jadi $K_2 = 1/K_1$



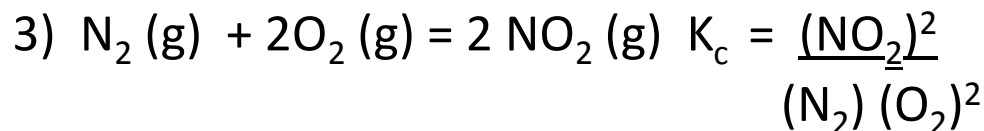
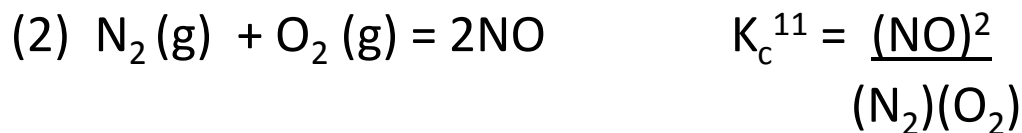
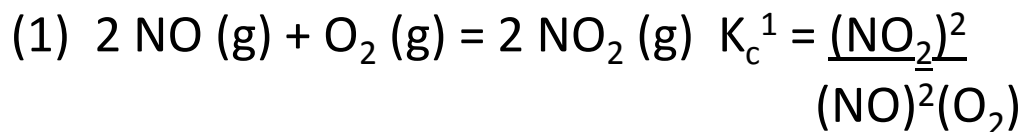


Persamaan Reaksi Total

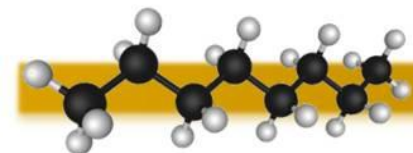
Apabila dua persamaan reaksi digabungkan menghasilkan persamaan reaksi total.

Harga Konstanta kesetimbangan pada reaksi yang mempunyai beberapa tahapan reaksi merupakan produk perkalian dari konstanta kesetimbangan dari setiap tahapan yang menyertai reaksi tersebut .

Contoh :



$$K_c^1 \times K_c^2 = K_c$$





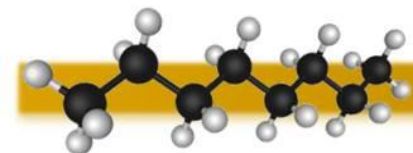
Kesetimbangan Heterogen

Konsentrasi dari padatan maupun larutan pada dasarnya konstan

Cairan maupun padatan mempunyai besaran densitas atau massa molar yang konstan pada temperatur konstan
Konsentrasi cairan dan padatan dianggap konstan sehingga tidak dinyatakan dalam pernyataan besaran konstanta kesetimbangannya.

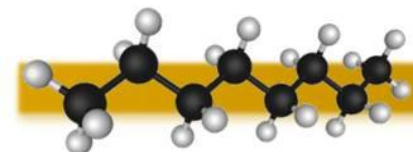
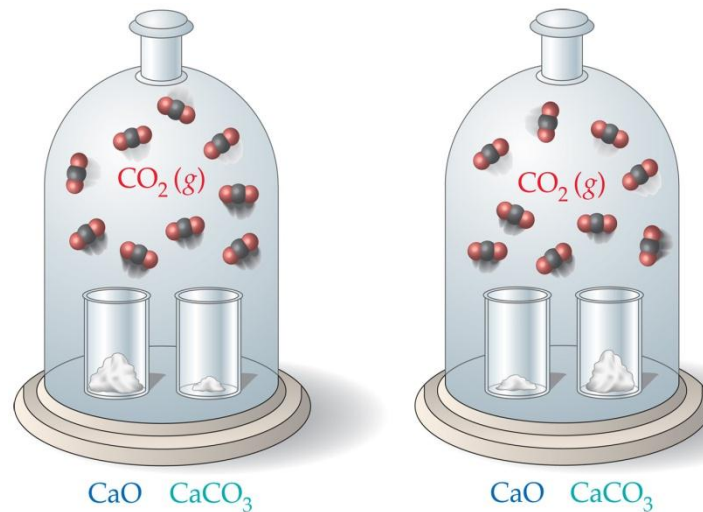


$$K_c = [\text{Pb}^{2+}] [\text{Cl}^{-}]^2$$



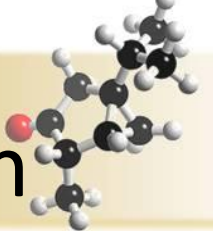


Sepanjang CaCO_3 atau CaO berada dalam sistem , jumlah dari CO_2 diatas padatan akan mempunyai jumlah yang sama .





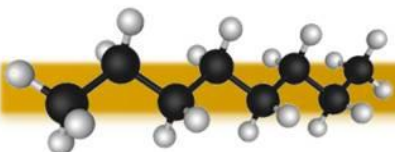
Perhitungan Reaksi Kestimbangan



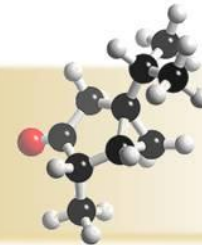
Contoh

Suatu sistem tertutup mula-mula mengandung $1.000 \times 10^{-3} \text{ M H}_2$ and $2.000 \times 10^{-3} \text{ M I}_2$

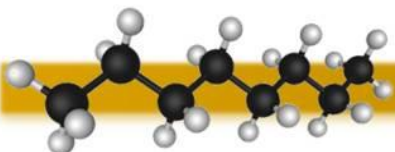
Pada suhu 448°C reaksi berada dalam keadaan kesetimbangan. Hasil analisis campuran dalam keadaan kesetimbangan mengandung HI sebanyak $1.87 \times 10^{-3} \text{ M}$. Hitunglah harga K_c pada suhu tersebut.



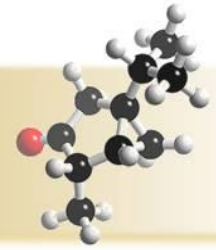
Menghitung Konsentrasi Kesetimbangan



	$[H_2], M$	$[I_2], M$	$[HI], M$
Awal	1.000×10^{-3}	2.000×10^{-3}	0
Perubahan			
Kesetimbangan			1.87×10^{-3}



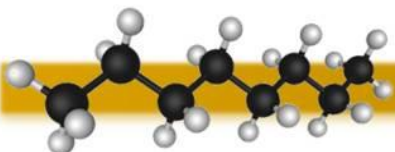
Menghitung Konsentrasi Kesetimbangan



	$[H_2], M$	$[I_2], M$	$[HI], M$
Awal	1.000×10^{-3}	2.000×10^{-3}	0
Perubahan	-9.35×10^{-4}	-9.35×10^{-4}	$+1.87 \times 10^{-3}$
Kesetimbangan			1.87×10^{-3}

Harga konstanta kesetimbangan

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



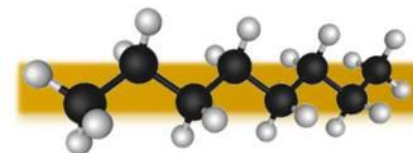


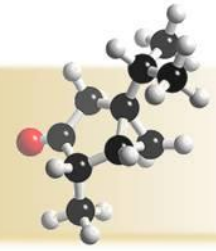
Menghitung Konsentrasi Kesetimbangan

	$[H_2], M$	$[I_2], M$	$[HI], M$
Awal	1.000×10^{-3}	2.000×10^{-3}	0
Perubahan	-9.35×10^{-4}	-9.35×10^{-4}	$+1.87 \times 10^{-3}$
Kesetimbangan	6.5×10^{-5}	1.065×10^{-3}	1.87×10^{-3}

Harga konstanta kesetimbangan

$$\begin{aligned}K_c &= \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]} \\&= \frac{(1.87 \times 10^{-3})^2}{(6.5 \times 10^{-5})(1.065 \times 10^{-3})} \\&= 51\end{aligned}$$

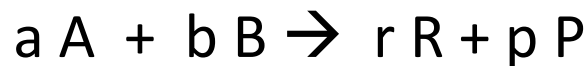




Kuosien (Q) Reaksi

- Pada reaksi yang belum mencapai kesetimbangan, Hukum Aksi Massa hanya dapat mengukur Kuosien Reaksi (Reaction Quotient).

- Misal reaksi kimia di bawah belum mencapai kesetimbangan.



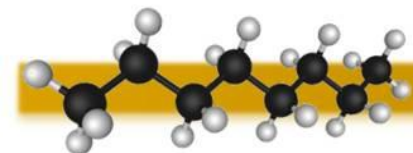
- Kuosien reaksi dapat ditulis sebagai berikut :

$$Q = \frac{(R)^r (P)^p}{(A)^a (B)^b}$$

- Nilai **Q** dapat menentukan arah reaksi yang akan terjadi.

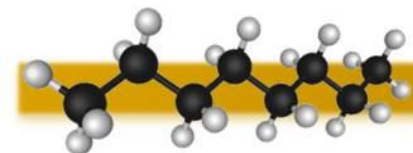
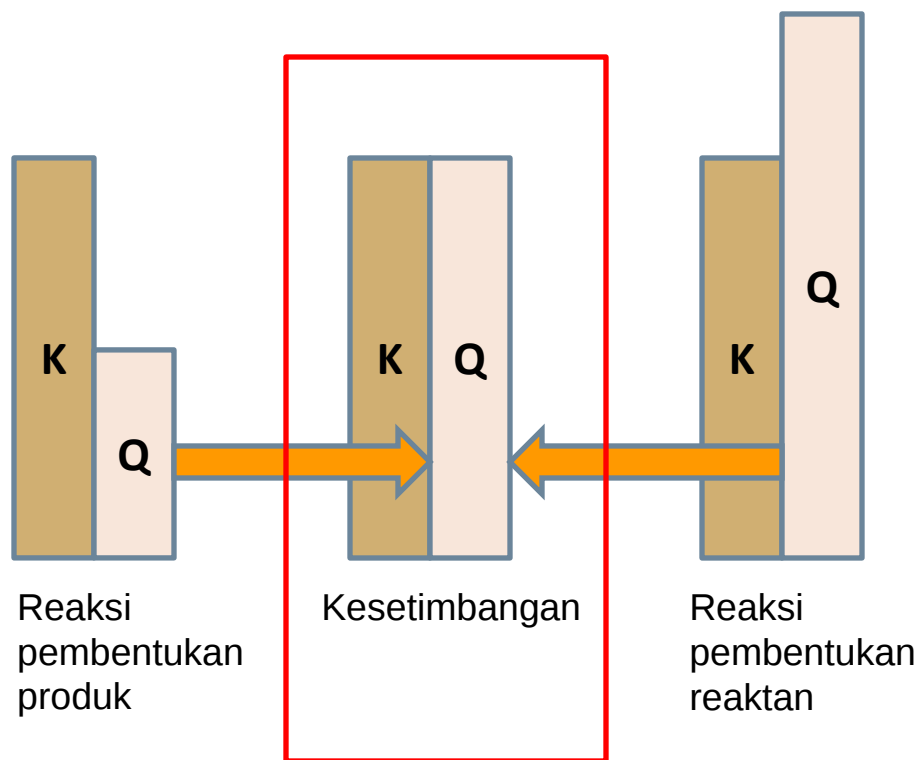
- **Q < K_{eq}** Reaksi bergerak ke kanan
- **Q > K_{eq}** Reaksi bergerak ke kiri
- Pada kondisi kesetimbangan harga

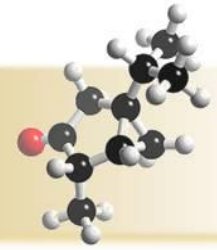
$$Q = K$$





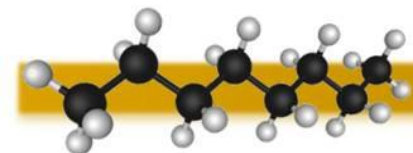
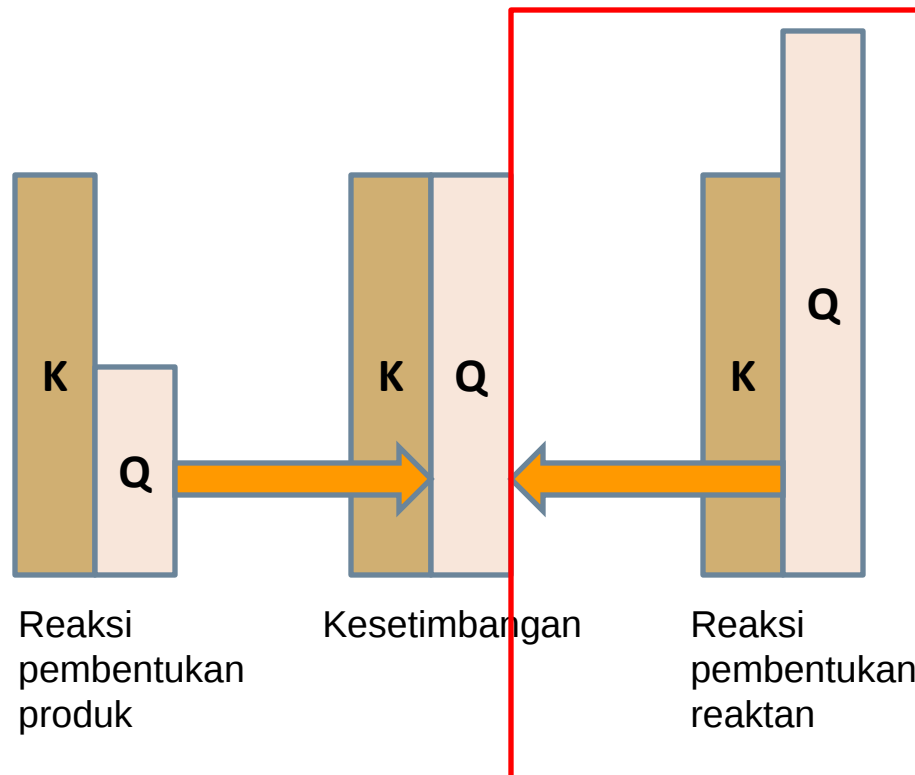
Bila $Q = K$ Keadaan Kesetimbangan



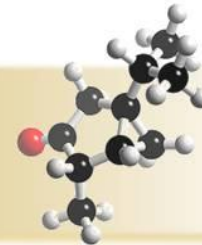


Bila $Q > K$,

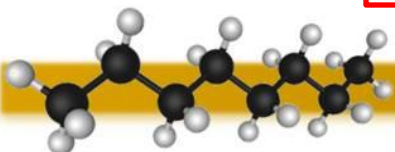
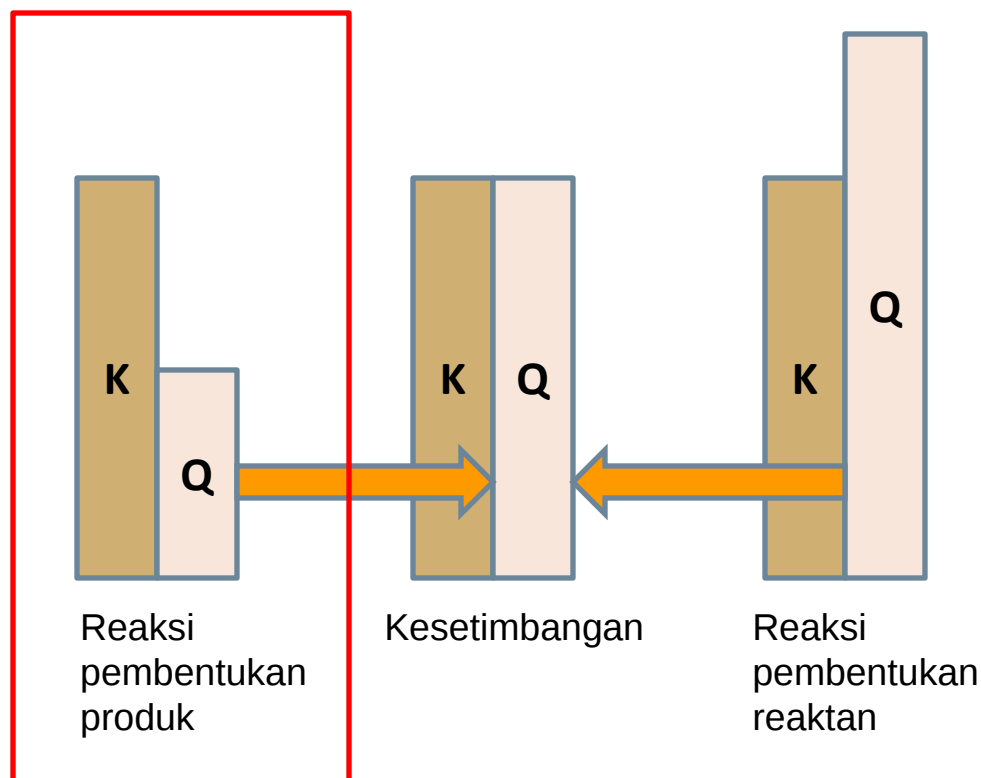
Produk berlebih sehingga kesetimbangan bergeser ke kiri

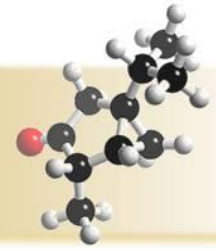


Bila $Q < K$



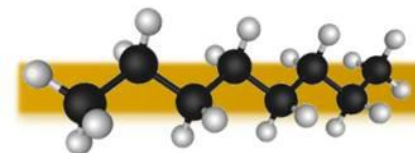
Reaktan berlebih kesetimbangan bergeser ke kanan



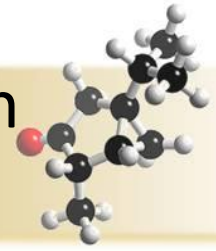


Prinsip Le Châtelier's

Bila pada sistem kesetimbangan diganggu dengan adanya perubahan suhu , tekanan atau konsentrasi dari salah satu komponen dalam sistem maka sistem akan untuk melawan pengaruh perubahan untuk kembali ke keadaan kesetimbangan .

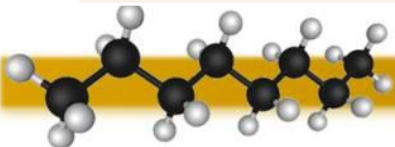


Pengaruh gangguan terhadap kesetimbangan dan nilai K

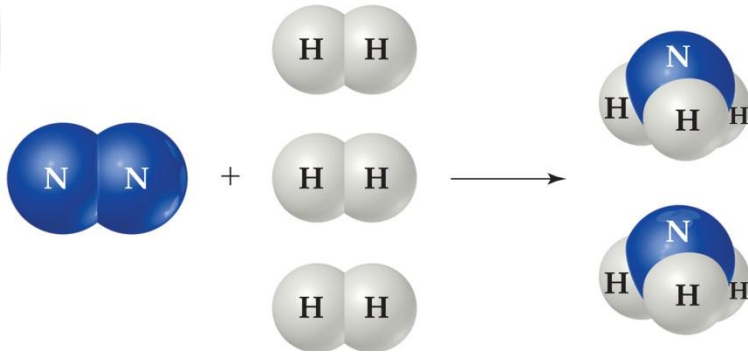
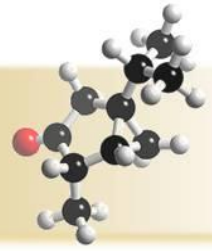


Le Châtelier

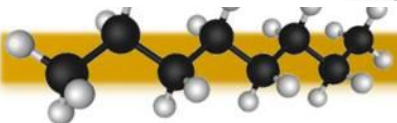
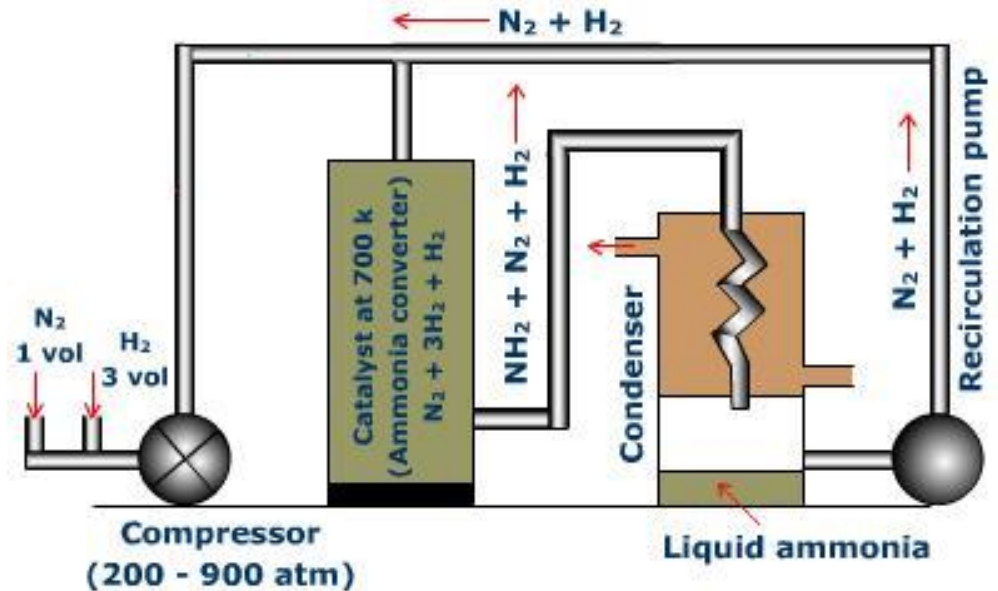
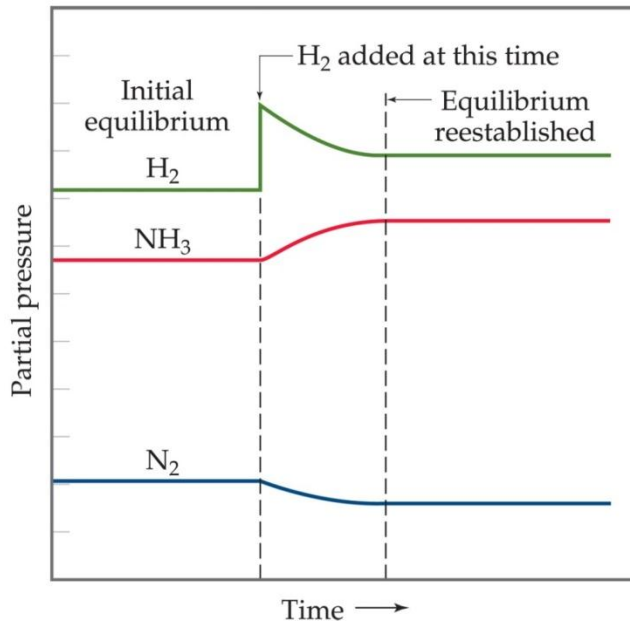
Gangguan	Perubahan agar campuran kembali ke kesetimbangan	Pengaruh terhadap kesetimbangan	Pengaruh terhadap K
Penambahan reaktan Penambahan produk	Sebagian reaktan yang ditambahkan dikonsumsi Sebagian produk yang ditambahkan dikonsumsi	Bergeser ke kanan Bergeser ke kiri	Tak berubah Tak berubah
Volume diperkecil, tekanan diperbesar Volume diperbesar, tekanan diperkecil	Tekanan diperkecil Tekanan diperbesar	Bergeser ke arah jumlah molekul gas yang lebih kecil Bergeser ke arah jumlah molekul gas yang lebih besar	Tak berubah Tak berubah
Temperatur dinaikan Temperatur diturunkan	Energi panas dikonsumsi Energi panas dikeluarkan	Bergeser ke arah reaksi endoterm Bergeser ke arah reaksi eksoterm	Berubah Berubah



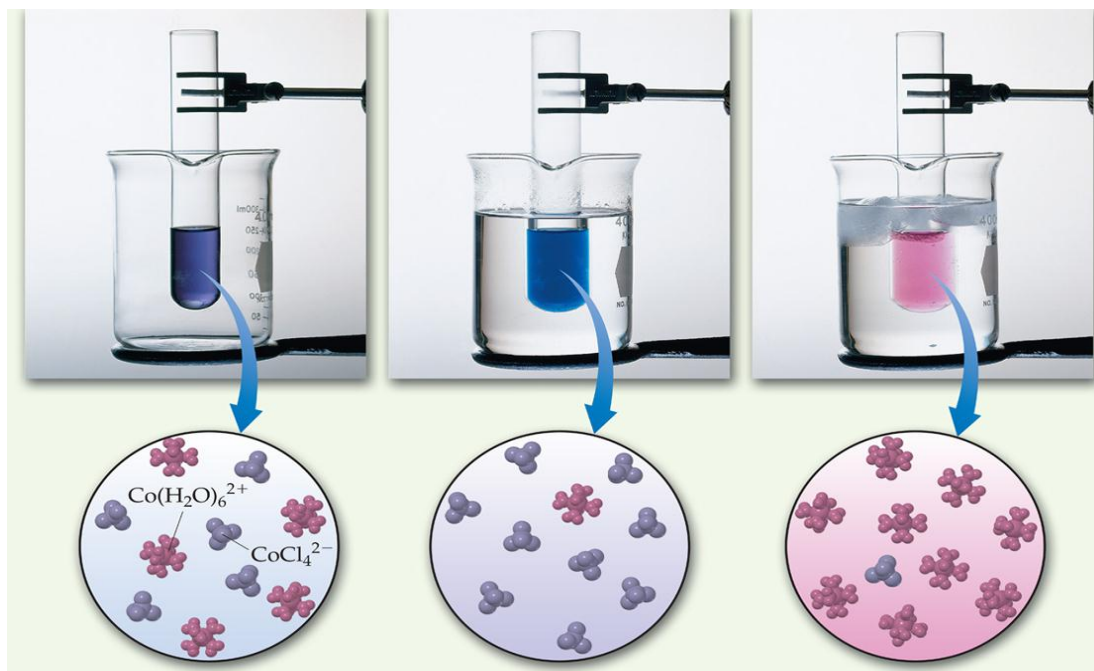
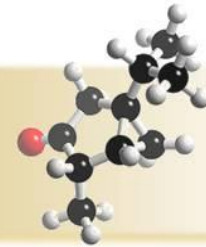
Pengaruh konsentrasi Proses Haber



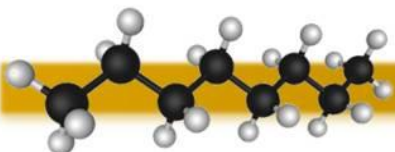
Bila H_2 ditambahkan ke dalam sistem, N_2 akan dikonsumsi dan kedua reaktan akan membentuk NH_3 .
Reaksi bergeser ke kanan.



Pengaruh Perubahan Temperatur

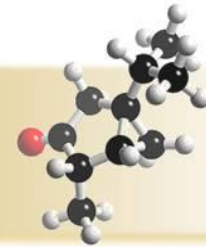


Reaksi bergeser ke arah endotermis

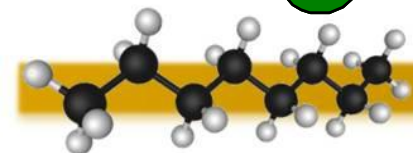
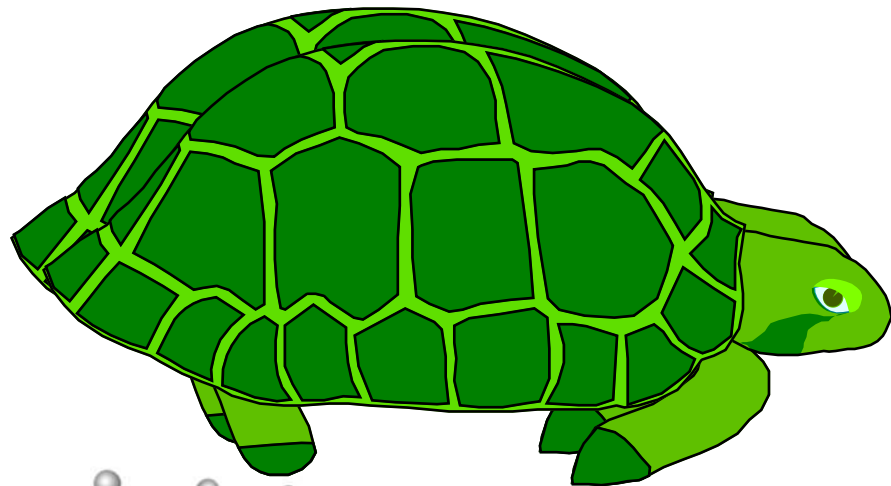




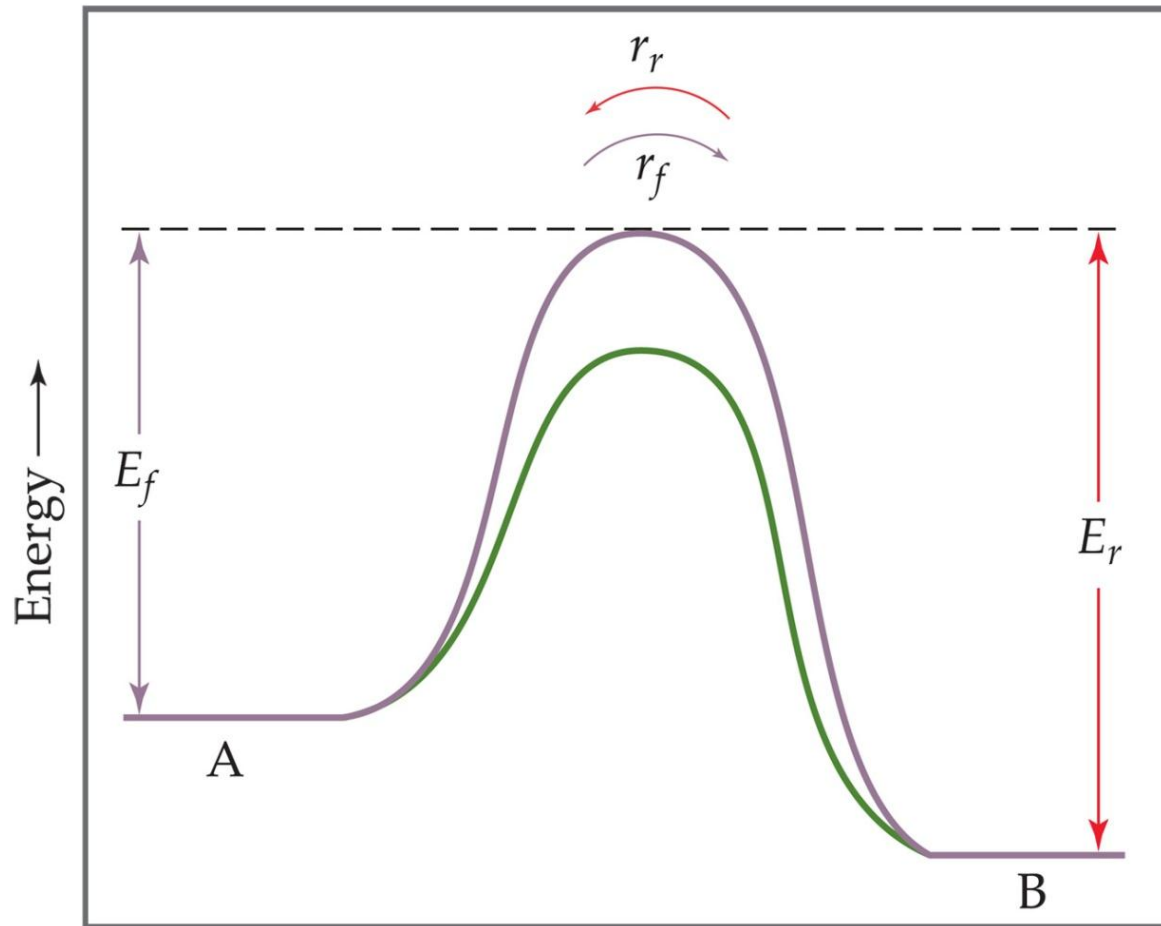
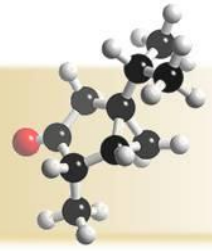
Katalis



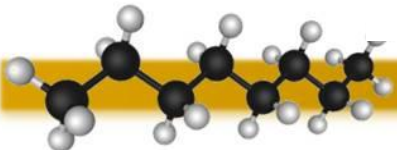
Dibutuhkan agar reaksi kimia lebih cepat
Kebanyakan reaksi kimia lambat ...



Katalis mempercepat laju reaksi ke kanan maupun ke kiri



Reaction pathway





Daftar Pustaka

- Brown, LeMay, Bursten, Murphy, “ Chemistry The Central Science”, 11th eds, Pearson Educational International, 2009, 626 - 665.

