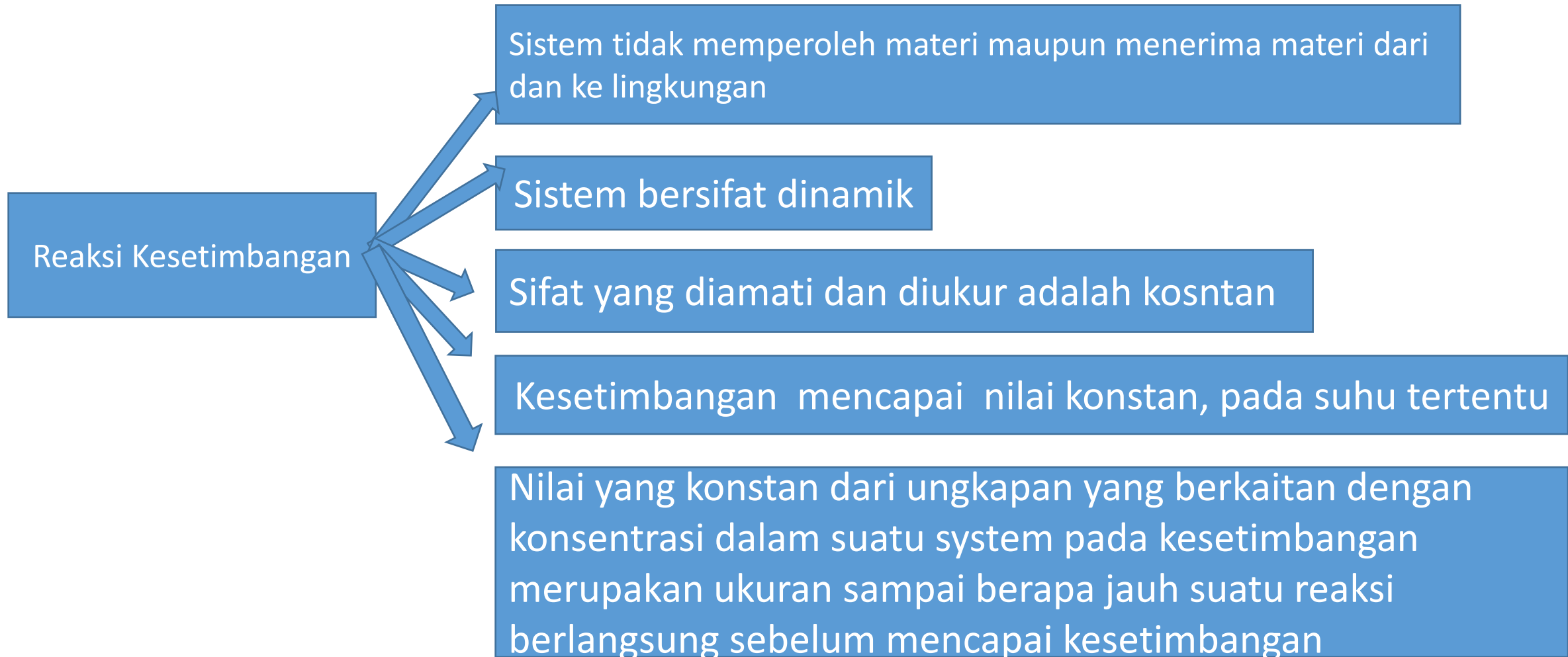
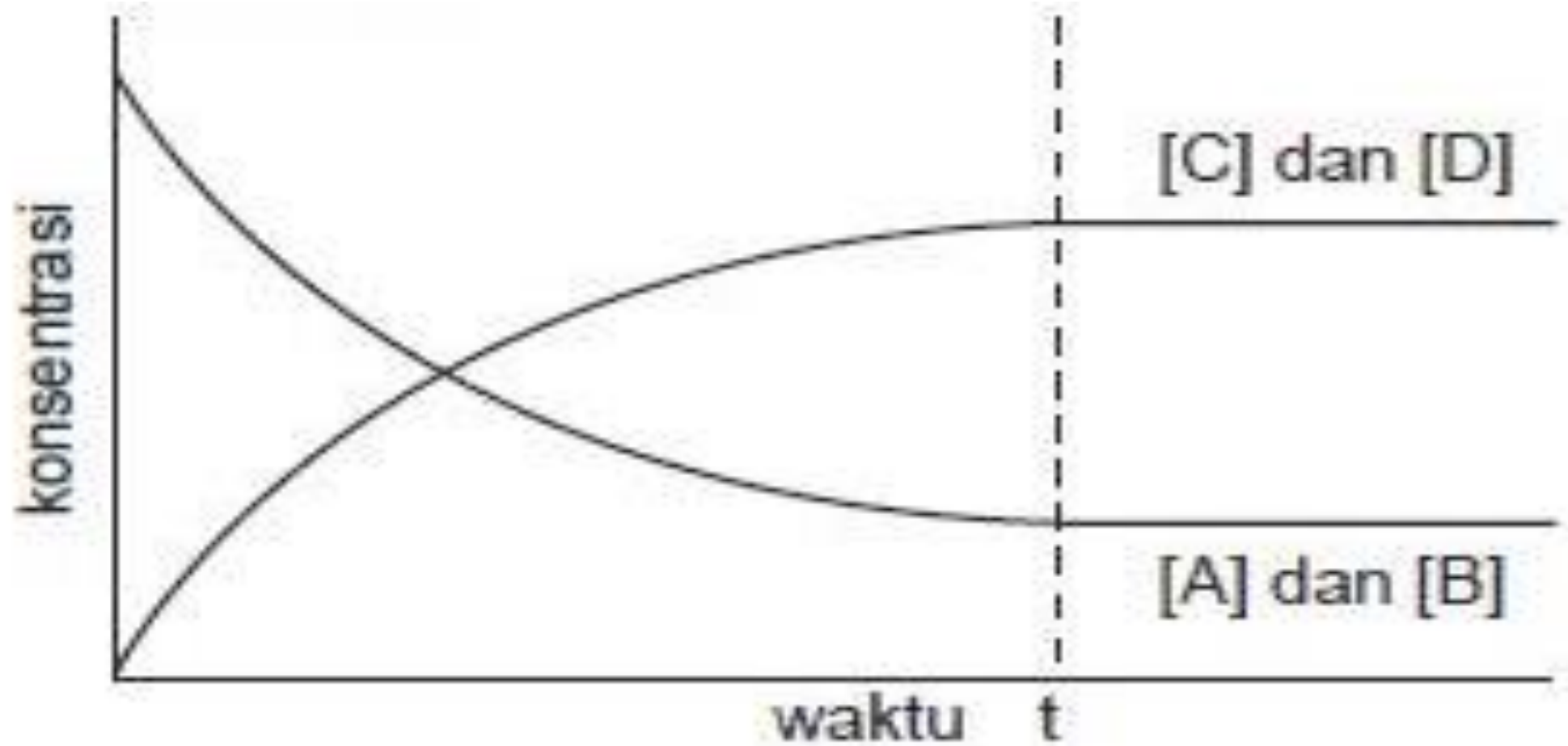


KESETIMBANGAN KIMIA

Siti Patonah, S. Pd, M. Pd



Grafik Kesetimbangan



Konstanta Kesetimbangan

Untuk reaksi :



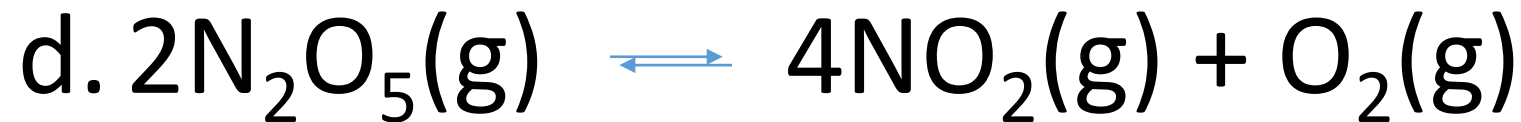
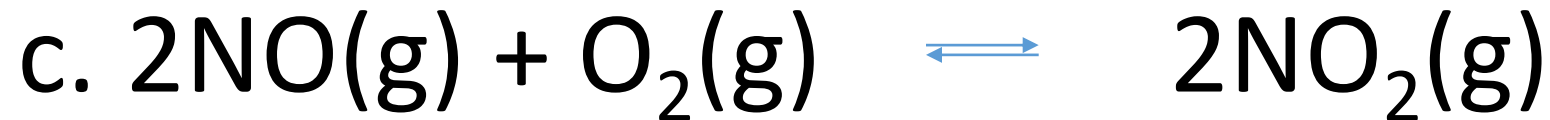
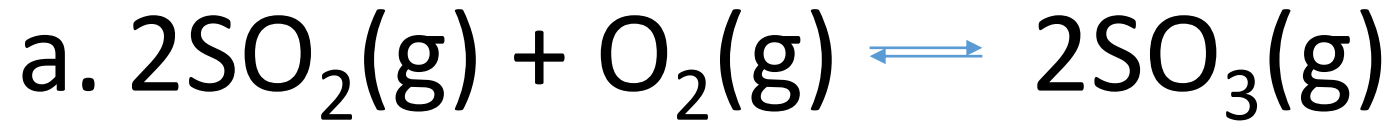
Konstanta kesetimbangan untuk reaksi tersebut pada suhu tertentu:

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

Hukum konstanta kesetimbangan:

Konstanta kesetimbangan konsentrasi adalah hasil kali konsentrasi zat hasil reaksi dibagi dengan perkalian konsentrasi zat peraksi, dan masing-masing dipangkatkan dengan koefisien reaksinya

Tentukan konsentrasi kesetimbangan (K_c) di bawah ini



a

$$K_c = \frac{[\text{SO}_3]^2}{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]}$$

b

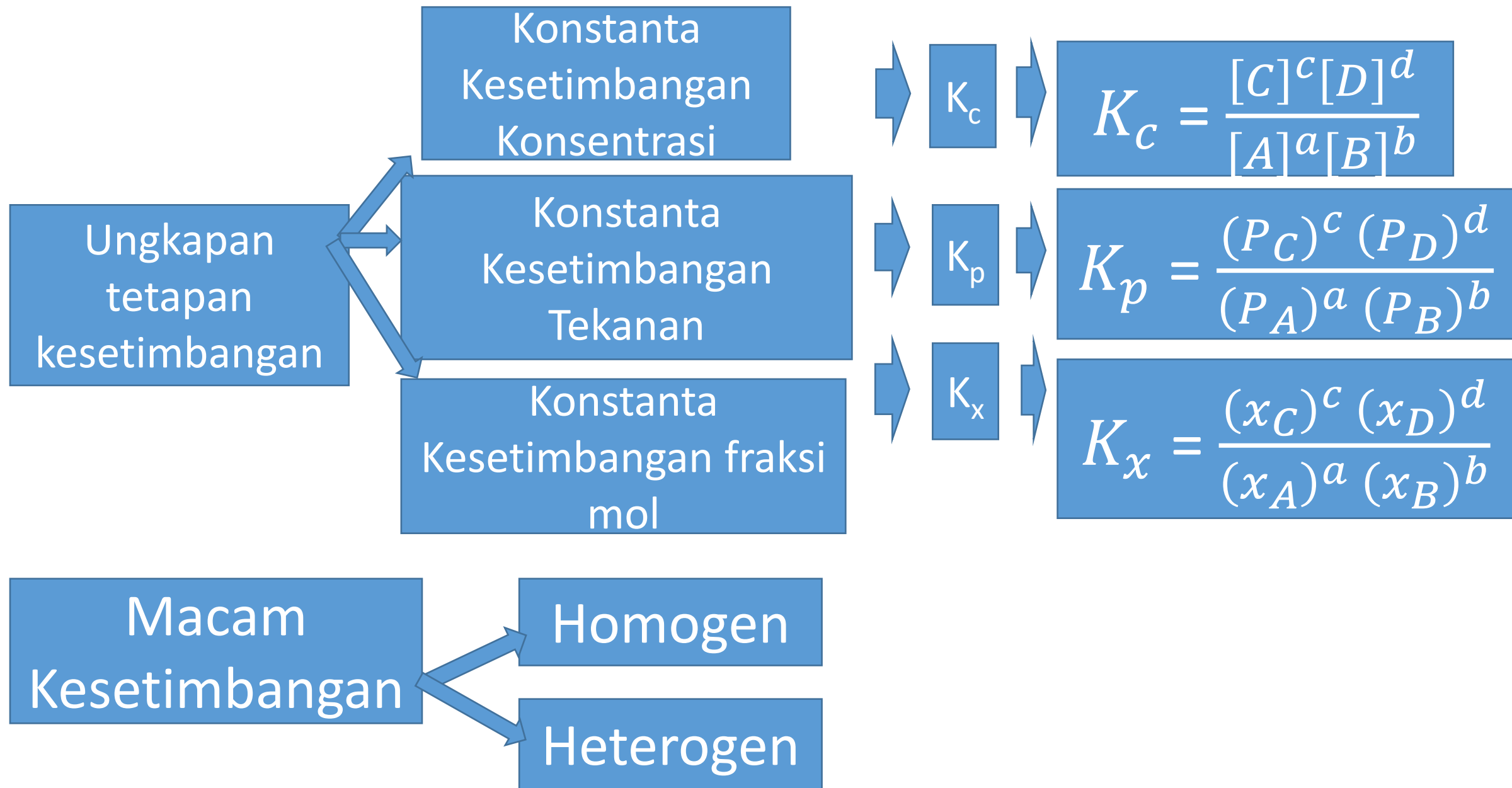
$$K_c = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2}$$

c

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{NO}]^2 [\text{O}_2]}$$

d

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^4 [\text{O}_2]}{[\text{N}_2\text{O}_5]^2}$$



Hubungan Kp dan Kc



Dimana a dan b adalah koefisien stoikiometri, maka:

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

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

, dengan asumsi
perilaku gas ideal:

$$PV = nRT$$



$$P_A = \frac{n_A RT}{V}$$

$$P_B = \frac{n_B RT}{V}$$

$$P_C = \frac{n_C RT}{V}$$

$$P_D = \frac{n_D RT}{V}$$

$$P = \frac{nRT}{V}$$

Dengan mensubstitusikan, maka:


$$K_p = \frac{\left(\frac{n_C RT}{V}\right)^c \left(\frac{n_D RT}{V}\right)^d}{\left(\frac{n_A RT}{V}\right)^a \left(\frac{n_B RT}{V}\right)^b}$$



$$K_p = \frac{\left(\frac{n_C}{V}\right)^c \left(\frac{n_D}{V}\right)^d (RT)^{c+d}}{\left(\frac{n_A}{V}\right)^a \left(\frac{n_B}{V}\right)^b (RT)^{a+b}}$$

$\frac{n}{V}$, satuan
mol/Liter \rightarrow
[A]




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



$$K_p = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} (RT)^{(c+d)-(a+b)}$$


$$R = 0,0821 \text{ L.atm/K}$$



$$K_p = K_c (0,0821 \cdot T)^{\Delta n}$$

Hubungan Kp dan Kx



Dimana a dan b adalah koefisien stoikiometri, maka:

$$K_x = \frac{[x_C]^c [x_D]^d}{[x_A]^a [x_B]^b}$$

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

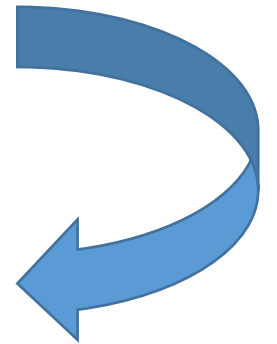
, berdasarkan
hukum Rault

$$P_A = x_A \cdot P_A^0$$

$$P_D = x_D \cdot P_D^0$$

$$P_C = x_C \cdot P_C^0$$

$$P_B = x_B \cdot P_B^0$$



Dengan mensubstitusikan, maka:

The diagram illustrates the derivation of the relationship between K_p and K_x through a series of algebraic steps:

$$K_p = \frac{(x_C P_{tot})^c (x_D P_{tot})^d}{(x_A P_{tot})^a (x_B P_{tot})^b} \Rightarrow K_p = \frac{(x_C)^c (x_D)^d (P_{tot})^{c+d}}{(x_A)^c (x_B)^c (P_{tot})^{a+b}}$$

From the second equation, a downward arrow indicates the next step:

$$K_p = \frac{(x_C)^c (x_D)^d}{(x_C)^c (x_D)^d} (P_{tot})^{(c+d)-(a+b)}$$

Finally, a leftward arrow points to the final result:

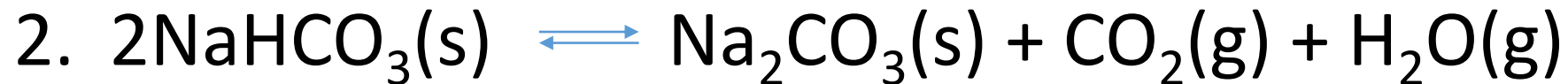
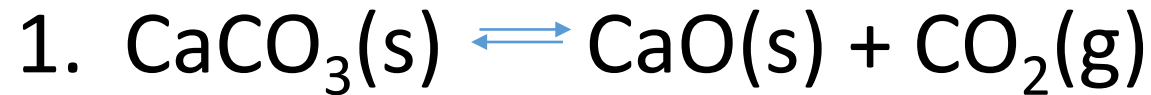
$$K_p = K_x (P_{tot})^{\Delta n}$$

Kesetimbangan Homogen

- Berlaku untuk reaksi yang semua spesi bereaksinya pada fasa yang sama
- Misal :
 1. $2\text{NO}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$
 2. $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{g})$
- Semua spesi menentukan tetapan kesetimbangannya

Kesetimbangan Heterogen

- Melibatkan reaktan dan produk yang fasanya berbeda
- Misal:



- Konstanta kesetimbangan merupakan hasil kali konsentrasi zat produk dalam wujud **gas** dibagi dengan hasil kali konsentrasi zat reaktan yang berupa **gas**, dan masing-masing dipangkatkan koefisiennya

Latihan soal

Kesetimbangan terjadi pada reaksi berikut pada suhu 60°C , dan tekanan gas parsial diketahui sebesar $P_{\text{HI}} = 3,65 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$ dan $P_{\text{H}_2\text{S}} = 9,96 \cdot 10^{-1} \text{ atm}$. Berapa nilai K_p reaksi ini?



Penyelesaian:

Ingat: padatan murni tidak diperhitungkan dalam menentukan tetapan kesetimbangan

$$K_p = \frac{(P_{\text{HI}})^2}{(P_{\text{H}_2\text{S}})} = \frac{(3,65 \cdot 10^{-3})^2}{(9,96 \cdot 10^{-1})} = 1,34 \cdot 10^{-5}$$

$$\therefore K_p = 1,34 \cdot 10^{-5}$$

Arti nilai tetapan kesetimbangan

- Nilai numeris K_p atau K_c yang sangat besar menunjukkan bahwa reaksi berjalan ke kanan, sebagaimana dituliskan, berlangsung sempurna atau mendekati sempurna
- Nilai numeris K_p atau K_c yang sangat kecil menyatakan bahwa reaksi ke kanan sebagaimana dituliskan, tidak berlangsung besar-besaran

Beberapa reaksi kesetimbangan:

Reaksi	Tetapan Kesetimbangan
$2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	$1,4 \cdot 10^{83}$ pada 298K
$\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{g})$	$5,3 \cdot 10^{-31}$ pada 298K
$2\text{NO}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{g})$	$1,6 \cdot 10^{12}$ pada 298K
$\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$	50,2 pada 718 K
$\text{C}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g})$	$1,6 \cdot 10^{-21}$ pada 298K

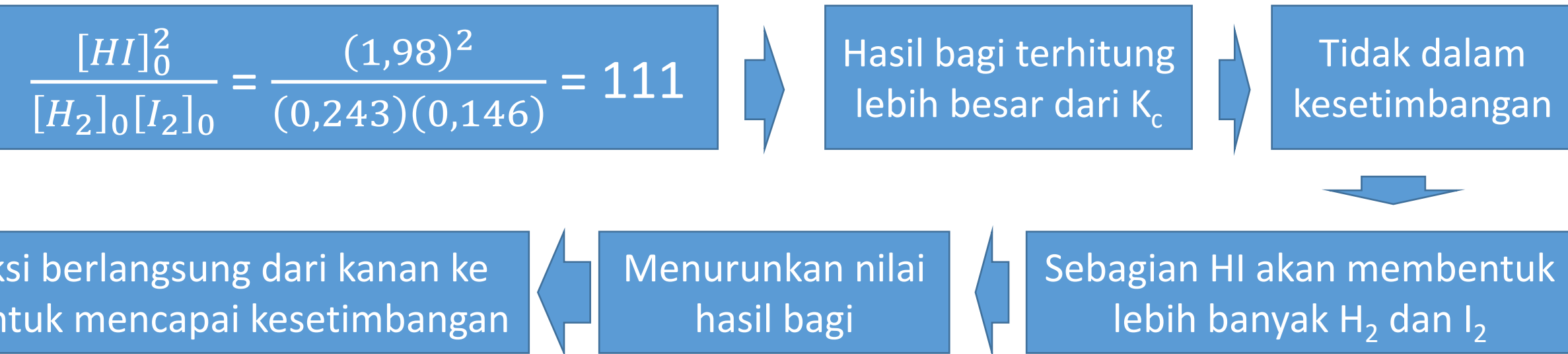
Apa yang dapat diketahui dari Konstanta kesetimbangan?

- Memprediksi arah reaksi

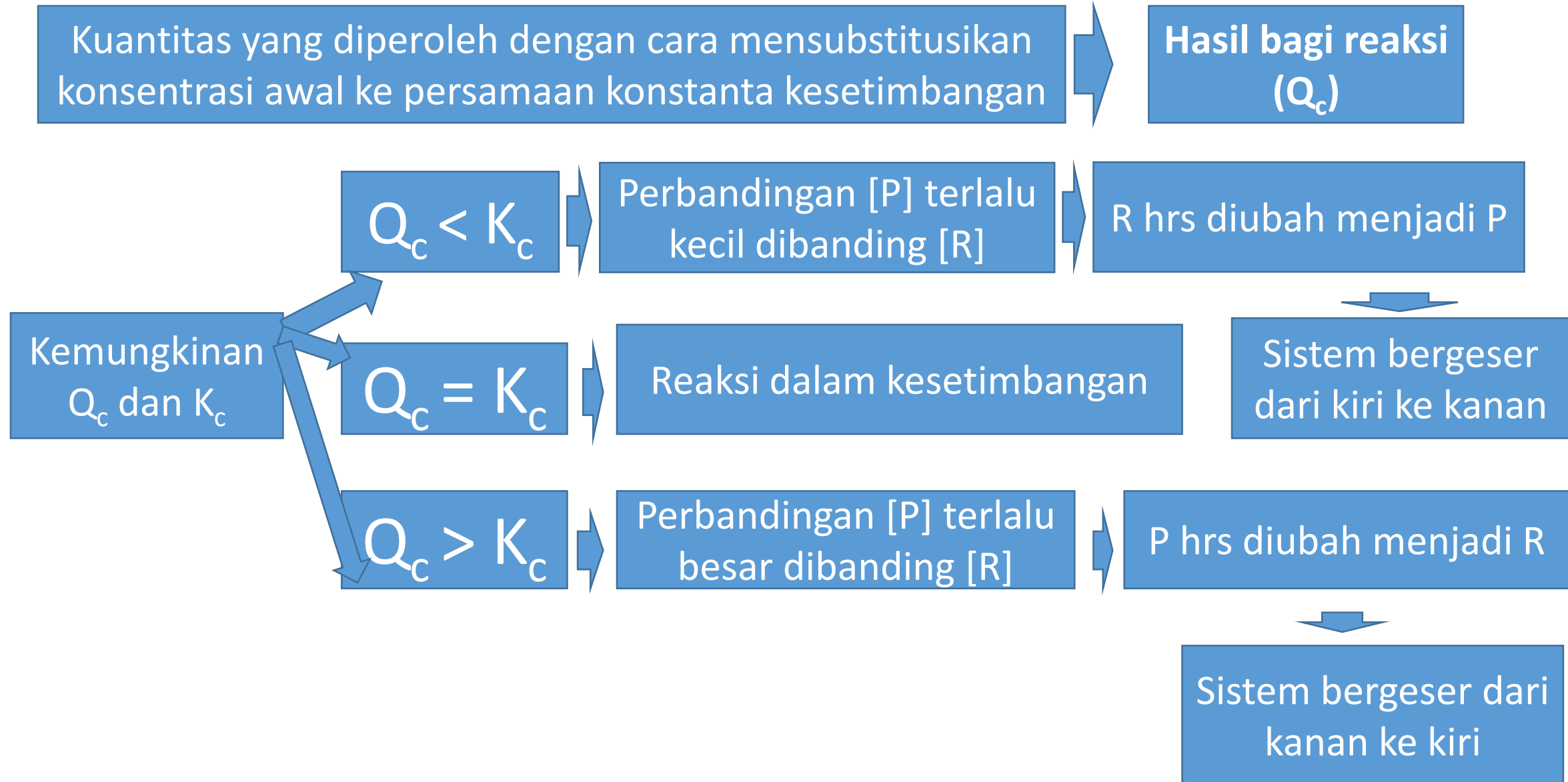
Konstanta kesetimbangan untuk:



Adalah 54,3 pada 430°C, misalkan dalam wadah 1L kita masukkan 0,243 mol H₂, 0,146 mol I₂, dan 1,98 mol HI. Apakah reaksi bersihnya akan membentuk lebih banyak H₂ dan I₂ ataupun HI?



Continued...



Menghitung konsentrasi kesetimbangan

- Jika mengetahui konstanta kesetimbangan tertentu, kita dapat menghitung konsentrasi dalam campuran kesetimbangan dari konsentrasi awalnya.
- Contoh soal:

Campuran 0,500 mol H_2 dan 0,500 mol I_2 dimasukkan dalam labu baja antikarat 1,00 L pada 430°C . Konstanta kesetimbangan K_c untuk reaksi $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$, adalah 54,3. hitunglah konsentrasi H_2 , I_2 , dan HI pada kesetimbangan!

Penyelesaian

Tahap 1

	H_2	+	I_2	2HI
Awal (M)	0,500		0,500	0,000
Perubahan (M)	-x		-x	+2x
Kesetimbangan	(0,500 - x)		(0,500 - x)	2x

Tahap 2 Konstanta kesetimbangannya adalah:

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$$



$$54,3 = \frac{(2x)^2}{(0,500 - x)(0,500 - x)}$$



$$\sqrt{54,3} = \sqrt{\frac{(2x)^2}{(0,500 - x)^2}}$$



$$\mathbf{x = 0,393}$$



$$7,37 = \frac{2x}{0,500 - x}$$

Penyelesaian

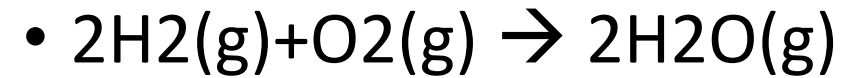
Tahap 3

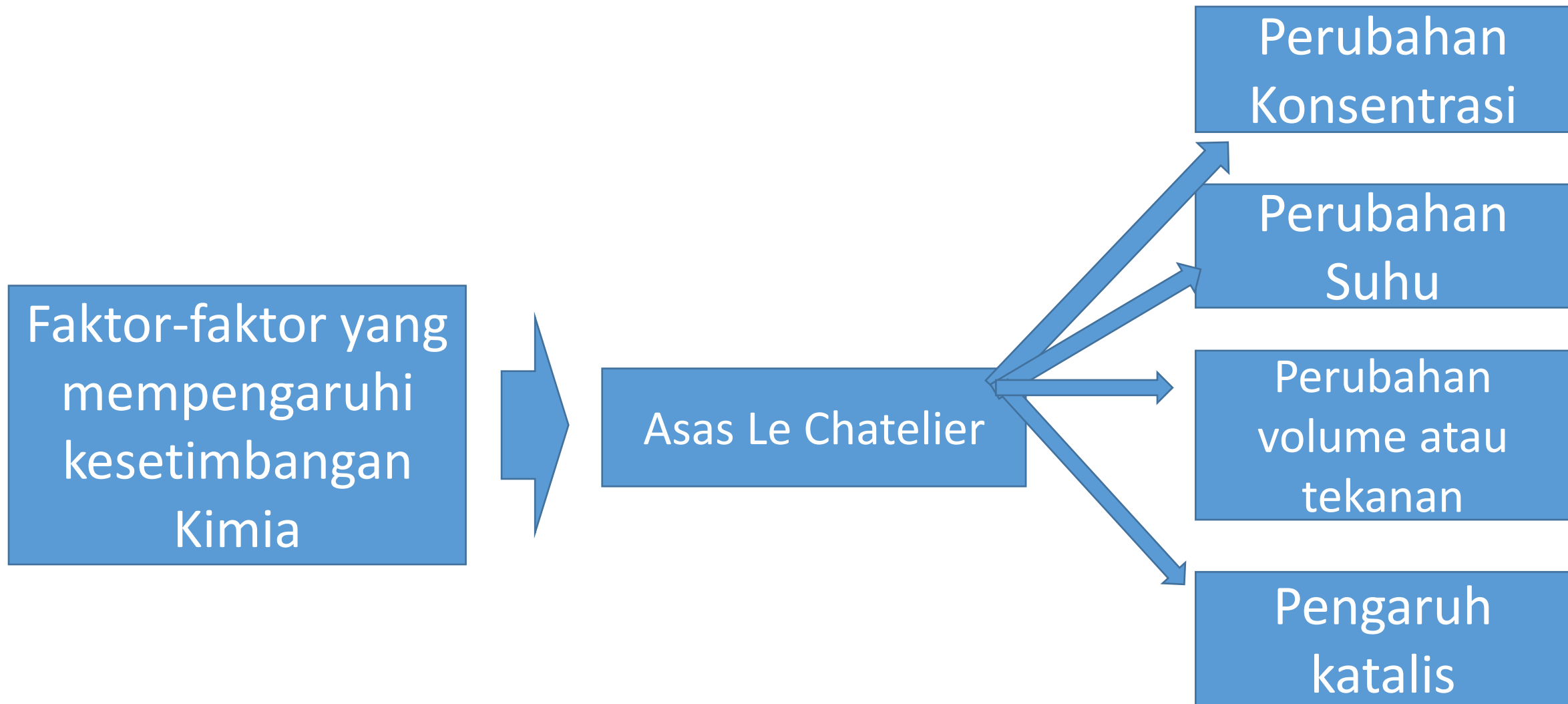
$$\begin{aligned} [\text{H}_2] &= (0,500 - x) \text{ M} \\ &= (0,500 - 0,393) \text{ M} = 0,107 \text{ M} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{I}_2] &= (0,500 - x) \text{ M} \\ &= (0,500 - 0,393) \text{ M} = 0,107 \text{ M} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{HI}] &= 2x \text{ M} \\ &= (2 \times 0,393) \text{ M} = 0,786 \text{ M} \end{aligned}$$

TETAPAN KESETIMBANGAN DAN STOIKIOMETRI





Perubahan konsentrasi

- Penambahan atau pengurangan komponen kesetimbangan mengakibatkan perubahan konsentrasi pada komponen yang lain.
- Arah pergeseran:
 1. Jika salah satu konsentrasi zat ditambah, kesetimbangan bergeser dari arah yang ditambah
 2. Jika salah satu konsentrasi zat dikurangi, kesetimbangan bergeser ke arah yang dikurangi

Pada suhu 440°C, kesetimbangan $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{g})$ mengandung 0,044 mol H_2 , 0,044 mol I_2 , dan 0,310 mol HI dalam ruang 10,01. jika ditambah 0,2 mol HI, maka tentukan:

- arah pergeseran kesetimbangan
- komposisi kesetimbangan setelah pergeseran

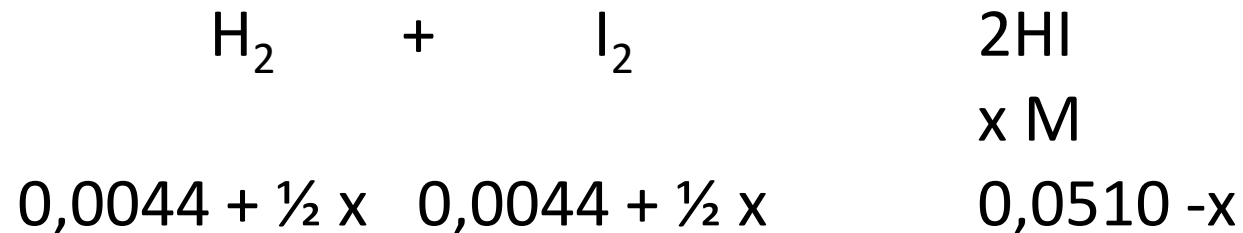
Penyelesaian:

a. Arah pergeseran ke kiri, atau dari HI ke H_2 dan I_2

b. $[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = 0,044 \text{ mol} / 10\text{L} = 0,0044 \text{ M}$; $[\text{HI}] = 0,310 / 10 = 0,0310 \text{ M}$

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{(0,0310)^2}{0,0044 \times 0,0044} = 49,65 \rightarrow [\text{HI}] \text{ setelah ditambah} = 0,0510 \text{ M}$$

Misalkan [HI] yang bergeser = xM, maka komposisi kesetimbangan setelah bergeser:



Lanjutan

$$49,5 = \frac{(0,0510 - x)^2}{\left(0,044 + \frac{1}{2}x\right)^2} \rightarrow x = 0,00433$$

Komposisi kesetimbangan setelah bergeser adalah:

$$\begin{aligned} [\text{HI}] &= 0,0510 - 0,00433 \\ &= 0,04667 \text{ M} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\text{H}_2] = [\text{I}_2] &= 0,0044 + 0,022165 \\ &= 0,006615 \text{ M} \end{aligned}$$

Nilai K_c setelah pergeseran:

$$K_c = \frac{(0,04667)^2}{(0,006615)^2} = 49,65$$

Perubahan Suhu

- Jika system dalam kesetimbangan, kenaikan suhu menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah reaksi endoterm dan penurunan suhu meimbulkan pergeseran ke arah reaksi eksoterm
- bergantung pada nilai perubahan entalpi
- Hanya perubahan suhu yang dapat mengubah nilai konstanta kesetimbangan

Perubahan Tekanan atau Volume

- Bila tekanan kesetimbangan gas diperbesar, kesetimbangan bergeser ke arah molekul yang terkecil, dan sebaliknya, bila tekanan diperkecil, kesetimbangan bergeser ke arah molekul terbesar.

Pengaruh katalis

- Zat kimia yang mempercepat reaksi tetapi tidak bereaksi secara permanen.
- Hanya bias mempercepat satu macam reaksi, dan tidak dapat untuk yang lainnya.
- Jika ada katalis suatu reaksi bolak balik, maka yang dipercepat hanya salah satu arah reaksi saja.