



Hukum Dasar Kimia dan Konsep Mol

A. PENDAHULUAN




 **Hukum dasar kimia** merupakan hukum dasar yang digunakan dalam stoikiometri (perhitungan kimia), antara lain:

- 1) **Hukum Lavoisier** (kekekalan massa)
- 2) **Hukum Proust** (perbandingan tetap)
- 3) **Hukum Dalton** (kelipatan berganda)
- 4) **Hukum Gay-Lussac** (perbandingan volume)
- 5) **Hipotesis Avogadro**


B. HUKUM LAVOISIER (KEKEKALAN MASSA)

 **Hukum Lavoisier** menyatakan kekekalan massa pada reaksi.


Dalam sistem tertutup, massa zat sebelum dan sesudah reaksi adalah tetap.

-  Dalam hal ini, berarti suatu zat yang mengalami reaksi kimia **tidak berubah massa**.
-  Oleh karena itu, reaktan memiliki **massa yang sama** dengan produk yang dihasilkannya.
-  Pada reaksi kimia, terjadi perubahan warna, suhu, pembentukan gas dan endapan.

C. HUKUM PROUST (PERBANDINGAN TETAP)

 **Hukum Proust** menyatakan perbandingan massa pada reaksi.

Perbandingan massa unsur-unsur pembentuk suatu senyawa selalu tetap.


 Suatu zat yang direaksikan akan selalu memiliki **perbandingan yang sama** untuk membentuk suatu senyawa.

Contoh:

Fe^{2+} dengan S^{2-} dalam membentuk FeS , perbandingan keduanya berturut-turut selalu 7 : 4.

Jadi, dalam pembentukan FeS , apabila terdapat Fe sejumlah 7 gram, sudah pasti terdapat S sejumlah 4 gram.

D. HUKUM DALTON (KELIPATAN BERGANDA)

 **Hukum Dalton** menjelaskan bahwa dua unsur atau lebih dapat membentuk lebih dari satu senyawa yang berbeda.


Bila dua unsur dapat membentuk dua senyawa atau lebih, unsur pertama massanya tetap, unsur kedua akan menghasilkan suatu perbandingan bilangan bulat sederhana.


Contoh:

Unsur C dan O dapat membentuk senyawa CO , CO_2 dan CO_3 dengan nilai C tetap. Oleh karena


itu, unsur O pada ketiga senyawa berbanding 1 : 2 : 3.

E. HUKUM GAY-LUSSAC DAN HIPOTESIS AVOGADRO


 **Hukum Gay-Lussac** dan **Avogadro** merupakan hukum yang berkaitan dengan volume gas.

 **Hukum Gay-Lussac** menyatakan perbandingan volume atom-atom pada gas.

Pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas-gas yang terlibat dalam reaksi berbanding sebagai bilangan bulat sederhana.

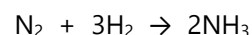
 **Hipotesis Avogadro** menjelaskan bahwa perbandingan tersebut berlaku pula dalam molekul secara keseluruhan.

Pada suhu dan tekanan yang sama, semua gas yang bervolume sama memiliki jumlah molekul yang sama pula.

 Perbandingan volume gas pada kedua hukum ini merupakan **koefisien** dari reaksi tersebut.


Contoh:


Jika 20 L nitrogen direaksikan dengan hidrogen sesuai reaksi berikut,




Perbandingan koefisien reaksinya 1 : 3 : 2, dan volumenya pun memiliki perbandingan sama, jadi volume H_2 60 L, dan volume NH_3 40 L.

F. KONSEP MOL

 **Mol** merupakan satuan yang menunjukkan ukuran jumlah partikel yang ada dalam suatu zat apapun.


 **Nilai mol** dinotasikan dengan L yang disebut sebagai **tetapan Avogadro**.


$$L = 6,02 \times 10^{23} \text{ partikel/atom/molekul}$$

 **Jumlah partikel benda** dapat dicari menggunakan konsep mol, dapat dirumuskan:

$$x = n \cdot L$$

x = jumlah partikel zat
 n = jumlah mol
 L = tetapan Avogadro

 **Massa molar (m_m)** adalah massa penyusun suatu atom/senyawa benda.

 Massa molar dapat ditentukan dengan menjumlahkan A_r penyusun atom atau M_r pada senyawa benda.

Contoh:

CO_2 memiliki M_r 44 gr/mol, karena $A_r \text{ C} = 12$ gr/mol, dan $A_r \text{ O} = 16$ gr/mol.

Dengan menggunakan massa molar dan konsep mol, kita dapat mencari massa nyata suatu atom/senyawa, dapat dirumuskan:

$$m = n \cdot m_m$$

m = massa nyata zat
 n = jumlah mol
 m_m = massa molar (Ar atau Mr)

Volume molar (V_m) adalah volume yang dimiliki oleh gas berdasarkan keadaan ruang yang ditempati gas tersebut.

Pada **Hukum Gay-Lussac** dan **Hipotesis Avogadro**, telah disebutkan bahwa volume gas tidak dilihat dari jenis gas, melainkan keadaan ruang gas.

Nilai volume molar dalam dua keadaan:

1) **STP (Standard Temperature & Pressure)**

STP (keadaan standar) memiliki keadaan dengan suhu 0°C, tekanan 1 atm.

$$V_m = 22,4 \text{ L/mol}$$

2) **RTP (Room Temperature & Pressure)**

RTP (keadaan kamar) memiliki keadaan ruang dengan suhu 25°C, tekanan 1 atm.

$$V_m = 24 \text{ L/mol}$$

Volume nyata gas dalam dua keadaan tersebut dapat dirumuskan:

$$V = n \cdot V_m$$

V = volume nyata gas
 n = jumlah mol
 V_m = volume molar

Apabila gas berada tidak pada keadaan standar (STP) maupun keadaan kamar (RTP), dapat digunakan **persamaan gas ideal** yang dikemukakan oleh Gay-Lussac.

$$V = \frac{nRT}{P} \quad \frac{n_1}{V_1} = \frac{n_2}{V_2}$$

V = volume gas (L)
 n = jumlah mol (mol)
 R = tetapan gas ideal (0,082 L atm/mol K)
 T = suhu mutlak gas (K)
 P = tekanan (atm)

Kemolaran larutan adalah angka yang menunjukkan banyaknya mol tiap 1 liter larutan.

Contoh:

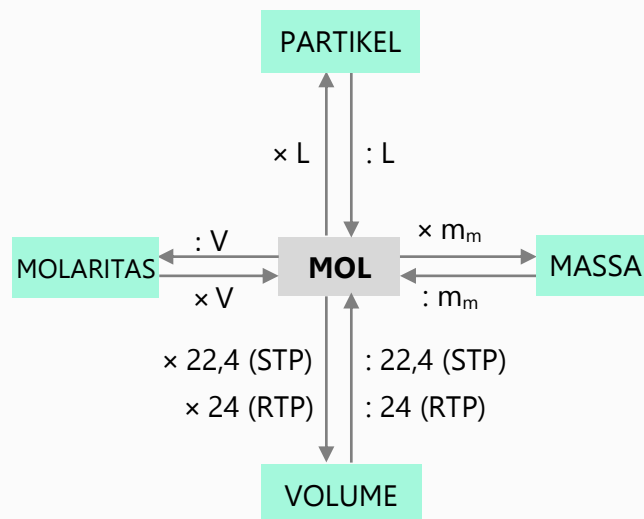
Suatu larutan HCl kemolarannya 1,0 M, berarti terdapat 1 mol HCl dalam 1 liternya.

Jumlah mol dalam larutan dapat dihitung dengan:

$$n = V \cdot M$$

n = jumlah mol (mol)
 V = volume (L)
 M = kemolaran (M)

DIAGRAM KONSEP MOL



G. STOIKIOMETRI REAKSI

Stoikiometri reaksi dapat digunakan untuk menentukan:

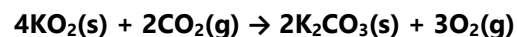
- 1) Mol setiap zat yang ada pada reaksi
- 2) Massa setiap zat yang ada pada reaksi
- 3) Volume setiap zat yang ada pada reaksi
- 4) Massa zat murni yang direaksikan
- 5) Pereaksi pembatas
- 6) Massa dan kadar senyawa dalam campuran yang direaksikan

Prinsip stoikiometri reaksi umum untuk menemukan mol, massa dan volume zat yang direaksikan dan dihasilkan:

- 1) Perbandingan koefisien adalah perbandingan jumlah mol zat dalam reaksi.
- 2) Segala satuan ukuran zat harus dikonversikan ke dalam mol.

Contoh:

KO₂ direaksikan dengan 132 gram CO₂, menurut reaksi:



(Ar K = 39, O = 16, C = 12)

Tentukan:

- a. Jumlah mol gas karbondioksida
- b. Massa kalium superoksida yang direaksikan
- c. Massa kalium karbonat yang dihasilkan
- d. Jumlah liter gas yang dihasilkan jika reaksi terjadi pada suhu 27°C dan tekanan 3 atm

Jawab:

a. $n \text{ CO}_2 = \frac{132}{44} = 3 \text{ mol}$

b. $n \text{ KO}_2 = \frac{4}{2} \times 3 = 6 \text{ mol}$


$m \text{ KO}_2 = 6 \times (39 + 16.2) = 6 \times 71 = 426 \text{ gr}$

c. $n \text{ K}_2\text{CO}_3 = 3 \text{ mol}$

$m \text{ K}_2\text{CO}_3 = 3 \times (39.2 + 12 + 16.3) = 3 \times 138 = 414 \text{ gr}$

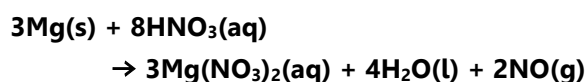
$$d. n_{O_2} = \frac{3}{2} \times 3 = 4,5 \text{ mol}$$

$$V_{O_2} = \frac{4,5 \times 0,082 \times (27+273)}{3} = 36,9 \text{ L}$$

 **Suatu sampel atau cuplikan** unsur dapat diketahui mol dan massa zat murninya bila direaksikan.

Contoh:

Suatu 36 gram cuplikan logam magnesium dengan kemurnian 90% dimasukkan ke dalam larutan asam nitrat 2 M menurut reaksi:



(Ar Mg = 24, H = 1, N = 14, O = 16)

Tentukan:

- Mol Mg murni
- Massa Mg murni
- Volume larutan HNO_3 yang dibutuhkan
- Volume NO yang dihasilkan pada (p,t) dimana massa 1,2 L gas N_2 adalah 1,4 gr

Jawab:

$$a. n_{\text{Mg murni}} = 90\% \times \frac{36}{24} = 1,35 \text{ mol}$$

$$b. m_{\text{Mg murni}} = 1,35 \times 24 = 32,4 \text{ gr}$$

$$c. n_{\text{HNO}_3} = \frac{8}{3} \times 1,35 = 3,6 \text{ mol}$$


$$V_{\text{HNO}_3} = \frac{3,6}{2} = 1,8 \text{ L}$$


$$d. n_{\text{NO}} = \frac{2}{3} \times 1,35 = 0,9 \text{ mol}$$


$$n_{\text{N}_2} = \frac{1,4}{28} = 0,05 \text{ mol}$$

$$\frac{n_{\text{NO}}}{V_{\text{NO}}} = \frac{n_{\text{N}_2}}{V_{\text{N}_2}} \quad \frac{0,9}{V_{\text{NO}}} = \frac{0,05}{1,2}$$

$$V_{\text{NO}} = \frac{0,9 \times 1,2}{0,05} = 21,6 \text{ L}$$

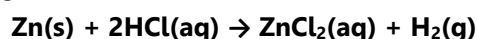
 **Suatu pereaksi berlebih** dalam reaksi akan bersisa karena jumlah zatnya tidak sesuai dengan perbandingan koefisien.

 **Pereaksi pembatas** adalah pereaksi yang habis lebih dahulu bereaksi.

 **Cara menentukan pereaksi pembatas** adalah dengan membagi masing-masing mol zat pereaksi dengan koefisiennya. Nilai yang lebih kecil merupakan pereaksi pembatas.

Contoh:

Pada reaksi berikut, 97,5 gr zink direaksikan dengan 500 mL HCl 4 M.



Tentukan pereaksi pembatas dan massa sisa zat!

$$n_{\text{Zn}} = \frac{97,5}{65} = 1,5 \text{ mol} \quad n_{\text{HCl}} = 0,5 \times 4 = 2 \text{ mol}$$


jumlah zat tidak sama dengan perbandingan koefisien,

$$\text{Zn} : \text{HCl} = \frac{1,5}{1} : \frac{2}{2} = 1,5 : 1$$

maka HCl merupakan pereaksi pembatas.

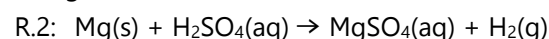
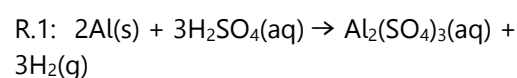
	Zn	+	2HCl	→	ZnCl ₂	+	H ₂
M	1,5 mol		2 mol		-		-
R	1 mol		2 mol		1 mol		1 mol
S	0,5 mol		-		1 mol		1 mol

$$m_{\text{Zn sisa}} = 0,5 \times 65 = 32,5 \text{ gr}$$

 **Suatu campuran** dua senyawa atau lebih dapat diketahui massa dan kadarnya bila direaksikan.

Contoh:

Campuran logam Al dan Mg seberat 10,2 gr larut dalam larutan H_2SO_4 2 M sebanyak 250 mL menurut dua reaksi:



(Ar Al = 27, S = 32, Mg = 24)

Tentukan:

- Jumlah mol asam sulfat total
- Massa Al dan Mg dalam campuran
- Kadar Al dan Mg dalam campuran

Jawab:

$$a. n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2 \times 0,25 = 0,5 \text{ mol}$$

b. Kita misalkan massa Al dan Mg dengan:

$$m_{\text{Al}} = a \text{ gr}$$

$$m_{\text{Mg}} = 10,2 - a \text{ gr}$$

Dengan itu, didapat mol Al dan Mg:

$$n_{\text{Al}} = \frac{a}{27} \text{ mol} \quad n_{\text{Mg}} = \frac{10,2 - a}{24} \text{ mol}$$

Kemudian mol H_2SO_4 tiap reaksi dapat dihitung menurut perbandingan koefisien:

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ R.1}} = \frac{3}{2} \times \frac{a}{27} = \frac{a}{18} \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ R.2}} = \frac{10,2 - a}{24} \text{ mol}$$

Penjumlahan kedua mol H_2SO_4 diatas memiliki hasil 0,5 mol, maka:

$$\frac{a}{18} + \frac{10,2 - a}{24} = 0,5$$

$$4a + 3(10,2 - a) = 36$$

$$4a + 30,6 - 3a = 36$$

$$a = 5,4$$

Maka massa Al dan Mg adalah:

$$m_{\text{Al}} = a = 5,4 \text{ gr}$$

$$m_{\text{Mg}} = 10,2 - a = 4,8 \text{ gr}$$


$$c. \% \text{ Al} = \frac{5,4}{10,2} \times 100\% = 52,94\%$$


$$\% \text{ Mg} = 100\% - 52,94\% = 47,06\%$$

H. STOIKIOMETRI SENYAWA

 **Stoikiometri senyawa** dapat digunakan untuk menentukan:

- 1) Rumus empiris dan rumus molekul
- 2) Massa dan kadar unsur dalam senyawa
- 3) Rumus kimia senyawa hidrat

 **Rumus molekul** adalah rumus senyawa yang nyata sesuai dengan jumlah atom-atom unsur penyusun senyawa.

 **Rumus empiris** adalah rumus perbandingan paling sederhana dari atom-atom unsur penyusun senyawa.

Contoh: Rumus molekul $C_6H_{12}O_6$ mempunyai rumus empiris CH_2O .

Contoh 1:

Tentukan rumus empiris dan rumus molekul senyawa yang mengandung 29,11% D, 40,51% E, dan 30,38% F dan memiliki $Mr = 316$.

(Ar D = 23, E = 32, F = 16)

Jawab:

$$\begin{aligned} D : E : F &= \frac{29,11}{23} : \frac{40,51}{32} : \frac{30,38}{16} \\ &= 40,5 : 40,5 : 60,76 \\ &= 2 : 2 : 3 \end{aligned}$$

Maka, rumus empiris adalah $D_2E_2F_3$.

$$(D_2E_2F_3)_x = 316$$

$$(23 \times 2 + 32 \times 2 + 16 \times 3)x = 316$$

$$158x = 316$$

$$x = 2$$

Maka, rumus molekul adalah $(D_2E_2F_3)_2$ atau

$D_4E_4F_6$.

Contoh 2:

Pada pembakaran sempurna 13,5 gr $C_xH_yO_z$, diperoleh 19,8 gr CO_2 dan 8,1 gr H_2O . Jika Mr $C_xH_yO_z = 180$, tentukan rumus molekul $C_xH_yO_z$!

(Ar C=12, H=1, O=16)

Jawab:

$$12x + y + 16z = 180$$

$$\begin{aligned} C_xH_yO_z : CO_2 : H_2O &= \frac{13,5}{180} : \frac{19,8}{44} : \frac{8,1}{18} \\ &= 0,075 : 0,45 : 0,45 \\ &= 1 : 6 : 6 \end{aligned}$$

Jumlah atom C:

$$C_x = 6.C \quad x = 6$$

Jumlah atom H:


$$H_y = 6.H_2 \quad y = 12$$

Jumlah atom oksigen:


$$(12 \cdot 6) + (12) + 16z = 180$$

$$16z = 96 \quad z = 6$$


Maka, rumus molekul adalah $C_6H_{12}O_6$.

 **Massa unsur** dalam suatu senyawa dapat dihitung:

$$m X = \frac{\text{indeks} \times \text{Ar } X}{\text{Mr } X} \times m \text{ total}$$

 **Kadar unsur** dalam suatu senyawa dapat dihitung:

$$\% X = \frac{\text{indeks} \times \text{Ar } X}{\text{Mr } X} \times 100\%$$

 **Senyawa hidrat** adalah senyawa berbentuk padat yang mengikat beberapa molekul air sebagai bagian dari struktur kristalnya.

Contoh: Garam Inggris dengan rumus hidrat $MgSO_4 \cdot 7H_2O$.

Contoh:

Tentukan rumus kimia hidrat 1 gram senyawa $CuSO_4 \cdot xH_2O$ yang bila dipanaskan menghasilkan 0,64 gram padatan!

Jawab:

Reaksi yang terjadi adalah:



$$1 \text{ gr} \quad \quad \quad 0,64 \text{ gr} \quad \quad \quad 0,36 \text{ gr}$$

$$CuSO_4 : H_2O = 1 : x$$

$$\frac{0,64}{160} : \frac{0,36}{18} = 1 : x$$

$$0,64 : 3,2 = 1 : x$$

$$x = \frac{3,2}{0,64} = 5$$

Maka rumus kimia hidrat adalah $CuSO_4 \cdot 5H_2O$