

Stoikiometri

A. Konsep Mol

Stoikiometri: *stoicheion* → unsur/ partikel , *metron* → perhitungan

Rumus Mol

$$\text{mol}(n) = \frac{\text{jumlah partikel}}{6,02 \cdot 10^{23}} = \frac{\text{massa(gram)}}{\text{Ar(Mr)}} = \frac{V_{\text{gas STP(liter)}}}{22,4}$$

$$\text{mol}(n) = \frac{\text{massa unsur A}}{\text{Ar unsur A}} = \frac{\text{massa molekul AB}}{\text{Mr molekul AB}} = V \times M$$

Keterangan:

n = mol; $6,02 \times 10^{23}$ = bilangan Avogadro; Mr = massa molekul relatif;
Ar = massa atomi relatif; V = volume larutan dalam liter;
M = konsetrasii larutan dalam Molar

Kondisi Standar

Standard Temperatur and Pressure (STP) suhu 0°C , tekanan 1 atm.

$$1 \text{ mol gas} = 22,4 \text{ liter} \rightarrow n = \frac{\text{Volume gas}}{22,4}$$

Kondisi Bukan Standar

→ Rumus Gas Ideal:

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

Kondisi Suhu dan Tekanan Sama (P,T)

$$\frac{n_{\text{gas A}}}{n_{\text{gas B}}} = \frac{\text{volume gas A}}{\text{volume gas B}}$$

B. Hukum Dasar Kimia

Hukum Lavoisier (Kekakalan Massa)

Massa sebelum reaksi = massa setelah reaksi. Bila ada yang lebih ada sisa

Contoh:

3 gram gas hidrogen (H) yang bereaksi dengan 24 gram gas oksigen (O) akan membentuk 27 gram air (H_2O)

Hukum Proust (Ketetapan Perbandingan):

Perbandingan berat unsur-unsur dalam suatu senyawa selalu tetap

Contoh:

H ₂	O ₂	H ₂ O	Keterangan
1 gr	8 gr	9 gr	
2 gr	8 gr	9 gr	sisa H ₂ = 1 gr
2 gr	17 gr	18 gr	sisa O ₂ = 1 gr
4 gr	25 gr	27 gr	sisa H ₂ = 1 gr, sisa O ₂ = 1 gr

Hidrogen (H) akan bereaksi dengan oksigen (O) membentuk molekul air (H₂O) dengan perbandingan massa selalu 1 : 8.

Hukum Dalton (Perbandingan Berganda)

Bila unsur-unsur dapat bereaksi membentuk lebih dari satu macam senyawa, maka perbandingan berat atau jumlahnya merupakan bilangan bulat dan sederhana

Contoh:

Molekul air (H_2O) massa hidrogen dengan massa oksigen akan berbanding 1 : 8. sedangkan dalam hidrogen perioksida (H_2O_2) perbandingan massa hidrogen dengan massa oksigen 1 : 16.

$$\text{Perbandingan H : O dalam } \text{H}_2\text{O} = 2 : 16 = 1 : 8$$

$$\text{Perbandingan H : O dalam } \text{H}_2\text{O}_2 = 2 : 32 = 1 : 16$$

Dalam hidrogen yang sama massanya dapat bersenyawa dengan oksigen yang massanya berbanding sebagai 8 : 16 atau 1 : 2.

Hukum Gay Lussac (Perbandingan Volume)

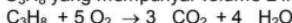
Perbandingan volume-volume gas-gas yang bereaksi membentuk satu senyawa selalu tetap

$$\text{koefisien gas}_A = \frac{\text{volume gas}_A}{\text{volume gas}_B}$$

$$\text{koefisien gas}_B = \frac{\text{volume gas}_B}{\text{volume gas}_A}$$

Contoh:

Gas propana C_3H_8 yang mempunyai volume 2 liter dibakar sempurna



$$\underline{\text{Oksigen yg dibutuhkan: vol. O}_2} = \frac{\text{koef O}_2}{\text{koef C}_3\text{H}_8} \times \text{vol C}_3\text{H}_8 = \frac{5}{1} \times 2 = 10 \text{L}$$

$$\underline{\text{Karbon dioksida yang terbentuk: vol. CO}_2} = \frac{\text{koef CO}_2}{\text{koef C}_3\text{H}_8} \times \text{vol C}_3\text{H}_8 = \frac{3}{1} \times 2 = 6 \text{L}$$

$$\underline{\text{Uap air yang terbentuk: vol. H}_2\text{O}} = \frac{\text{koef CO}_2}{\text{koef C}_3\text{H}_8} \times \text{vol C}_3\text{H}_8 = \frac{4}{1} \times 2 = 8 \text{L}$$

$$\text{Perbandingan koefisien} = \text{C}_3\text{H}_8 : \text{O}_2 : \text{CO}_2 : \text{H}_2\text{O} = 1 : 5 : 3 : 4$$

$$\text{Perbandingan volume} = \text{C}_3\text{H}_8 : \text{O}_2 : \text{CO}_2 : \text{H}_2\text{O} = 2 : 10 : 6 : 8 = 1 : 5 : 3 : 4$$

Hukum Avogadro

Gas-gas volume sama akan mempunyai jumlah molekul yang sama jika diukur pada suhu dan tekanan yang sama. Dalam 1 mol zat mengandung $6,02 \times 10^{23}$ partikel, yang disebut dengan bilangan Avogadro.

$$\frac{\text{mol gas}_A}{\text{mol gas}_B} = \frac{\text{volume gas}_A}{\text{volume gas}_B}$$

Contoh:

Jika diketahui air bervolume 250 ml, tentukan jumlah partikel uap air tersebut, di mana gas CO_2 bermassa 2,2 gram mempunyai volume 500 ml pada kondisi yang sama!

Jawab:

$$\frac{n\text{H}_2\text{O}}{n\text{CO}_2} = \frac{\text{vol. H}_2\text{O}}{\text{vol. CO}_2} \Leftrightarrow \frac{n\text{H}_2\text{O}}{2,2} = \frac{250}{500} \Leftrightarrow n\text{ H}_2\text{O} = \frac{1}{2} \times \frac{2,2}{44} = 0,025 \text{ mol}$$

$$\text{Jumlah partikel H}_2\text{O} = 0,025 \times 6,02 \times 10^{23} = 0,1505 \times 10^{23} = 1,505 \times 10^{22} \text{ partikel}$$

Hukum Boyle (Ketetapan Hasil Kali tekanan dan volume)

Hasil kali tekanan gas dan volume gas akan selalu tetap jika diukur pada suhu dan tekanan yang sama.

$$P_A \times V_A = P_B \times V_B$$

Hukum Boyle- Gay Lussac

Hasil kali tekanan gas dan volume gas akan selalu tetap jika dibagi suhu mutlak.

$$\frac{P_A \times V_A}{T_A} = \frac{P_B \times V_B}{T_B}$$

Contoh:

Tentukanlah volume 2 gram gas metana dalam tekanan 1 atm dan suhu 27⁰ C, jika diketahui Mr metanan = 16

Jawab: Mol metana = 2/16 mol = 0,125 mol

$$PV = nRT \rightarrow V = \frac{nRT}{P} = \frac{0,125 \times 0,08205 \times (27 + 273)}{1\text{atm}} = 3,076 \text{ L}$$

C. Rumus Empiris dan Rumus Molekul

Rumus Empiris

Mol zat A : Mol zat B : Mol zat C

Contoh:

Suatu senyawa mengandung 64,8 gram natrium; 45,2 gram belerang dan 90 gram oksigen. Jika Ar N = 23, Ar S = 32, dan Ar O = 16, apa rumus empiris senyawanya?

Jawab: mol Na: mol S: mol O $\rightarrow \frac{64,8}{23} : \frac{45,2}{32} : \frac{90}{16} = 2,8 : 1,4 : 5,6 = 2 : 1 : 4$

Jadi, rumus empiris senyawa adalah Na₂SO₄

Rumus Molekul

Rumus molekul adalah kelipatan dari rumus empiris atau RM = (RE) n

Contoh:

200 gram suatu organik mempunyai massa molekul relatif = 180, senyawa ini terdiri dari 40% karbon, 6,6% hidrogen dan sisanya oksigen. Jika Ar C = 12, Ar H = 1, dan Ar O = 16 maka apa rumus molekul dari senyawa ini?

Penyelesaian:

$$\text{massa C} = 40/100 \times 200 \text{ gr} = 80 \text{ gr} \quad \text{massa H} = 6,6/100 \times 200 \text{ gr} = 13,2 \text{ gr}$$

$$\text{massa O} = 200 - (80 + 13,2) = 106,8 \text{ gram}$$

$$\text{mol C: mol H: mol O} \rightarrow \frac{80}{12} : \frac{13,2}{1} : \frac{106,8}{16} \rightarrow 6,67 : 13,2 : 6,67 \rightarrow 1 : 2 : 1$$

Rumus empiris senyawa CH₂O → Rumus molekul (CH₂O)_n

$$(\text{Ar C} \times n) + (2 \cdot \text{Ar H} \times n) + (\text{Ar O} \times n) = \text{Mr senyawa}$$

$$\rightarrow 12n + 2n + 16n = 180 \Leftrightarrow 30n = 180 \Leftrightarrow n = 6 \rightarrow \text{Rumus molekulnya} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

D. Masa Atom Relatif dan Massa Molekul Relatif

Massa Atom Relatif (Ar)

$$Ar \text{ unsur A} = \frac{\text{massarata - rata atom unsur A}}{\frac{1}{2} \text{ massa atom unsur } ^{12}\text{C}}$$

Contoh:

Diketahui massa 1 atom unsur magnesium adalah $4,037 \times 10^{-23}$ gram, massa 1 atom unsur C-12 adalah $1,993 \times 10^{-23}$ gram. Hitung massa atom unsur magnesium tersebut!

Penyelesaian:

$$Ar \text{ unsur Mg} = \frac{\text{massarata - rata atom unsur Mg}}{\frac{1}{2} \text{ massa atom unsur } ^{12}\text{C}} = \frac{4,037 \times 10^{-23} \text{ gram}}{\frac{1}{2} \times 1,993 \times 10^{-23} \text{ gram}} = 24,307$$

Jadi massa atom relatif unsur magnesium = 24,307

Menentukan Masa Atom Relatif dari Isotop-Isotop di Alam

$$Ar \text{ x} = \frac{\%k.x_1.\text{Ar } x_1 + \%k.x_2.\text{Ar } x_2 + \dots + \%k.x_n.\text{Ar } x_n}{100\%} \quad k = \text{kelimpahan}$$

Contoh:

Unsur klor di alam terdapat dalam ^{35}Cl dan ^{37}Cl . Hitung kelimpahan isotop ^{35}Cl ?

Diketahui massa atom relatif Cl = 35,5

Penyelesaian:

Misal kel. $^{35}\text{Cl} = x\%$, maka kelimpahan $^{37}\text{Cl} = (100 - x)\%$.

$$35,5 = \frac{x\%.35 + (100 - x)\%.37}{100\%} \rightarrow 3550 = 35x + 3700 - 37x \rightarrow 2x = 150 \rightarrow x = 75$$

Kelimpahan isotop ^{35}Cl adalah 75

Massa molekul Relatif (Mr)

$$Mr \text{ senyawa AB} = \frac{\text{massarata - rata senyawa unsur AB}}{\frac{1}{2} \text{ massa atom unsur } ^{12}\text{C}}$$

Contoh:

Massa 1 molekul senyawa $\text{CO}_2 = 7,33 \times 10^{-23}$ gram, massa 1 atom unsur C-12 = $1,993 \times 10^{-23}$ gram. Berapa massa molekul relatif senyawa tersebut?

$$Mr \text{ senyawa CO}_2 = \frac{7,33 \times 10^{-23} \text{ gram}}{\frac{1}{2} \times 1,993 \times 10^{-23} \text{ gram}} = 44,13$$

Menentukan Massa Molekul Relatif dari Massa Atom Relatif

Contoh:

Berapakah massa molekul relatif senyawa CH_3COOH , jika diketahui Ar H = 1, Ar C = 12, Ar O = 16?

Penyelesaian:

$$Mr \text{ CH}_3\text{COOH} = 2.\text{Ar C} + 4.\text{Ar H} + 2.\text{Ar O} = 2.12 + 4.1 + 2.16 = 24 + 4 + 32 = 60$$

E. Air Kristal

Air kristal (hidrat) adalah air yang terikat pada suatu kristal senyawa tertentu dengan perbandingan molekul yang tertentu pula. Air ini dapat dibebaskan melalui pemanasan.
Contoh air kristal: CuSO₄.5H₂O, FeSO₄, 7H₂O, CaSO₄, 2H₂O, dsb.

Contoh:

Suatu air kristal CuSO₄.kH₂O bermassa 300 gram mengandung 36% air. Apa rumus senyawa kristal tersebut, jika diketahui Ar Cu = 63,5; Ar S = 32; Ar O = 16, Ar H = 1!

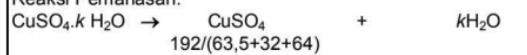
Penyelesaian:

Massa CuSO₄.kH₂O = 300 gram

Massa CuSO₄ = 64% \Rightarrow massa CuSO₄ = (64/100) x 300 gr = 192 gr

Massa H₂O = 36 % \Rightarrow massa H₂O = (36/100) x 300 = 108 gr

Reaksi Pemanasan:



$$1,2 \text{ mol} \quad \quad \quad 1,2 \text{ mol} \quad \quad \quad 1,2 \text{ k mol}$$

$$\text{Maka H}_2\text{O} \rightarrow 1,2k = \frac{108}{18} \Leftrightarrow k = \frac{108}{18 \times 1,2} = 4,95 = 5$$

Sehingga rumus senyawa kristal tersebut adalah: CuSO₄.5H₂O

F. Perhitungan Kimia

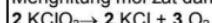
Berapa gram kalium klorida dan oksigen yang terbentuk dan berapa volume oksigen dari reaksi penguraian 49 gram kalium klorat menjadi kalium klorida dan oksigen jika diukur pada keadaan standar. Tentukan pula volume oksigen jika diukur pada keadaan di mana 2,8 gram gas nitrogen mempunyai volume 100 mililiter! Diketahui; Ar K = 39; Ar Cl = 35,5; Ar O = 16; Ar N = 14.

Penyelesaian:

Membuat persamaan reaksi lengkap dengan koefisien yang tepat:



Menghitung mol zat dari dat yang diketahui dengan rumus yang sesuai:



$$\text{Mr KClO}_3 = \text{Ar K} + \text{Ar Cl} + 3 \text{ Ar O} = 39 + 35,5 + (3 \times 16) = 122,5$$

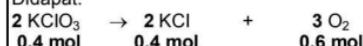
$$\text{Mol KClO}_3 = \frac{\text{massa KClO}_3}{\text{Mr KClO}_3} = \frac{49}{122,5} = 0,4 \text{ mol}$$

Menentukan mol zat yang ditanyakan berdasarkan pada perbandingan koefisien reaksi:

$$\text{mol KCl} = \frac{\text{koef.KCl}}{\text{koef.KClO}_3} \times \text{mol KClO}_3 = \frac{2}{2} \times 0,4 \text{ mol} = 0,4 \text{ mol} \text{ mol O}_2$$

$$= \frac{\text{koef.O}_2}{\text{koef.KClO}_3} \times \text{mol.KClO}_3 = \frac{3}{2} \times 0,4 \text{ mol} = 0,6 \text{ mol}$$

Didapat:



Menghitung massa dan volume:

$$\text{massa KCl} = \text{mol KCl} \times \text{Mr KCl} = 0,4 \times (39 + 35,5) = 0,4 \times 74,5 = 29,8 \text{ gram}$$

$$\text{massa O}_2 = \text{mol O}_2 \times \text{Mr O}_2 = 0,6 \times (2 \times 16) = 0,6 \times 32 = 19,2 \text{ gram}$$

$$\text{massa KCl} + \text{massa O}_2 = 29,8 \text{ gram} + 19,2 \text{ Gram} = \mathbf{49 \text{ gram}} \text{ (massa KClO}_3)$$

Volume oksigen:

Pada STP 1 mol gas = 22,4 liter

$$\text{Volume O}_2 \text{ pada STP} = \frac{0,6}{1} \times 22,4 \text{ liter} = 13,44 \text{ liter}$$

volume oksigen pada keadaan 2,8 gram gas nitrogen mempunyai volume 100 mililiter:

$$n \text{ gas O}_2 = \frac{\text{vol} \cdot \text{O}_2}{\text{volume N}_2} \Leftrightarrow \frac{0,6}{2,8} = \frac{\text{vol} \cdot \text{O}_2}{100 \text{ mL}} \Leftrightarrow \text{volume O}_2 = \frac{0,6}{0,1} \times 100 \text{ mL} = 600 \text{ mililiter}$$