

7

STOIKIOMETRI

Istilah STOIKIOMETRI berasal dari kata-kata Yunani yaitu **Stoicheion (partikel)** dan **metron (pengukuran)**. STOIKIOMETRI akhirnya mengacu kepada cara perhitungan dan pengukuran zat serta campuran Kimia.

7.1. BILANGAN AVOGADRO

Pengukuran STOIKIOMETRI merupakan pengukuran kuantitatif sehingga perlu ditetapkan suatu hubungan yang dapat mencakup jumlah relatif atom-atom, ion-ion atau molekul-molekul suatu zat.

Penghitungan massa atom dapat dilakukan dengan cara membandingkan massa sejumlah besar atom dari suatu unsur dengan sejumlah atom yang sama dari massa atom baku yaitu karbon (${}^{12}_6\text{C}$). Pada massa sejumlah 12.000 gram dari ${}^{12}_6\text{C}$ mumi terdapat sebanyak $6,0225 \cdot 10^{23}$ atom. Jumlah atom ini disebut '**Bilangan Avogadro**' dengan simbol yang lazim **NA**.

$$\text{Massa 1 mol atom } {}^{12}\text{C} = \text{NA} \times \text{massa 1 atom } {}^{12}\text{C}$$

$$12 \text{ gram/mol} = \text{NA} \times 12 \text{ U}$$

$$\begin{aligned}
 \text{NA} &= \frac{1 \text{ g/mol}}{1 \text{ U}} \\
 &= \frac{1 \text{ g/mol}}{1,66057 \cdot 10^{-27} \cdot 10^3 \text{ g/kg}}
 \end{aligned}$$

dengan : u : satuan massa atom =
 : 1 u = 1,66070 · 10⁻²⁷ kg
 : ¹/₁₂ massa satu atom ¹²C
 sehingga massa satu atom ¹²₆C = 12 u

7.2. MASSA ATOM dan MASSA MOLEKUL

7.2.1. Massa Atom

Nilai massa atom relatif diperoleh dengan membandingkan massa suatu atom dengan massa atom yang lain. Sebagai pembanding (patokan) ditetapkan sebesar ¹/₁₂ dari massa satu atom C-12. Jadi massa atom relatif (simbol : Ar) dari suatu unsur

$$\text{Ar unsur X} = \frac{\text{massa 1 atom unsur X}}{\frac{1}{12} \text{ massa 1 atom C-12}}$$

7.2.2. Massa Molekul

Nilai massa molekul (simbol : Mr) merupakan perbandingan massa molekul zat dengan ¹/₁₂ massa 1 atom C-12.

$$\text{Mr zat X} = \frac{\text{massa 1 molekul zat X}}{\frac{1}{12} \text{ massa 1 atom C-12}}$$

Massa molekul relatif suatu zat sama dengan jumlah massa atom relatif atom-atom penyusun molekul zat tersebut.

Contoh Soal 7.1.

Berapakah partikel atom yang terdapat dalam 2,5 mol atom ²³₁₁Na?

Jawab : - 2,5 mol ²³₁₁Na x Bilangan Avogadro

$$- 2,5 \times 6,0225 \cdot 10^{23} = 15,05625 \cdot 10^{23} \text{ partikel atom } \supset_{11}^{23} \text{Na}$$

Contoh Soal 7.2.

Berdasarkan analisis spektrometer massa, kelimpahan relatif berbagai isotop Silikon di alam adalah sbb : 92,23 % ^{28}Si , 4,67 % ^{29}Si , dan 3,10 % ^{30}Si . Hitunglah massa atom relatif Silikon berdasarkan data tersebut.

Jawab : – Nilai massa atom relatif merupakan nilai rata-rata ketiga isotop.

$$\begin{aligned} \text{Ar Si} &= (0,9223 \times 28) + (0,0467 \times 29) + (0,0310 \times 30) \\ &= 25,8244 + 1,3543 + 0,93 \\ &= 28,1087 \end{aligned}$$

Contoh Soal 7.3.

Berapakah massa molekul relatif CuSO_4 ?

Jawab :

Massa molekul relatif merupakan jumlah massa atom relatif atom-atom penyusun senyawa. jadi :

$$\begin{aligned} \text{Mr} &= (\text{N} \cdot \text{Ar Cu}) + (\text{n} \cdot \text{Ar S}) + (\text{n} \cdot \text{Ar O}) \\ &= (1 \cdot 63,546) + (1 \cdot 32,06) + (4 \cdot 15,9994) \\ &= 159,6036 \end{aligned}$$

7.3. KONSEP MOL

Untuk menyatakan jumlah penyusun suatu zat, dipergunakan suatu satuan jumlah zat yaitu : **mol**. Satu mol zat ialah **sejumlah zat yang mengandung $6,0225 \cdot 10^{23}$ butir partikel** (sejumlah bilangan Avogadro). Jadi bilangan Avogadro merupakan 'faktor penghubungA' antara jumlah mol zat dengan jumlah partikel yang dikandung zat.

$$\text{Jumlah mol} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{\text{Bilangan Avogadro}} = \frac{\text{Jumlah partikel}}{6,0025 \cdot 10^{23}}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa 1 mol suatu zat} &= \text{massa molekul dalam satuan gram} \\ &= \text{Mr} \times 1 \text{ gram} \end{aligned}$$

Massa dari 1 mol atom disebut massa molar, misalnya 1 mol atom klor mempunyai massa molar ; 35,435 g Cl/mol Cl.

Contoh Soal 7.4.

Berapa molkah sebungkah besi murni yang ketika diuji massanya mempunyai massa : 215 gram ?

Jawab : Bila diketahui massa molar besi (Fe) : 56 gram Fe/mol Fe.

Artinya setiap 56 gram Fe merupakan 1 mol Fe.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah mol zat} &= \frac{\text{massa zat}}{\text{massa molar zat}} \\ &= \frac{215 \text{ gram}}{56 \text{ gram/mol}} = 3,62 \end{aligned}$$

Contoh Soal 7.5.

Suatu contoh CdCl_2 sebanyak 1,5276 gram direaksikan sehingga terbentuk suatu logam Kadmium dan senyawa bebas Kadmium. Apabila massa logam Kadmium : 0,9367 gram dan massa molar Klor dianggap 35,453 gram Cl/mol Cl , berapakah massa molar Cd dalam reaksi ini?

Jawab : Senyawa CdCl_2 mempunyai massa : 1,5276 gram
 Massa Cd dalam CdCl_2 : 0,9367 gram
 Jadi massa Cl dalam CdCl_2 : 0,5909 gram

$$\begin{aligned} \text{Jumlah mol Cl} &= \frac{\text{massa Cl}}{\text{massa molar Cl}} \\ &= \frac{0,5909 \text{ gram}}{35,453 \text{ g/mol}} = 0,01667 \text{ mol} \end{aligned}$$

Dari rumus molekul CdCl_2 ternyata bahwa jumlah mol Cd dan Cl berbanding 1 : 2 = sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah mol Cd} &= \frac{1}{2} \cdot \text{mol Cl} = \frac{1}{2} \cdot 0,01667 \text{ mol} \\ &= 0,008335 \text{ mol.} \end{aligned}$$

Massa atom relatif Kadmium = massa molar kadmium, yaitu :

$$\begin{aligned} \text{massa molar zat} &= \frac{\text{massa zat}}{\text{Jumlah mol zat}} \\ &= \frac{0,9367 \text{ g}}{0,008335 \text{ mol}} \\ &= 112,41 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

Jadi massa atom relatif 1 mol Kadmium : 112,41 g/mol

7.4. REAKSI KIMIA DALAM LARUTAN

Beberapa pereaksi dan hasil reaksi dapat berada dalam bentuk larutan. Larutan (solurion) sesungguhnya ditentukan oleh komponen-komponennya.

- yaitu :
- Pelarut (solvent) : merupakan substansi yang melarutkan zat. Komponen ini menentukan wujud larutan sebagai gas, padatan atau sebagai zat cair.
 - Zar terlarut (solute) : merupakan substansi yang terlarut dalam solvent.

Misalnya bila tertulis : NaCl (aqueous) maka artinya NaCl sebagai solute dan aqua atau H₂O sebagai solvent.

7.4.1. Konsentrasi Larutan dalam Satuan Fisika

7.4.1.1. Jumlah solute per satuan volume larutan

Menyatakan jumlah/banyaknya zat terlarut tiap satu satuan volume larutan. Misalnya pernyataan konsentrasi : 20 gram KCl/l solution, artinya terdapat 20 gram KCl untuk setiap 1 liter larutan.

Contoh soal 7.5.

Bagaimana kita dapat membuat larutan AgNO₃ (aqueous) sebanyak 60 cm³ dengan larutan AgNO₃ tersebut harus mengandung 0,03 g AgNO₃ tiap cm³?

Jawab : Karena untuk 1 cm³ harus mengandung 0,03 g AgNO₃, untuk 60cm³ diperlukan : $60 \times 0,03 \text{ g AgNO}_3 = 1,8 \text{ g AgNO}_3$. Jadi larutkan 1,8 g AgNO₃ dalam wadah labu ukur, aduk hingga semua zat AgNO₃ terlarut dalam 50cm³ aquadest. Setelah homogen tambahkan aquadest lagi hingga larutan mencapai volume 60cm³.

7.4.1.2. Persentase Komposisi

Menyatakan banyaknya solute dalam setiap 100 satuan larutan. Bila misalnya tertulis : 10% (v/v) NaCl artinya dalam setiap 100 ml larutan NaCl terdapat 10 ml NaCl. Bila tertulis 10% (g/g) NaCl artinya dalam setiap 100 gram larutan terdapat 10 gram NaCl.

Contoh Soal 7.6.

Berapa larutan NaCl 5% (g/g) yang harus diambil untuk memperoleh 3,2 gram NaCl?

Jawab : 5% (g/g) NaCl artinya dalam 100 gram larutan terdapat 5 gram NaCl. Jadi 3,2 gram terkandung dalam

$$3,2 \times \left(\frac{100}{5}\right) \text{ gram larutan} = 64 \text{ gram larutan}$$

Jadi dapat diambil larutan NaCl 5% (g/g) sebanyak 64 gram)

7.4.1.3. Massa Solute per Massa Solvent.

Menyatakan banyaknya solute dalam setiap satuan massa zat pelarut (solvent). Bila misalnya diketahui 5,2 g NaCl dalam 100g air, artinya terdapat 5,2 g. NaCl yang terlarut dalam setiap 100 g air sebagai zat pelarut.

Contoh Soal 7.7.

Hitunglah massa HCl anhidrat dalam 5,00 cm³ HCl pekat (kerapatan : 1,19 g/cm³) yang mengandung 37,23% (g/g) HCl.

$$\begin{aligned}\text{Jawab : } \text{massa } 5 \text{ cm}^3 \text{ larutan} &= \text{volume} \times \text{kerapatan} \\ &= 5 \text{ cm}^3 \times 1,19 \text{ g/cm}^3 \\ &= 5,95 \text{ gram.}\end{aligned}$$

Larutan HCl bermassa 5,95 gram mengandung 37,23% (g/g) HCl anhidrat, jadi : massa HCl anhidrat dalam 5,95 gram larutan = 0,3723 x 5,95 gram = 2,22 gram HCl anhidrat.

7.4.2. Konsentrasi Larutan dalam Satuan Kimia

7.4.2.1. Molaritas (M)

Menyatakan banyaknya mol solute yang terdapat dalam 1 liter larutan.

$$\text{Konsentrasi molar (M)} = \frac{\sum \text{mol}/1000}{\sum \text{L}/1000} = \text{mol/liter}$$

Bila H₂SO₄ 2M berarti : asal Sulfat dengan konsentrasi 2 mol H₂SO₄ dalam setiap 1 liter H₂SO₄.

Contoh Soal 7.8.

Berapakah NaOH yang harus ditimbang untuk membuat larutan NaOH dengan konsentrasi 2 M?

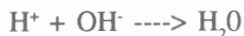
Jawab : NaOH 2M berarti dalam setiap 1 liter larutan NaOH terdapat 2 mol NaOH terlarut. Jadi :

$$\begin{aligned}\text{massa zat terlarut} &= \text{jumlah mol} \times \text{massa molar NaOH} \\ &= 2 \times (\text{Ar Na} + \text{Ar O} + \text{Ar H}) \\ \text{dengan diketahui Ar Na} &= 23; \text{Ar O} = 16; \text{Ar H} = 1, \text{ maka :} \\ \text{massa zat terlarut} &= 2 \text{ mol} \times 40 \text{ gram/mol} \\ &= 80 \text{ gram}\end{aligned}$$

7.4.2.2. Normalitas (N)

Menyatakan banyaknya gram ekuivalen solute yang terdapat dalam 1 liter larutan. Gram ekuivalen ditentukan oleh massa ekuivalen solute, yang berhubungan dengan reaksi kimia sebagai berikut :

Pada reaksi netralisasi asam dan basa



1. Masa ekuivalen dari asam adalah setara dengan fraksi massa molekul yang dapat memberikan satu buah H^+ untuk melakukan reaksi netralisasi (dengan kata lain, massa ekuivalen setara dengan massa molekul dibagi jumlah H^+ yang dapat dihasilkan). Gram ekuivalen merupakan jumlah massa zat yang dibutuhkan untuk mereaksikan 1 mol H^+
2. Massa ekuivalen suatu basa adalah setara dengan fraksi massa molekul yang dapat memberikan 1 OH^- atau dapat bereaksi dengan 1 H^+

Contoh Soal 7.9.

Berapakah KOH yang harus ditimbang untuk membuat KOH 1 N?

Jawab : KOH 1 N mempunyai reaksi netralisasi : $\text{KOH} \text{ ----} \rightarrow \text{K}^+ + \text{OH}^-$ berarti 1 mol KOH dapat menghasilkan 1 mol OH^- , berarti perbandingan gram ekuivalen dengan massa molekul = 1 : 1.

$$\begin{aligned}\text{Massa molekul KOH} &= \text{Ar K} + \text{Ar O} + \text{Ar H} \\ &= 39 + 16 + 1 = 56\end{aligned}$$

$$\text{Gram ekuivalen setara dengan } \frac{1}{1} \times 56 = 56 \text{ gram.}$$

7.4.2.3. Molalitas (m)

Menyatakan banyaknya solute per kilogram solvent dalam suatu larutan. Molalitas tak dapat dihitung dari nilai molaritas (M) jikalau kerapatan jenis tidak diketahui. Bila diketahui HCl bermolalitas 1m, artinya terdapat 1 mol HCl anhidrat dalam 1000 gram pelarut.

Contoh Soal 7.10.

Molalitas suatu larutan etil alkohol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) dalam air = 1,54 mol/kg.

Berapa gram alkohol yang terlarut dalam 2,5 kg air?

Jawab : Massa molekul $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} = 46$, karena $m = 1,54$ berarti :

1 kg air melarutkan 1,54 mol alkohol. Jadi dalam 2,5 kg air terdapat :

$$\frac{2,5}{1} \times 1,54 \text{ mol} = 3,85 \text{ mol etil alkohol.}$$

Sehingga massa alkohol dalam 2,5 kg air = $3,85 \text{ mol} \times 46 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 177 \text{ gram}$ alkohol.

7.4.2.4. Fraksi Mol

Merupakan pernyataan jumlah mol (n) suatu komponen dibagi dengan jumlah mol semua komponen dalam larutan tersebut.

Bila fraksi mol dinyatakan dalam X =

$$X (\text{solute}) = \frac{n (\text{solute})}{n (\text{solute}) + n (\text{solvent})}$$

$$X (\text{solvent}) = \frac{n (\text{solvent})}{n (\text{solvent}) + n (\text{solute})}$$

Nilai x biasanya dinyatakan dalam persen.

Contoh soal 7.11

Tentukan fraksi mol kedua substansi dalam larutan yang mengandung 36,0 gram air dan 46 gram gliserin ($\text{C}_3\text{H}_5 (\text{OH})_3$)

Jawab : massa molekul air ; 18,0 gram/mol

massa molekul gliserin = 92,0 gram/mol

$$\text{Jumlah mol gliserin} = n \text{ gliserin} = \frac{46 \text{ gram}}{92 \text{ gram}} = 0,5 \text{ mol}$$

$$\text{Jumlah mol air} = n \text{ air} = \frac{36 \text{ gram}}{18 \text{ gram}} = 2 \text{ mol}$$

$$X (\text{gliserin}) = \frac{n \text{ gliserin}}{n \text{ gliserin} + n \text{ Air}} = \frac{0,5}{0,5 + 2} = \frac{0,5}{2,5} = 0,2$$

$$X (\text{gliserin}) = 0,2 \times 100\% = 20\%$$

$$X (\text{air}) = \frac{n \text{ air}}{n \text{ air} + n \text{ gliserin}} = \frac{2}{2 + 0,5} = \frac{2}{2,5} = 0,8$$

$$X (\text{air}) = 0,80 \times 100\% = 80 \%$$

7.4.3. Pengenceran (Dilution)

Apabila konsentrasi larutan dinyatakan dalam skala volumetrik, jumlah solute yang terdapat dalam larutan pada volume tertentu akan setara dengan hasil kali volume dan konsentrasi.

$$\text{Jumlah solute} = \text{volume} \times \text{konsentrasi.}$$

Jika suatu larutan diencerkan, volume akan meningkat dan konsentrasi akan berkurang nilainya, tetapi jumlah keseluruhan solute akan konstan. Jadi, dua buah larutan yang mempunyai konsentrasi berbeda tetapi mengandung jumlah solute yang sama dapat dihubungkan dengan :

$$\text{Volume}_{(1)} \times \text{Konsentrasi}_{(1)} = \text{Volume}_{(2)} \times \text{Konsentrasi}_{(2)}$$

Dengan V_1 dan K_1 - Volume dan konsentrasi awal, V_2 dan K_2 merupakan volume dan konsentrasi setelah pengenceran.

Contoh Soal 7.12.

Untuk memperoleh larutan AgNO_3 berkonsentrasi 16 mg/cm^3 , dari larutan AgNO_3 berkonsentrasi 40 mg/cm^3 , berapa pengenceran yang harus dilakukan?

Jawab : Misalkan V_2 adalah volume larutan setelah pengenceran, dengan V_1 bernilai 1 cm^3 dan $K_1 = 40 \text{ mg/cm}^3$.

$$V_1 \times K_1 = V_2 \times K_2$$

$$1 \text{ cm}^3 \times 40 \text{ mg/cm}^3 = V_2 \times 16 \text{ mg/cm}^3$$

$$V = 2,5 \text{ cm}^3$$

Jadi harus dilakukan pengenceran dari 1 cm^3 larutan AgNO_3 40 mg/cm^3 menjadi larutan bervolume $2,5 \text{ cm}^3$

$$\text{Besarnya pengenceran} = \frac{V \text{ akhir}}{V \text{ awal}} = \frac{2,5 \text{ cm}^3}{1 \text{ cm}^3} = 2,5 \text{ kali}$$

Banyaknya aquadest yang harus ditambahkan untuk setiap $1 \text{ cm}_3 = 2,5 \text{ cm}^3 - 1 \text{ cm}^3 = 1,5 \text{ cm}^3$

7.5. RUMUS MOLEKUL DAN RUMUS EMPIRIS

7.5.1. Rumus Molekul

Suatu rumus yang menyatakan tidak hanya jumlah relatif atom-atom dari setiap elemen tetapi juga menunjukkan jumlah aktual atom setiap unsur penyusun dalam satu molekul

senyawa. Misalnya kita kenal benzena mempunyai rumus molekul C_6H_6 . artinya benzena tersusun dari enam buah atom C dan enam buah atom H.

Contoh Soal 7.13.

Suatu senyawa mempunyai komposisi 21,5% Na, 33,33% klor 45,1 %. Bagaimana rumus molekulnya?

Jawab : Andaikan senyawa tersebut mempunyai massa 100 gram, maka massa unsur-unsur penyusunnya :

$$Na = 100 \text{ g} \times 21,6 \% = 21,6 \text{ gram Na}$$

$$Cl = 100 \text{ g} \times 33,3 \% = 33,5 \text{ gram Cl}$$

$$O = 100 \text{ g} \times 45,1 \% = 45,1 \text{ gram O}$$

Komposisi unsur-unsur dalam senyawa merupakan perbandingan mol, maka :

$$\begin{aligned} \text{mol Na} = \text{mol Cl} = \text{mol O} &= \frac{21,6}{23} = \frac{33,3}{35,5} = \frac{45,1}{16} \\ &= 0,93 = 0,93 = 2,8 \\ &= 1 : 1 : 3 \end{aligned}$$

Jadi perbandingan komposisi Na : Cl : O = 1 : 1 : 3;

Rumus Molekul : $NaClO_3$.

Contoh Soal 7.14.

Hitunglah persentase CaO dalam $CaCO_3$,

Jawab : Dengan adanya kesetaraan jumlah atom Ca dalam CaO dan $CaCO_3$, dapat diturunkan suatu persamaan faktor kuantitatifnya.

$$\begin{aligned} \text{Fraksi CaO dalam } CaCO_3 &= \frac{\text{rumus molekul CaO}}{\text{rumus molekul } CaCO_3} \times 100 \% \\ &= \frac{56}{100} \times 100\% = 56\% \end{aligned}$$

Contoh Soal 7.15.

Berapa kilogram CaO yang dapat diperoleh dari 1000 kg batu gamping dengan kadar $CaCO_3$ 97 % ?

Jawab : Banyaknya $CaCO_3$ yang terdapat dalam 1000 kg batu gamping = $1000 \text{ kg} \times 97\% = 970 \text{ kg}$.

Banyaknya CaO yang terdapat dalam 970 kg $CaCO_3$ =

$$\begin{aligned}
 &= \text{fraksi CaO dalam CaCO}_3 \times \text{jumlah CaCO}_3 \text{ yang ada} \\
 &= 56\% \times 970 \text{ kg} \\
 &= 543,2 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

7.5.2. Rumus Empiris

Rumus empiris atau rumus sederhana menyatakan perbandingan mol unsur-unsur dalam suatu senyawa. Untuk menentukan rumus empiris, diperlukan perbandingan mol antar unsur-unsur penyusun. Rumus empiris diperoleh dari pengukuran hasil percobaan persen susunan senyawa. Misalnya pada senyawa benzena, dengan rumus molekul C_6H_6 mempunyai rumus empiris $(CH)_n$ karena perbandingan mol antara C dan H adalah 6 : 6, atau bila disederhanakan = 1 : 1. Artinya dari rumus empiris tersebut dapat diperoleh senyawa lain dengan mengubah faktor n, misalnya = $(CH)_2 = C_2H_2$

Contoh Soal 7.16.

Bagaimana rumus empiris suatu hidrokarbon yang ketika dianalisis menghasilkan persentase C = 85,63% dan H = 14,37%.

Jawab : Andaikan senyawa tersebut bermassa 100 gram, maka :

$$\text{Jumlah massa C} = 85,63\% \times 100 \text{ gram} = 85,63 \text{ gram}$$

$$\text{Jumlah massa H} = 14,37\% \times 100 \text{ gram} = 14,37 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Perbandingan mol C dan H} &= \frac{85,63}{12} = \frac{14,37}{1} = 7,129 = 14,37 \\
 &= 1 : 2
 \end{aligned}$$

Jadi rumus empiris $(CH_2)_n$

Contoh Soal 7.17.

Bagaimana persentase tiap unsur penyusun senyawa $(NH_4)_2NO_3$?

Jawab : Persentase merupakan perbandingan massa unsur-unsur penyusun yang ada dengan massa rumus (massa molekul) senyawa.

$$\text{- Persentase N} = \frac{2 \cdot \text{Ar} \cdot \text{N}}{\text{Mr. NH}_4\text{NO}_3} = \frac{2 \cdot 14}{80} = \frac{28}{80} \times 100 \% = 35 \%$$

$$\text{- Persentase H} = \frac{4 \cdot \text{Ar} \cdot \text{H}}{\text{Mr. NH}_4\text{NO}_3} = \frac{4 \cdot 1}{80} = \frac{4}{80} \times 100 \% = 5 \%$$

$$\text{- Persentase O} = \frac{3 \cdot \text{Ar} \cdot \text{O}}{\text{Mr. NH}_4\text{NO}_3} = \frac{3 \cdot 16}{80} = \frac{48}{80} \times 100 \% = 60 \%$$

7.6. HAL - HAL KOMPLEKS dalam STOIKIOMETRI

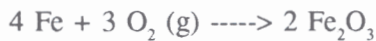
7.6.1. Penentuan Pembatas Reaksi

Suatu reaksi kimia seringkali berlangsung dalam keadaan zat-zat pereaksinya mempunyai jumlah yang berlebih. Sebagian dari pereaksi yang berlebih tetap berada dalam campuran sampai reaksi berakhir. Pereaksi yang habis bereaksi disebut pereaksi pembatas, pereaksi ini keseluruhannya habis bereaksi.

Contoh Soal 7.18.

Berapakah besi oksida (Fe_2O_3) yang diperoleh dari pembakaran 200 gram besi logam dengan oksigen (g) sebanyak 50 liter? (Reaksi dalam kondisi standar).

Jawab : Reaksi yang terjadi :



Artinya 4 mol Fe setara dengan 3 mol O_2 menghasilkan 2 mol Fe_2O_3 .

Kini kita periksa jumlah pereaksi yang tersedia

$$\text{Besi} = \frac{200 \text{ g}}{56 \text{ g/mol}} = 3,57 \text{ mol}$$

Oksigen 50 liter (ingat, volume 1 mol gas pada kondisi standar : ialah 22,4 l) mempunyai jumlah mol :

$$1 \text{ mol} \times \frac{50 \text{ l}}{22,4 \text{ l}} = 2,2 \text{ mol}$$

Jadi oksigen = 2,2 mol

Periksa pereaksi mana yang akan menjadi pembatas reaksi

- Bila besi (3,54 mol) habis bereaksi, dibutuhkan O_2 sebanyak $= \frac{3}{4} \times 3,57 \text{ mol} = 2,65 \text{ mol}$ O_2

Karena O_2 yang ada hanya 2,2 mol, maka reaksi yang menyebabkan besi habis bereaksi tak dapat berlangsung.

- Bila O_2 (2,2 mol) habis bereaksi, dibutuhkan besi sebanyak $= \frac{4}{3} \times 2,2 \text{ mol} = 2,81 \text{ mol}$ besi.

Karena besi yang ada mencukupi kebutuhan untuk menghabiskan O_2 , maka reaksi tersebut lebih mungkin berlangsung. Jadi O_2 sebagai zat pembatas reaksi, sehingga Fe_2O_3 terbentuk : $\frac{2}{3} \times 2,2 \text{ mol} = 1,47 \text{ mol}$ Fe_2O_3

7.6.2. Hasil Teoritis, Hasil Nyata dan Persen Hasil

Jumlah hasil reaksi yang dihitung dari sejumlah pereaksi yang ada dari awal reaksi dilakukan disebut hasil teoritis suatu reaksi.

Jumlah hasil yang secara nyata dihasilkan dalam sebuah reaksi kimia disebut hasil nyata. Persen hasil merupakan perbandingan hasil nyata dengan hasil teoritis. Ada reaksi yang hasilnya hampir sama dengan hasil teoritis dan reaksi tersebut dikatakan bereaksi secara kuantitatif. Pada reaksi-reaksi senyawa organik, kebanyakan hasil reaksi (hasil nyata) lebih kecil dibandingkan hasil teoritis. Hal ini karena reaksi tidak berjalan sempurna, ada reaksi-reaksi saingan yang dapat mengurangi hasil reaksi atau dapat juga terjadi kehilangan zat selama penanganan.

Contoh Soal 7.19.

Dari reaksi 1,00 mol CH_4 dengan Cl_2 berlebih, diperoleh 83,5 g CCl_4 . Berapakah hasil teoritis, hasil nyata dan persen hasil reaksi tersebut?



- Hasil teoritis :

Bila dilihat dari persamaan reaksi, dari 1 mol CH_4 diharapkan dapat diperoleh 1 mol CCl_4 . Sedangkan massa molar $\text{CCl}_4 = 154$ gram.

- Hasil nyata :

Dari reaksi yang terjadi, hasil nyata = 83,5 gram.

$$\text{- Persen hasil} = \frac{83,5 \text{ gram } \text{CCl}_4}{154 \text{ gram } \text{CCl}_4} \times 100 \% = 54,2 \%$$

7.6.3. Reaksi Serentak dan Berurutan

Beberapa perhitungan dalam Stoikiometri memerlukan dua atau lebih persamaan reaksi, setiap persamaan mempunyai sebuah faktor konversi. Reaksi-reaksi kimia juga dapat terjadi pada saat yang bersamaan (serentak) dan ada pula reaksi yang terjadi secara berurutan.

Contoh Soal 7.20. Reaksi Serentak

- Sebanyak 0,710 gram contoh logam campuran Magnesium yang mengandung 70% Al dan 30% Mg bereaksi dengan $\text{HCl}_{(aq)}$ berlebih.

Berapakah massa H_2 yang terbentuk ?



- Tentukan massa tiap logam berdasarkan persen komposisinya.

$$\text{Al} = 70\% \times 0,710 \text{ g} = 0,447 \text{ g.}$$

$$\text{Mg} = 30\% \times 0,710 \text{ g} = 0,213 \text{ g.}$$

- Tentukan jumlah mol masing-masing logam

$$\text{Al} = \frac{0,497 \text{ g}}{27 \text{ g/mol}} = 0,0184 \text{ mol}$$

$$\text{Mg} = \frac{0,213 \text{ g}}{24 \text{ g/mol}} = 0,00877 \text{ mol}$$

- Berdasarkan reaksi, dapat ditentukan jumlah mol H_2 yang dihasilkan :

$$\text{oleh Al} = 0,0184 \text{ mol} \times \frac{3}{2} = 0,0276 \text{ mol H}_2$$

$$\text{oleh Mg} = 0,00877 \text{ mol} \times \frac{1}{1} = 0,00877 \text{ mol H}_2$$

$$\text{Jumlah keseluruhan H}_2 = 0,0276 + 0,00877 = 0,0364 \text{ mol H}_2$$

Bila H_2 dinyatakan dalam gram ;

$$\text{gram H}_2 = 0,0364 \text{ mol} \times \frac{2 \text{ g H}_2}{1 \text{ mol H}_2} = 0,0735 \text{ g H}_2$$

Contoh Soal 7.21. Reaksi Berurutan

KClO_4 dapat dibuat melalui seri reaksi berikut ini :



Berapakah gas Cl_2 yang dibutuhkan untuk mendapatkan 100 g KClO_4 berdasarkan reaksi di atas?

Jawab : Bila n melambangkan jumlah mol

$$\text{dari 1) dapat dilihat} = n(\text{KClO}) = n(\text{Cl}_2)$$

$$\text{dari 2) ternyata} = n(\text{KClO}_3) = \frac{1}{3} n(\text{KClO}) = \frac{1}{3} n(\text{Cl}_2)$$

$$\begin{aligned} \text{dari 3) terlihat} &= n(\text{KClO}_4) = \frac{3}{4} n(\text{KClO}_3) = \left(\frac{3}{4}\right)\left(\frac{1}{3}\right)n \text{ Cl}_2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot n \cdot \text{Cl}_2. \end{aligned}$$

$$\text{Dengan } n(\text{KClO}_4) = \frac{100 \text{ g KClO}_4}{139 \text{ g KClO}_4/\text{mol KClO}_4} = 0,72 \text{ mol KClO}_4$$

$$n \text{ Cl}_2 = 4 \times 0,72 \text{ mol} = 2,88 \text{ mol Cl}_2$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Cl}_2 &= \text{mol Cl}_2 \times \text{massa molar Cl}_2 \\ &= (2,88) \times (71,0 \text{ g Cl}_2/\text{mol Cl}_2) \\ &= 204 \text{ g Cl}_2 \end{aligned}$$

7.7. SOAL LATIHAN

7.7.1. Essey

1. Di alam, karbon mempunyai dua isotop ^{12}C dan ^{13}C .
Berapakah persentase kelimpahan dari kedua jenis isotop tersebut dalam suatu contoh karbon yang mempunyai masa atom relatif 12,0111?
2. Berapa banyaknya :
 - a. H_2S (dalam gram)
 - b. mol H dan mol S
 - c. molekul H_2Syang terkandung di dalam 0,400 mol H_2S
3. Suatu unsur X membentuk senyawa dengan unsur klor dalam tiga macam bentuk yang berbeda. Ketiga senyawa itu berturut-turut mengandung : 59,68%, 68,95%, 74,75% Klor.
Tunjukkan dari data tersebut adanya hukum perbandingan berganda.
4. Hasil analisis suatu senyawa memberikan data semacam ini :
K = 26,57% Cr = 35,36% O = 38,07%
Buatlah rumus empiris dari senyawa tersebut.
5. Suatu contoh garam hidrat non-stabil : $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ sebanyak 15 g dianalisis. Dari uji kadar air didapatkan mengandung 7,05 g air. Tentukan rumus empiris garam tersebut.
6.
 - a. Tentukan persentase besi dalam FeCO_3 , Fe_2O_3 dan Fe_3O_4 .
 - b. Berapa besi yang dapat diperoleh dari pemurnian 2000 kg Fe_3O_4 ?
7. Suatu contoh biji sulfur kotor mengandung 42,34% Zn. Carilah persentase ZnS murni dalam contoh biji logam tersebut.
8. Dua buah senyawa yang tersusun dari unsur Cl dan X mempunyai massa molekul dan kandungan persentase Cl (berdasarkan massa) sbb :
Mr : 137 dan 77,5% Cl; Mr = 208 dan 85,1 % Cl.
Apakah unsur X itu?
Bagaimana rumus molekul tiap senyawa?
9. Berapa volume asam sulfat pekat (kerapatan ; $1,84 \text{ g/cm}^3$) yang berkadar 98% H_2SO_4 ($\frac{\text{g}}{\text{g}}$) yang diharapkan memuat 40 g H_2SO_4 murni.
10. Berapa gram $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ yang harus ditimbang untuk menyiapkan larutan $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ berkadar $\frac{1}{4}$ M sebanyak 400 cm^3 ?

11. Berapakah : -
- Konsentrasi dalam Molar
 - Konsentrasi dalam molal
- dari larutan asam sulfat dengan kerapatan $1,198 \text{ g/cm}^3$ yang mengandung sebanyak $27,0\% \text{ H}_2\text{SO}_4$ ($\frac{\text{g}}{\text{g}}$)
12. Berapakah
- Gram ekivalen
 - Miliekivalen dari
- Solute yang terdapat dalam 60 cm^3 $4,0 \text{ N}$ suatu larutan (ber asam 1)
13. Berapa konsentrasi akhir yang diperoleh bila $150 \text{ ml HCl } 0,6 \text{ M}$ diberi aquadest sampai volume akhir dalam labu ukur 750 ml ?
14. Suatu larutan mengandung 75 mg NaCl dalam tiap cm^3 . Berapa pengenceran yang harus dilakukan untuk memperoleh larutan dengan konsentrasi $25 \text{ mg NaCl per cm}^3$?
15. Berdasarkan reaksi pembakaran ini
- $$4 \text{ FeS}_2 + 11 \text{ O}_2 \text{ ----> } 2 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 8 \text{ SO}_2$$
- Berapakah
- Gram oksigen yang dibutuhkan untuk memperoleh $1 \text{ mol Fe}_2\text{O}_3$
 - Liter oksigen yang dipergunakan untuk memperoleh 8 mol SO_2
 - Jumlah Fe_2O_3 yang diperoleh dari 500 gram FeS_2
16. Berapa kilogram asam sulfat murni yang dapat diperoleh dari $1 \text{ kg besi pirit murni (FeS}_2)$ bila reaksinya bertahap sedemikian rupa :
- $$4 \text{ FeS}_2 + 11 \text{ O}_2 \text{ ----> } 2 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 8 \text{ SO}_2$$
- $$2 \text{ SO}_2 + \text{ O}_2 \text{ ----> } 2 \text{ SO}_3$$
- $$\text{SO}_3 + \text{ H}_2\text{O} \text{ ----> } \text{ H}_2\text{SO}_4$$
17. Bilamana tembaga dipanaskan dengan belerang berlebih, terbentuk Cu_2S . Berapa gram Cu_2S yang dapat dihasilkan jika 250 gram tembaga direaksikan dengan 85 gram belerang ?
18. Reaksi reduksi Cr_2O_3 oleh Aluminium mempunyai reaksi sbb :
- $$2 \text{ Al} + \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ ----> } \text{ Al}_2\text{O}_3 + 2 \text{ Cr.}$$
- Berapa banyak logam Krom yang dapat diperoleh bila $20 \text{ kg Cr}_2\text{O}_3$ direduksi dengan memakai $5,0 \text{ kg Al}$ yang tersedia.
 - Reaktan apa yang tidak habis bereaksi dan berapa jumlahnya?

7.7.2. Pilihan Berganda

- Partikel Kalium sebanyak $30,1 \cdot 10_{23}$ dapat dinyatakan dalam mol sejumlah :
 - 1 mol
 - 5 mol
 - 0,8 mol
 - 1,3 mol
- Sejumlah mol molekul O₂ (g) mempunyai jumlah partikel sebanyak :
 - $120,4 \cdot 10^{23}$
 - $0,602 \cdot 10^{23}$
 - $60,2 \cdot 10^{23}$
 - $0,301 \cdot 10^{23}$
- Berapa persentase massa unsur O dalam 3 mol H₂CO₃?
 - 32,7%
 - 79,0 %
 - 33,3%
 - 67,1%
- Berapakah massa molekul relatif dari Na₂SO₄ · 5H₂O
 - 142
 - 119
 - 232
 - 160
- Diketahui 200,156 gram Kalsium merupakan 5 mol Ca, berapakah massa molar Ca?
 - $1000,750 \frac{\text{gram}}{\text{mol}}$
 - $198,31 \frac{\text{gram}}{\text{mol}}$
 - $40,1 \frac{\text{gram}}{\text{mol}}$
 - $20,15 \frac{\text{gram}}{\text{mol}}$
- Bila sebanyak 500 ml larutan diambil dari HCl 0,4 M, maka 500 ml larutan itu mempunyai konsentrasi dalam mol/liter sebanyak :
 - $0,2 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$
 - $0,8 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$
 - $0,4 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$
 - $0,08 \frac{\text{mol}}{\text{liter}}$
- Untuk membuat larutan NaCl 50% ($\frac{\%}{g}$) dengan kerapatan larutan $1,25 \frac{gr}{ml}$ harus dilarutkan garam NaCl : (larutan 1000 ml)
 - 400 gram
 - 125 gram
 - 625 gram
 - 50 gram
- Bila larutan HCl 0,5 N direaksikan dengan air (diencerkan) sehingga skala dalam labu ukur meningkat dari 0,5 liter menjadi 2,5 liter, berapa konsentrasi larutan HCl sekarang?
 - 1 N
 - 2,5 N
 - 0,1 N
 - 0,25 N
- Dari reaksi pembentukan kalsium karbida ini :



Berapa liter gas CO yang terjadi pada reaksi yang mempergunakan 3 mol CaO (kondisi standar) ?

- a. 22,5 liter
- b. 67,2 liter
- c. 7,3 liter
- d. 33,6 liter

10. Dari hasil ekstraksi senyawa fosfat organik hanya diperoleh 180 gram ion PO_4^{3-} , yaitu sekitar 60% hasil yang diharapkan didapat.

Berapa hasil teoritis yang seharusnya diperoleh ?

- a. 108 gram
- b. 240 gram
- c. 418 gram
- d. 300 gram