Kurikulum 2013

Kelas X

KIMIA

STOIKIOMETRI II

Tujuan Pembelajaran
Setelah mempelajari materi ini, kamu diharapkan memiliki kemampuan berikut. 1. Memahami konsep perhitungan kimia dari suatu persamaan reaksi. 2. Memahami pengertian pereaksi pembatas dan kegunaannya dalam suatu persamaan reaksi. 3. Dapat menentukan pereaksi pembatas dari suatu persamaan reaksi. 4. Memahami pengertian senyawa hidrat dan cara menentukan rumus senyawanya.

A. Perhitungan Kimia dari Suatu Persamaan Reaksi

Stoikiometri atau perhitungan kimia adalah bagian dari ilmu kimia yang menitikberatkan pada sifat kuantitatif suatu zat, seperti jumlah massa, volume, mol, dan jumlah partikel. Pada stoikiometri atau perhitungan kimia, koefisien memiliki makna sebagai perbandingan mol, volume, dan jumlah partikel. Rumus yang biasa digunakan untuk menyelesaikan persoalan terkait stoikiometri atau perhitungan kimia adalah sebagai berikut.

$$\text{Mol} = \frac{\text{massa (g)}}{Mr} = \frac{\text{volume}}{22{,}4\ \text{L (STP)}} = \frac{\text{jumlah molekul}}{6{,}02 \times 10^{23}}$$

$$\frac{\text{Mol}_1}{\text{Volume}_1} = \frac{\text{Mol}_2}{\text{Volume}_2}$$

Contoh Soal 1

Terdapat persamaan reaksi sebagai berikut!

$2SO_2\,(g) + O_2\,(g) \rightarrow 2SO_3\,(g)$

Jika gas SO_2 yang direaksikan sebanyak 12,8 g, tentukan:

a. volume gas O_2 diukur pada keadaan STP;

b. volume gas O_2 diukur pada keadaan yang sama ketika 7 g gas N_2 memiliki volume 1 L;

c. massa gas SO_3 yang terbentuk;

d. jumlah molekul SO_3; dan

e. jumlah atom dalam molekul SO_3.

(Ar N = 14, O = 16, S = 32)

Pembahasan:

Mula-mula, tentukan massa molekul relatif dari O_2, N_2, SO_2, dan SO_3.

$$Mr\ O_2 = 2 \times Ar\ O = 2 \times 16 = 32$$

$$Mr\ N_2 = 2 \times Ar\ N = 2 \times 14 = 28$$

$$Mr\ SO_2 = (1 \times Ar\ S) + (2 \times Ar\ O) = (1 \times 32) + (2 \times 16) = 64$$

$$Mr\ SO_3 = (1 \times Ar\ S) + (3 \times Ar\ O) = (1 \times 32) + (3 \times 16) = 80$$

Kemudian, tentukan mol dari masing-masing molekul tersebut.

$$\text{Mol } SO_2 = \frac{\text{massa } SO_2}{Mr\ SO_2} = \frac{12,8\text{ g}}{64} = 0,2\text{ mol}$$

$$\text{Mol } N_2 = \frac{\text{massa } N_2}{Mr\ N_2} = \frac{7\text{ g}}{28} = 0,25\text{ mol}$$

$$\text{Mol } O_2 = \frac{\text{koefisien } O_2}{\text{koefisien } SO_2} \times \text{mol } SO_2 = \frac{1}{2} \times 0,2\text{ mol} = 0,1\text{ mol}$$

$$\text{Mol } SO_3 = \frac{\text{koefisien } SO_3}{\text{koefisien } SO_2} \times \text{mol } SO_2$$

$$= \frac{2}{2} \times 0{,}2 \text{ mol}$$

$$= 0{,}2 \text{ mol}$$

Dengan demikian, diperoleh:

a. Volume O_2 (STP) $= \text{mol} \times 22{,}4 \text{ L}$

$= 0{,}1 \text{ mol} \times 22{,}4 \text{ L}$

$= 2{,}24 \text{ L}$

Jadi, volume gas O_2 diukur pada keadaan STP adalah 2,24 L.

b. Volume O_2 diukur pada keadaan gas N_2:

$$\frac{\text{mol } O_2}{\text{volume } O_2} = \frac{\text{mol } N_2}{\text{volume } N_2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{0{,}1 \text{ mol}}{\text{volume } O_2} = \frac{0{,}25 \text{ mol}}{1 \text{ L}}$$

$$\Leftrightarrow \text{volume } O_2 = \frac{0{,}1 \text{ mol} \times 1 \text{ L}}{0{,}25 \text{ mol}}$$

$$\Leftrightarrow \text{volume } O_2 = 0{,}4 \text{ L}$$

Jadi, volume gas O_2 diukur pada keadaan yang sama ketika 7 g gas N_2 memiliki volume 1 L adalah 0,4 L.

c. Massa SO_3 $= \text{mol } SO_3 \times Mr\ SO_3$

$= 0{,}2 \text{ mol} \times 80$

$= 16 \text{ g}$

Jadi, massa gas SO_3 yang terbentuk adalah 16 g.

d. Jumlah molekul SO_3 $= \text{mol} \times \text{bilangan Avogadro}$

$= 0{,}2 \text{ mol} \times 6{,}02 \times 10^{23}$

$= 1{,}204 \times 10^{23}$ molekul

Jadi, jumlah molekul SO_3 adalah $1{,}204 \times 10^{23}$ molekul.

e. 1 molekul SO_3 mengandung 4 atom yang terdiri atas 1 atom S dan 3 atom O. Ini berarti:

Jumlah atom dalam molekul $SO_3 = 4 \times 1{,}204 \times 10^{23} = 4{,}816 \times 10^{23}$ atom

Jadi, jumlah atom dalam molekul SO_3 adalah $4{,}816 \times 10^{23}$ atom.

Contoh Soal 2

Sebanyak 22 g senyawa C_3H_8 dibakar, kemudian CO_2 yang dihasilkan dialirkan ke dalam CaO menurut persamaan reaksi berikut.

$C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

$CO_2 + CaO \rightarrow CaCO_3$

Tentukan massa endapan $CaCO_3$ yang dihasilkan! (*Mr* C_3H_8 = 44, *Mr* $CaCO_3$ = 100)

Pembahasan:

Mula-mula, tentukan mol dari C_3H_8.

$$\text{Mol } C_3H_8 = \frac{\text{massa } C_3H_8}{Mr\ C_3H_8} = \frac{22\text{ g}}{44} = 0,5\text{ mol}$$

Kemudian, tentukan mol CO_2 berdasarkan persamaan reaksi setara berikut.

C_3H_8	+	$5O_2$	$\rightarrow$	$3CO_2$	+	$4H_2O$
0,5 mol				?		

$$\text{Mol } CO_2 = \frac{\text{koefisien } CO_2}{\text{koefisien } C_3H_8} \times \text{mol } C_3H_8$$

$$= \frac{3}{1} \times 0,5 \text{ mol}$$

$$= 1,5 \text{ mol}$$

Setelah itu, tentukan mol $CaCO_3$.

CO_2	+	CaO	$\rightarrow$	$CaCO_3$
1,5 mol				?

$$\text{Mol } CaCO_3 = \frac{\text{koefisien } CaCO_2}{\text{koefisien } CO_2} \times \text{mol } CO_2$$

$$= \frac{1}{1} \times 1,5 \text{ mol}$$

$$= 1,5 \text{ mol}$$

Dengan demikian, diperoleh:

$$\text{Massa } CaCO_3 = \text{mol} \times Mr\ CaCO_3$$

$$= 1,5 \text{ mol} \times 100$$

$$= 150 \text{ g}$$

Jadi, massa endapan $CaCO_3$ yang dihasilkan adalah 150 g.

B. Pengertian Pereaksi Pembatas

Suatu reaksi kimia melibatkan zat-zat pereaksi dan zat-zat hasil reaksi. Zat-zat pereaksi (reaktan) terletak di ruas kiri, sedangkan zat-zat hasil reaksi (produk) terletak di ruas kanan. Zat-zat hasil reaksi terbentuk dari penguraian zat-zat pereaksi sesuai dengan perbandingan koefisiennya.

Penentuan mol hasil reaksi didasarkan pada perbandingan koefisien yang mengacu pada mol zat pereaksi. Jika mol pereaksi hanya berasal dari satu zat, penentuan mol hasil reaksi akan sangat mudah dilakukan. Akan tetapi, jika mol pereaksi berasal lebih dari satu zat, kamu harus dapat memilih zat yang tepat digunakan sebagai acuan. Untuk itu, digunakan konsep pereaksi pembatas.

Pereaksi pembatas adalah zat yang digunakan sebagai acuan untuk mencari nilai mol, volume, atau jumlah molekul dari zat lainnya. Zat yang digunakan sebagai pereaksi pembatas akan habis bereaksi.

C. Menentukan Pereaksi Pembatas

Untuk menentukan pereaksi pembatas, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\frac{\text{mol}}{\text{koefisien}} \text{ atau } \frac{\text{volume}}{\text{koefisien}} \text{ atau } \frac{\text{jumlah partikel}}{\text{koefisien}}$$

Pereaksi pembatas adalah zat yang hasil baginya terkecil.

Contoh Soal 3

Sebanyak 22 g C_3H_8 direaksikan dengan 48 g O_2 berdasarkan persamaan reaksi berikut.

$C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

Tentukan:

a. zat yang merupakan pereaksi pembatas;

b. massa zat sisa;

c. volume CO_2 yang terbentuk pada STP; dan

d. jumlah molekul H_2O yang dihasilkan.

(*Ar* H = 1, C = 12, O = 16, N = 14)

Pembahasan:

Mula-mula, tentukan massa molekul relatif dan mol C_3H_8 dan O_2.

$$Mr\ C_3H_8 = (3 \times Ar\ C) + (8 \times Ar\ H)$$
$$= (3 \times 12) + (8 \times 1)$$
$$= 44$$

$$Mr\ O_2 = 2 \times Ar\ O$$
$$= 2 \times 16$$
$$= 32$$

$$\text{Mol } C_3H_8 = \frac{\text{massa } C_3H_8}{Mr\ C_3H_8} = \frac{22\text{ g}}{44} = 0,5\text{ mol}$$

$$\text{Mol } O_2 = \frac{\text{massa } O_2}{Mr\ O_2} = \frac{48\text{ g}}{32} = 1,5\text{ mol}$$

Kemudian, setarakan persamaan reaksinya seperti berikut.

$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$

Pereaksi pembatas dari persamaan tersebut dapat ditentukan dengan rumus berikut.

$$\text{Pereaksi pembatas} = \frac{\text{mol}}{\text{koefisien}}$$

$$C_3H_8 = \frac{0,5\text{ mol}}{1} = 0,5\text{ mol}$$

$$O_2 = \frac{1,5\text{ mol}}{5} = 0,3\text{ mol}$$

a. Zat yang digunakan sebagai pereaksi pembatas adalah zat yang hasil baginya terkecil. Oleh karena hasil bagi terkecil ada pada O_2, maka O_2 merupakan pereaksi pembatasnya.

b. Zat yang tersisa adalah C_3H_8. Untuk menentukan massa zat yang tersisa, tentukan dahulu jumlah mol yang bereaksi.

$$\text{Mol } C_3H_8 \text{ yang bereaksi} = \frac{\text{koefisien } C_3H_8}{\text{koefisien } O_2} \times \text{mol } O_2$$
$$= \frac{1}{5} \times 1,5\text{ mol}$$
$$= 0,3\text{ mol}$$

SUPER "Solusi Quipper"

$$\frac{\text{koefisien } C_3H_8}{\text{koefisien } O_2} = \frac{\text{mol } C_3H_8}{\text{mol } O_2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{5} = \frac{\text{mol } C_3H_8}{1,5\,\text{mol}}$$

$$\Leftrightarrow \text{mol } C_3H_8 = 0,3\,\text{mol}$$

Dengan demikian, diperoleh:

Mol C_3H_8 sisa = mol awal – mol reaksi

= 0,5 mol – 0,3 mol

= 0,2 mol

Jadi, massa zat C_3H_8 yang tersisa adalah 0,2 mol.

c. Untuk menentukan volume CO_2, tentukan dahulu jumlah molnya.

SUPER "Solusi Quipper"

$$\frac{\text{koefisien } CO_2}{\text{koefisien } O_2} = \frac{\text{mol } CO_2}{\text{mol } O_2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{3}{5} = \frac{\text{mol } CO_2}{1,5\,\text{mol}}$$

$$\Leftrightarrow \text{mol } CO_2 = 0,9\,\text{mol}$$

Dengan demikian, diperoleh:

Volume CO_2 (STP) = mol × 22,4 = 0,9 mol × 22,4 L = 20,16 L

Jadi, volume CO_2 yang terbentuk pada STP adalah 20,16 L.

d. Untuk menentukan jumlah molekul H_2O yang dihasilkan, tentukan dahulu jumlah molnya.

SUPER "Solusi Quipper"

$$\frac{\text{koefisien } H_2O}{\text{koefisien } O_2} = \frac{\text{mol } H_2O}{\text{mol } O_2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{4}{5} = \frac{\text{mol } H_2O}{1,5\,\text{mol}}$$

$$\Leftrightarrow \text{mol } H_2O = 1,2\,\text{mol}$$

Dengan demikian, diperoleh:

Jumlah molekul H_2O = mol × bilangan Avogadro

= 1,2 mol × 6,02 × 10^{23}

= 7,224 × 10^{23} molekul

Jadi, jumlah molekul H_2O yang dihasilkan adalah 7,224 × 10^{23} molekul.

D. Senyawa Hidrat (Air Kristal)

Kristal adalah suatu zat padat yang homogen, memiliki bentuk tertentu, dan dibatasi oleh bidang-bidang datar. Beberapa senyawa dapat ditemukan dalam bentuk kristal, misalnya garam inggris ($MgSO_4.7H_2O$). Kristal terbentuk dari zat cair yang berubah wujud menjadi padatan. Penentuan jumlah air dalam kristal dapat dilakukan dengan menguapkan garam-garam tersebut sehingga molekul airnya terlepas.

Contoh Soal 4

Sebanyak 24 g $MgSO_4$ bereaksi dengan 25,2 g air membentuk garam hidrat $MgSO_4.xH_2O$. Tentukan rumus garam hidrat tersebut! (*Mr* $MgSO_4$ = 120; *Mr* H_2O = 18)

Pembahasan:

Tentukan dahulu mol dari $MgSO_4$ dan H_2O.

$$\text{Mol } MgSO_4 = \frac{24\text{ g}}{120} = 0,2\text{ mol}$$

$$\text{Mol } H_2O = \frac{25,2\text{ g}}{18} = 1,4\text{ mol}$$

Kemudian, gunakan cara SUPER berikut.

SUPER "Solusi Quipper"

$$x = \frac{\text{mol } H_2O}{\text{mol garam}}$$

Dengan demikian, diperoleh:

$$x = \frac{\text{mol } H_2O}{\text{mol } MgSO_4} = \frac{1,4\text{ mol}}{0,2\text{ mol}} = 7$$

Jadi, rumus garam hidratnya adalah $MgSO_4.7H_2O$.

Contoh Soal 5

Tembaga (II) sulfat terhidrat dipanaskan sehingga terbentuk tembaga (II) sulfat anhidrat. Jika setelah pemanasan massa tembaga (II) sulfat terhidrat berkurang 36%, tentukan rumus senyawa hidratnya!

(*Mr* $CuSO_4$ = 160, *Mr* H_2O = 18)

Pembahasan:

Mula-mula, tentukan mol H_2O dan mol $CuSO_4$.

Perhatikan persamaan reaksi berikut.

$$CuSO_4.xH_2O \rightarrow CuSO_4 + xH_2O$$

100% ? 36%

Misalkan massa $CuSO_4.xH_2O$ = 100 g

Massa H_2O = 36% × 100 g = 36 g

% $CuSO_4$ = 100% – 36% = 64%

Massa $CuSO_4$ = 64% × 100 g = 64 g

$$\text{Mol } H_2O = \frac{36\text{ g}}{18} = 2\text{ mol}$$

$$\text{Mol } CuSO_4 = \frac{64\text{ g}}{160} = 0,4\text{ mol}$$

Kemudian, gunakan cara SUPER berikut.

SUPER "Solusi Quipper"

$$x = \frac{\text{mol } H_2O}{\text{mol } CuSO_4} = \frac{2\text{ mol}}{0,4\text{ mol}} = 5$$

Jadi, rumus senyawa hidratnya adalah $CuSO_4.5H_2O$

Contoh Soal 6

Terdapat persamaan reaksi sebagai berikut.

$$FeS + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S$$

Pada akhir reaksi, diperoleh 5 liter gas H_2S. Jika saat itu 1 mol gas H_2S volumenya 20 liter, tentukan massa FeS (*Mr* = 88) yang direaksikan!

Pembahasan:

Mula-mula, tentukan mol H_2S.

SUPER "Solusi Quipper"

$$\frac{mol_1}{volume_1} = \frac{mol_2}{volume_2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{mol_1}{5\,L} = \frac{1\,mol}{20\,L}$$

$$\Leftrightarrow mol_1 = 0,25\,mol$$

Dengan demikian, mol H_2S = 0,25 mol.

Kemudian, tentukan mol FeS melalui perbandingan koefisien berikut.

$$\text{Mol FeS} = \frac{\text{koefisien FeS}}{\text{koefisien } H_2S} \times \text{mol } H_2S$$

$$= \frac{1}{1} \times 0{,}25 \text{ mol}$$

$$= 0{,}25 \text{ mol}$$

Dengan demikian, diperoleh:

Massa FeS = mol × *Mr* FeS

= 0,25 mol × 88

= 22 g

Jadi, massa FeS yang direaksikan adalah 22 g.

Contoh Soal 7

Sebanyak 50 kg bijih besi yang mengandung Fe_2O_3 direduksi dengan karbon berdasarkan persamaan reaksi berikut.

$$Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 2Fe + 3CO$$

Jika pada akhir reaksi diperoleh 11,2 kg logam Fe, tentukan persen massa Fe_2O_3 dalam bijih besi tersebut! (*Ar* Fe = 56, O = 16)

Pembahasan:

Mula-mula, tentukan mol Fe.

$$\text{Mol Fe} = \frac{\text{massa Fe}}{Ar\,\text{Fe}} = \frac{11{,}2\,kg}{56} = 0{,}2 \text{ kmol}$$

Kemudian, tentukan mol Fe_2O_3 melalui perbandingan koefisien.

$$\text{Mol } Fe_2O_3 = \frac{\text{koefisien } Fe_2O_3}{\text{koefisien Fe}} \times \text{mol Fe}$$

$$= \frac{1}{2} \times 0{,}2 \text{ kmol}$$

$$= 0{,}1 \text{ kmol}$$

Setelah itu, tentukan massa Fe_2O_3.

$$Mr\ Fe_2O_3 = (2 \times Ar\ \text{Fe}) + (3 \times Ar\ \text{O})$$

$$= (2 \times 56) + (3 \times 16)$$

$$= 160$$

Massa Fe_2O_3 = kmol $Fe_2O_3 \times Mr\ Fe_2O_3 = 0{,}1$ kmol $\times$ 160 = 16 kg

Dengan demikian, diperoleh:

$$\%\ \text{massa } Fe_2O_3 \text{ dalam bijih besi} = \frac{\text{massa } Fe_2O_3}{\text{massa bijih besi}} \times 100\%$$

$$= \frac{16 \text{ kg}}{50 \text{ kg}} \times 100\%$$

$$= 0{,}32 \times 100\%$$

$$= 32\%$$

Jadi, persen massa Fe_2O_3 dalam bijih besi tersebut adalah 32%.