K-13

Kelas X

KIMIA

STOIKIOMETRI I

Tujuan Pembelajaran
Setelah mempelajari materi ini, kamu diharapkan memiliki kemampuan berikut. 1. Memahami perbedaan rumus empiris dan rumus molekul. 2. Dapat menentukan rumus empiris dan rumus molekul suatu senyawa. 3. Dapat melengkapi persamaan reaksi kimia dan menyetarakan koefisien reaksinya.

A. Pengertian Rumus Empiris dan Rumus Molekul

Suatu reaksi kimia pasti melibatkan atom atau molekul. Molekul dapat berupa molekul unsur seperti O_2, N_2, P_4, dan S_8, atau molekul senyawa seperti CO_2, N_2O_3, dan $C_6H_{12}O_6$. Setiap zat dalam suatu reaksi kimia memiliki rumus molekulnya masing-masing.

Rumus molekul adalah rumus kimia yang menyatakan jumlah atom tiap unsur dalam suatu senyawa. Rumus molekul juga dapat dikatakan sebagai rumus asli atau lambang dari suatu senyawa. Sementara itu, **rumus empiris** adalah rumus kimia yang menyatakan perbandingan paling sederhana dari atom-atom penyusun suatu senyawa. Rumus empiris tidak dapat disederhanakan lagi, sedangkan rumus molekul masih dapat disederhanakan.

B. Menentukan Rumus Empiris

Langkah-langkah menentukan rumus empiris adalah sebagai berikut.

1. Jika diketahui rumus molekulnya, rumus empiris dapat ditentukan dengan menyederhanakan rumus molekul tersebut, sehingga diperoleh bilangan bulat dan terkecil.

2. Jika diketahui massa unsur-unsur penyusun senyawa, rumus empiris dapat ditentukan dengan menggunakan perbandingan mol.

Untuk lebih jelasnya, perhatikan contoh soal berikut.

Contoh Soal 1

Tentukan rumus empiris dari rumus molekul berikut!

a. $C_6H_{12}O_6$
b. CH_3COOH
c. H_2O_2
d. NH_3
e. $CO(NH_2)_2$

Pembahasan:

Dengan menyederhanakan rumus molekulnya, diperoleh:

a. $C_6H_{12}O_6 = (CH_2O)_6$
   Rumus empiris = CH_2O
b. $CH_3COOH = C_2H_4O_2 = (CH_2O)_2$
   Rumus empiris = CH_2O
c. $H_2O_2 = (HO)_2$
   Rumus empiris = HO
d. NH_3
   Rumus empiris = NH_3
e. $CO(NH_2)_2$
   Rumus empiris = $CO(NH_2)_2$

Contoh Soal 2

Terdapat senyawa hidrokarbon (C_xH_y) sebanyak 70 gram yang terdiri atas 60 gram karbon dan sisanya hidrogen. Jika *Ar* H = 1 dan *Ar* C = 12, tentukan rumus empiris senyawa tersebut!

Pembahasan:

Tentukan dahulu massa unsur karbon dan hidrogen.

Massa C_xH_y = 70 g

Massa karbon = 60 g

Massa hidrogen = 70 g – 60 g = 10 g

Kemudian, gunakan perbandingan mol berikut.

$$\text{Mol C : mol H} = \frac{\text{massa C}}{Ar\,\text{C}} : \frac{\text{massa H}}{Ar\,\text{H}}$$

$$= \frac{60\text{ g}}{12} : \frac{10\text{ g}}{1}$$

$$= 5 : 10$$

$$= 1 : 2$$

Jadi, rumus empiris senyawa tersebut adalah CH_2.

C. Menentukan Rumus Molekul

Pada umumnya, rumus molekul merupakan kelipatan bulat dari rumus empirisnya. Namun, ada juga beberapa senyawa yang rumus molekul dan rumus empirisnya sama. Untuk menentukan rumus molekul suatu senyawa, dapat digunakan persamaan berikut.

$$Mr \text{ rumus empiris} \times n = Mr \text{ rumus molekul}$$

$$(\text{Rumus empiris})_n = \text{rumus molekul}$$

Keterangan:

n = angka yang menunjukkan kelipatan suatu rumus empiris terhadap rumus molekulnya.

Contoh Soal 3

Suatu gula memiliki rumus empiris CH_2O. Jika *Mr* gula = 150, tentukan rumus molekul gula tersebut! (*Ar* H = 1, C = 12, O = 16)

Pembahasan:

Tentukan dahulu *Mr* dari CH_2O.

$$Mr\ CH_2O = (1 \times Ar\ C) + (2 \times Ar\ H) + (1 \times Ar\ O)$$

$$= (1 \times 12) + (2 \times 1) + (1 \times 16)$$

$$= 30$$

Selanjutnya, tentukan nilai n dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Mr \text{ rumus empiris} \times n = Mr \text{ rumus molekul}$$

$$30 \times n = 150$$

$$n = 5$$

Dengan demikian, diperoleh:

Rumus molekul = (rumus empiris)$_n$

$= (CH_2O)_5$

$= C_5H_{10}O_5$

Jadi, rumus molekul gula tersebut adalah $C_5H_{10}O_5$.

Contoh Soal 4

Suatu senyawa hidrokarbon tersusun atas 75% massa unsur karbon dan sisanya hidrogen. Jika *Mr* hidrokarbon = 32, *Ar* C = 12, dan *Ar* H = 1, tentukan:

a. rumus empiris senyawa hidrokarbon tersebut; dan

b. rumus molekulnya!

Pembahasan:

a. Tentukan dahulu massa unsur karbon dan hidrogen.

Misalkan persentase senyawa hidrokarbon = 100% dan massa senyawa hidrokarbon = 100 g.

Massa karbon = 75% × 100 g = 75 g

Kadar hidrogen = 100% – 75% = 25 %

Massa hidrogen = 25% × 100 g = 25 g

Selanjutnya, gunakan perbandingan mol berikut.

$$\text{Mol C : mol H} = \frac{\text{massa C}}{Ar\,\text{C}} : \frac{\text{massa H}}{Ar\,\text{H}}$$

$$= \frac{75\text{ g}}{12} : \frac{25\text{ g}}{1}$$

$$= \frac{25}{4} : \frac{25}{1}$$

$$= 1 : 4$$

Jadi, rumus empiris senyawa hidrokarbon tersebut adalah CH_4.

b. Untuk menentukan rumus molekulnya, gunakan persamaan berikut.

Mr rumus empiris × *n* = *Mr* rumus molekul

$\Leftrightarrow Mr\,CH_4 \times n = 32$

$\Leftrightarrow (1 \times Ar\,C + 4 \times Ar\,H) \times n = 32$

$\Leftrightarrow (1 \times 12 + 4 \times 1) \times n = 32$

$\Leftrightarrow 16 \times n = 32$

$\Leftrightarrow n = 2$

Jadi, rumus molekulnya adalah $(CH_4)_2 = C_2H_8$.

Contoh Soal 5

Senyawa karbon dengan massa 92 gram dibakar dengan oksigen sehingga menghasilkan 132 gram CO_2 dan 72 gram H_2O. Tentukan rumus molekul senyawa tersebut! (*Ar* H = 1, C = 12, O = 16)

Pembahasan:

Tentukan dahulu persamaan reaksinya.

$C_xH_yO_z + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

Kemudian, tentukan massa unsur karbon, hidrogen, dan oksigen.

$$\text{Massa C dalam } CO_2 = \frac{1 \times Ar\,C}{Mr\,CO_2} \times \text{massa } CO_2$$

$$= \frac{12}{(12 + 2 \times 16)} \times 132\text{ g}$$

$$= \frac{12}{44} \times 132\text{ g}$$

$$= 36\text{ g}$$

$$\text{Massa H dalam } H_2O = \frac{2 \times Ar\,H}{Mr\,H_2O} \times \text{massa } H_2O$$

$$= \frac{2 \times 1}{(2 \times 1 + 16)} \times 72\text{ g}$$

$$= \frac{2}{18} \times 72\text{ g}$$

$$= 8\text{ g}$$

Massa O = massa $C_xH_yO_z$ – massa C – massa H

= 92 g – 36 g – 8 g

= 48 g

Selanjutnya, gunakan perbandingan mol berikut.

Mol C : mol H : mol O

$$\Leftrightarrow \frac{\text{massa C}}{Ar\,C} : \frac{\text{massa H}}{Ar\,H} : \frac{\text{massa O}}{Ar\,O}$$

$\Leftrightarrow \frac{36\,g}{12} : \frac{8\,g}{1} : \frac{48\,g}{16}$

$\Leftrightarrow 3 : 8 : 3$

Super "Solusi Quipper"

Persamaan reaksi:

$C_xH_yO_z + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

92 gram ? 132 gram 72 gram

Tentukan dahulu massa O_2 dengan menggunakan hukum kekekalan massa.

Massa $C_xH_yO_z$ + massa O_2 = massa CO_2 + massa H_2O

$\Leftrightarrow$ 92 g + massa O_2 = 132 g + 72 g

$\Leftrightarrow$ Massa O_2 = 112 g

Selanjutnya, ubah massa senyawa menjadi mol.

$$\text{Mol } O_2 = \frac{\text{massa } O_2}{Mr\, O_2} = \frac{112\,g}{32} = \frac{7}{2}\,\text{mol}$$

$$\text{Mol } CO_2 = \frac{\text{massa } CO_2}{Mr\, CO_2} = \frac{132\,g}{44} = 3\,\text{mol}$$

$$\text{Mol } H_2O = \frac{\text{massa } H_2O}{Mr\, H_2O} = \frac{72\,g}{18} = 4\,\text{mol}$$

Setelah itu, gunakan mol sebagai pengganti koefisien.

$$C_xH_yO_z + \frac{7}{2}O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$

$C_x = C_3$; $H_y = H_8$; $O_z = O_3$

Jadi, rumus molekul senyawa tersebut adalah $C_3H_8O_3$.

D. Melengkapi Persamaan Reaksi Kimia

Pada umumnya, suatu reaksi kimia melibatkan ion-ion. Oleh karena itu, jika dua buah senyawa atau lebih direaksikan, akan terjadi pertukaran ion-ion. Kation dari suatu senyawa akan berikatan dengan anion dari senyawa lainnya, dan sebaliknya. Reaksi pertukaran ion-ion pada suatu reaksi kimia dapat diilustrasikan seperti berikut.

$$AB + CD \rightarrow AD + BC$$

Beberapa reaksi yang terjadi mengikuti aturan berikut.

- Asam + basa → garam + air
- Garam 1 + garam 2 → garam 3 + garam 4
- $C_xH_y + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$
- $C_xH_yO_z + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

Contoh:

a. $NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$

b. $H_2SO_4 + KOH \rightarrow K_2SO_4 + H_2O$

c. $AlCl_3 + CaCO_3 \rightarrow Al_2(CO_3)_3 + CaCl_2$

d. $Na_3PO_4 + Mg(NO_3)_2 \rightarrow NaNO_3 + Mg_3(PO_4)_2$

e. $C_3H_8 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

f. $C_2H_6O + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

Contoh Soal 6

Tuliskan persamaan reaksi berikut ini dan lengkapi hasil reaksinya!

a. Natrium oksalat + aluminium sulfida → ... + ...

b. Amonium nitrat + barium kromat → ... + ...

Pembahasan:

a. Natrium oksalat + aluminium sulfida → ... + ...

$Na^+; C_2O_4^{2-} + Al^{3+}; S^{2-} \rightarrow Na^+; S^{2-} + Al^{3+}; C_2O_4^{2-}$

$Na_2C_2O_4 + Al_2S_3 \rightarrow Na_2S + Al_2(C_2O_4)_3$

b. Amonium nitrat + barium kromat → ... + ...

$NH^{4+}; NO_3^- + Ba^{2+}; CrO_4^{2-} \rightarrow NH^{4+}; CrO_4^{2-} + Ba^{2+}; NO_3^-$

$NH_4NO_3 + BaCrO_4 \rightarrow (NH_4)_2CrO_4 + Ba(NO_3)_2$

Contoh Soal 7

Lengkapi hasil reaksi berikut ini dan setarakan koefisiennya!

a. Kalsium asetat + aluminium dikromat → ... + ...

b. Potassium klorat + barium silikat → ... + ...

c. Sodium karbonat + magnesium fosfat → ... + ...

Pembahasan:

a. Kalsium asetat + aluminium dikromat → ... + ...

$Ca^{2+}; CH_3COO^- + Al^{3+}; Cr_2O_7^{2-} \rightarrow Ca^{2+}; Cr_2O_7^{2-} + Al^{3+}; CH_3COO^-$

$Ca(CH_3COO)_2 + Al_2(Cr_2O_7)_3 \rightarrow CaCr_2O_7 + Al(CH_3COO)_3$

Untuk menyetarakan koefisien reaksinya, senyawa yang memiliki rumus molekul rumit dianggap bernilai 1. Dalam reaksi ini, senyawa yang memiliki rumus molekul rumit adalah $Al_2(Cr_2O_7)_3$, sehingga:

$Ca(CH_3COO)_2 + 1Al_2(Cr_2O_7)_3 \rightarrow CaCr_2O_7 + Al(CH_3COO)_3$

Setelah koefisien reaksinya disetarakan, diperoleh:

$3Ca(CH_3COO)_2 + Al_2(Cr_2O_7)_3 \rightarrow 3CaCr_2O_7 + 2Al(CH_3COO)_3$

b. Potassium klorat + barium silikat → ... + ...

$K^+; ClO_3^- + Ba^{2+}; SiO_3^{2-} \rightarrow Ba^{2+}; ClO_3^- + K^+; SiO_3^{2-}$

$KClO_3 + BaSiO_3 \rightarrow Ba(ClO_3)_2 + K_2SiO_3$

Untuk menyetarakan koefisien reaksinya, senyawa yang memiliki rumus molekul rumit dianggap bernilai 1. Dalam reaksi ini, senyawa yang memiliki rumus molekul rumit adalah $Ba(ClO_3)_2$, sehingga:

$KClO_3 + BaSiO_3 \rightarrow 1Ba(ClO_3)_2 + K_2SiO_3$

Setelah koefisien reaksinya disetarakan, diperoleh:

$2KClO_3 + BaSiO_3 \rightarrow Ba(ClO_3)_2 + K_2SiO_3$

c. Sodium karbonat + magnesium fosfat → ... + ...

$Na^+; CO_3^{2-} + Mg^{2+}; PO_4^{3-} \rightarrow Na^+; PO_4^{3-} + Mg^{2+}; CO_3^{2-}$

$Na_2CO_3 + Mg_3(PO_4)_2 \rightarrow Na_3PO_4 + MgCO_3$

Untuk menyetarakan koefisien reaksinya, senyawa yang memiliki rumus molekul rumit dianggap bernilai 1. Dalam reaksi ini, senyawa yang memiliki rumus molekul rumit adalah $Mg_3(PO_4)_2$, sehingga:

$Na_2CO_3 + 1Mg_3(PO_4)_2 \rightarrow Na_3PO_4 + MgCO_3$

Setelah koefisien reaksinya disetarakan, diperoleh:

$3Na_2CO_3 + Mg_3(PO_4)_2 \rightarrow 2Na_3PO_4 + 3MgCO_3$