KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN ANAK USIA DINI,
PENDIDIKAN DASAR DAN PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT SEKOLAH MENENGAH ATAS
2020

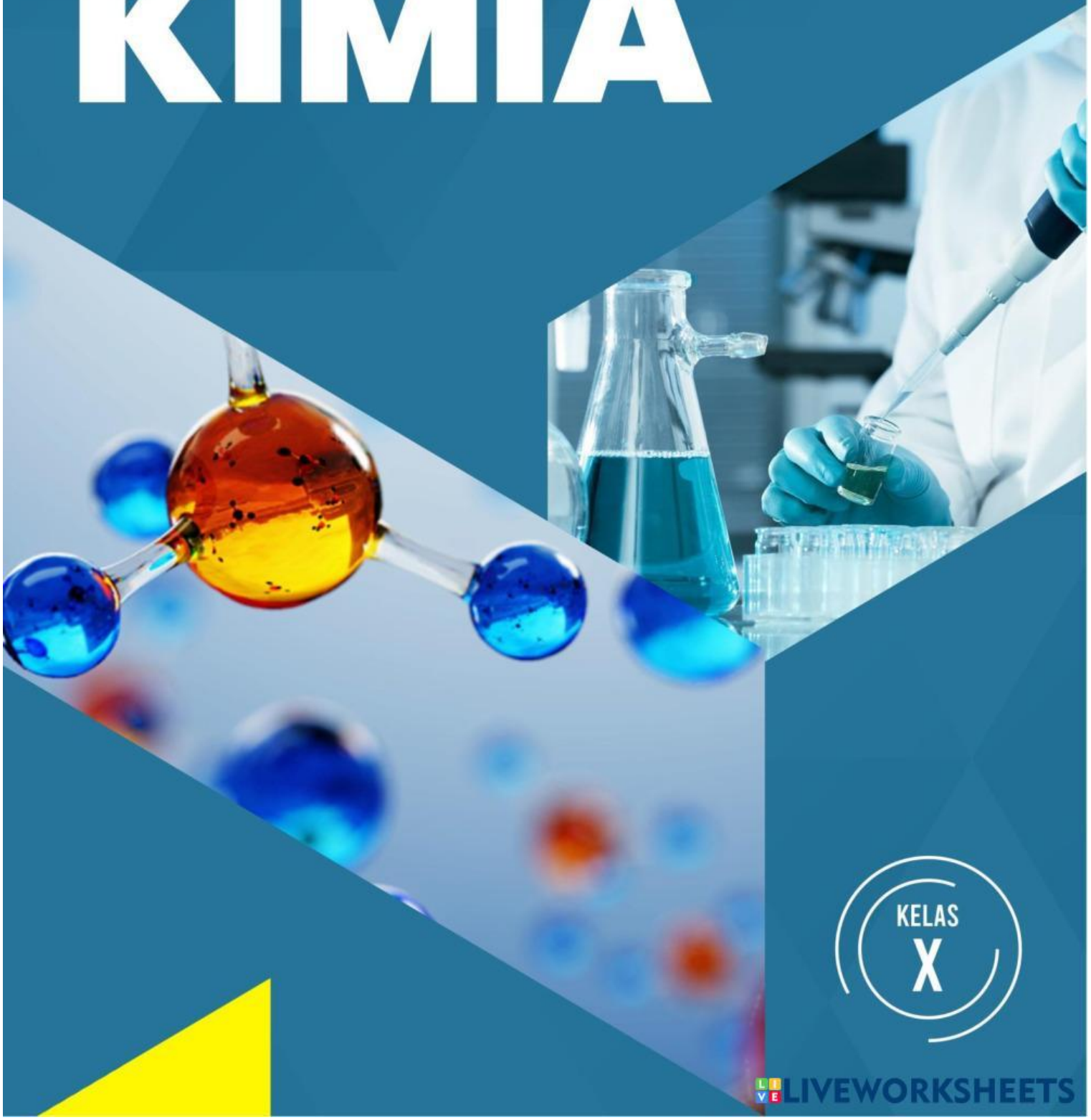
BERANI JUJUR HEBAT!

JUJUR ADALAH LANGKAH AWAL BERANTAS KORUPSI

ZI-WBK

Modul Pembelajaran SMA

KIMIA



KELAS X

LIVEWORKSHEETS

KEGIATAN PEMBELAJARAN 4
KONSEP MOL

A. Tujuan Pembelajaran

Materi pada Kegiatan Pembelajaran 4 ini merupakan materi prasyarat untuk Kegiatan Pembelajaran berikutnya. Jadi setelah membaca dan mengikuti langkah-langkah atau arahan pada modul ini diharapkan Ananda dapat :

1. Memahami massa atom relatif (Ar) dan massa molekul relatif (Mr).
2. Menghitung massa atom relatif (Ar) dan massa molekul relatif (Mr).
3. Menerapkan massa atom relatif (Ar) dan massa molekul relatif (Mr) untuk menuliskan rumus kimia suatu senyawa dan menyelesaikan perhitungan kimia.
4. Menerapkan konsep mol untuk menyelesaikan perhitungan kimia.
5. Menentukan Rumus Empiris (RE) dan Rumus Molekul (RM) suatu senyawa.

B. Uraian Materi

1. Massa Atom Relatif (Ar) dan Massa Molekul Relatif (Mr)

Pada materi kimia sebelumnya tentang Struktur Atom, Ananda telah mengenal Ar atau massa atom relatif. Nah, pada kegiatan pembelajaran kali ini kita Kembali membahas tentang Ar ditambah tentang Mr (massa molekul relatif).

Massa Molekul Relatif (Mr) dan Massa Atom Relatif (Ar) menyatakan perbandingan massa atom unsur dengan massa atom C-12 atau secara matematik ditulis:

$$\mathbf{Ar} = \frac{\textit{Massa 1 atom unsur}}{\frac{1}{12}\ x\ \textit{massa 1 atom C-12}}$$

Massa atom relatif suatu unsur diperlukan untuk menentukan massa molekul relatif suatu senyawa baik yang berupa molekul unsur, molekul senyawa, dan senyawa ion. Massa molekul relatif dinyatakan dengan Mr.

Massa molekul relatif (Mr) dapat dinyatakan dengan menjumlahkan massa atom relatif (Ar) atom-atom unsur pembentuk senyawa.

$$\mathbf{Mr} = \Sigma\ Ar$$

Contoh :

Diketahui Ar H = 1; O = 16; S = 32; C = 12; N = 14.

Tentukan :

a. Mr H_2SO_4

b. Mr $CO(NH_2)_2$

Penyelesaian :

a. Mr H_2SO_4 = (2 x Ar H) + (1 x Ar S) + (4 x Ar O)
= (2 x 1) + (1 x 32) + (4 x 16)
= 2 + 32 + 64
= **98**

b. Mr $CO(NH_2)_2$ = (1 x Ar C) + (1 x Ar O) + (2 x Ar N) + (4 x Ar H)
= (1 x 12) + (1 x 16) + (2 x 14) + (4 x 1)
= 12 + 16 + 28 + 4
= **60**

LIVEWORKSHEETS

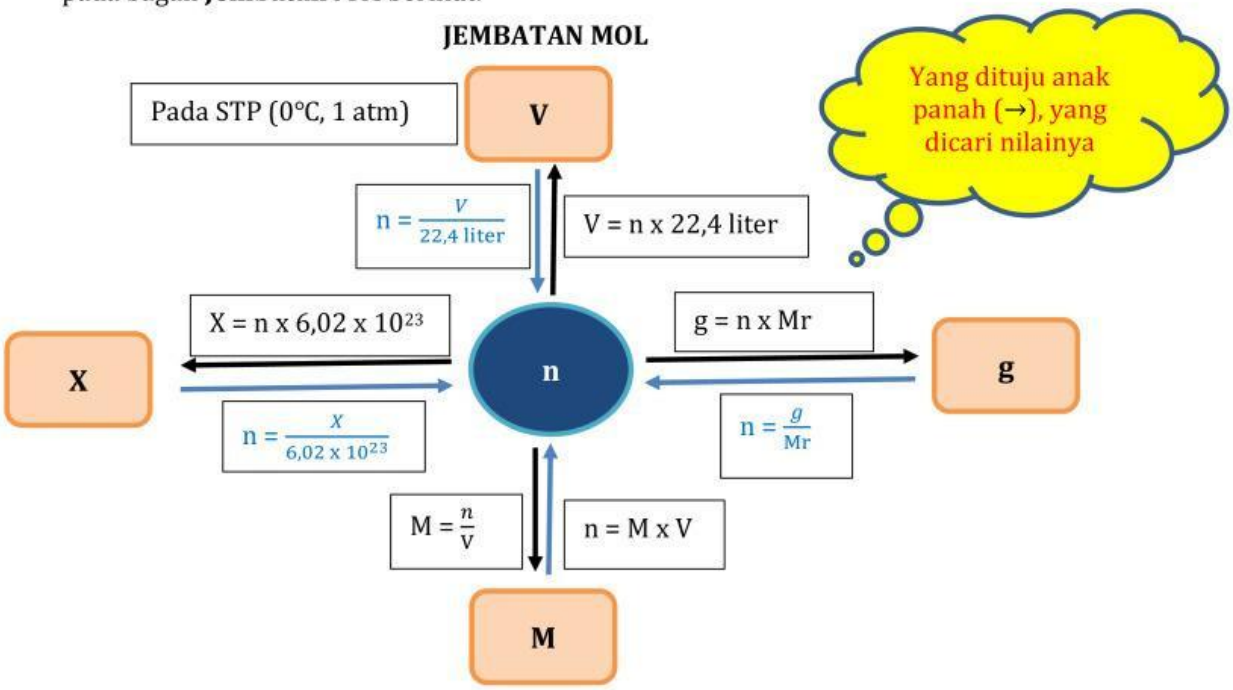
2. Mol

Ananda, untuk menyatakan banyaknya suatu benda, sehari-hari dikenal satuan lusin, kodi, gros, dan rim. 1 lusin banyaknya 12, 1 gros banyaknya 144, 1 kodi banyaknya 20, dan 1 rim banyaknya 500. Nah, tahukah Ananda apa satuan zat dalam kimia?

Zat-zat yang terlibat dalam reaksi kimia tersebut mengandung partikel-partikel seperti atom, molekul, atau ion. Bayangkanlah bahwa 1 gram besi mengandung lebih dari 10^{20} butir-butir atom besi dan 1 mL air mengandung lebih dari 10^{20} molekul air, jadi sangat sulit menghitungnya.

Agar tidak mengalami kesulitan, maka jumlah partikel yang banyak itu diungkapkan dengan satuan jumlah. Para ahli kimia menyatakan satuan jumlah zat dalam kimia adalah **mol**. Bagaimana menentukan mol suatu zat? Ananda dapat melihat pada bagan **Jembatan Mol** berikut.

JEMBATAN MOL



Keterangan :

n	: Jumlah mol (mol)
g	: Massa (gram)
V	: Volume (liter)
N	: Jumlah partikel (atom atau ion atau molekul)
M	: Molaritas (M)

Volume gas bergantung pada suhu dan tekanan. Beberapa keadaan suhu dan tekanan yang biasa dijadikan acuan penentuan volume gas sebagai berikut.

1. Keadaan Standar

Kondisi dengan suhu 0 °C dan tekanan 1 atm disebut keadaan standar dan dinyatakan dengan *STP (Standard Temperature and Pressure).* Rumus yang digunakan untuk mencari volume sama dengan yang tercantum pada Jembatan Mol.

LIVEWORKSHEETS

2. **Keadaan Kamar**
   Kondisi pengukuran gas pada suhu 25 °C dan tekanan 1 atm disebut keadaan kamar dan dinyatakan dengan *RTP (Room Temperature and Pressure)*. Untuk mencari volume menggunakan persamaan gas ideal.

$$V = \frac{nRT}{P}$$

dengan: P = tekanan (atm)
V = volume gas (liter)
n = jumlah mol (mol)
R = tetapan gas = 0,082 L atm/mol K
T = 25 °C = 298 K

3. **Keadaan Tertentu dengan Suhu dan Tekanan yang Diketahui**
   Volume gas pada suhu dan tekanan yang diketahui dapat dihitung dengan menggunakan persamaan gas yang disebut persamaan gas ideal. Persamaan gas ideal, yaitu PV = nRT, untuk menentukan volume gas menjadi:

$$V = \frac{nRT}{P}$$

dengan: P = tekanan gas (atm)
V = volume gas (liter)
n = jumlah mol gas (mol)
R = tetapan gas = 0,082 L atm/mol K
T = suhu mutlak gas (K = 273 + suhu celcius)

4. **Keadaan yang Mengacu pada Keadaan Gas Lain**
   Pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas hanya bergantung pada jumlah molnya. Misalkan gas pertama dengan jumlah mol n_1 dan volume V_1 dan gas kedua dengan jumlah mol n_2 dan volume V_2, maka pada suhu dan tekanan yang sama berlaku:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2} \text{ atau } \frac{n_1}{V_1} = \frac{n_1}{V_2}$$

Perhatikan contoh-contoh berikut agar Ananda lebih memahami tentang hubungan mol dengan besaran lainnya.

Contoh Soal

1. Suatu sampel logam mengandung 5 mol emas murni (Au).
   a. Apakah jenis partikel unsur emas?
   b. Berapakah jumlah partikel dalam sampel tersebut?

   Penyelesaian:
   a. Emas adalah unsur logam, sehingga jenis partikelnya adalah **atom** emas.
   b. Jumlah partikel dalam 5 mol emas murni adalah:
      X = n × 6,02 × 10^{23} partikel/mol
      = 5 mol × 6,02 × 10^{23} partikel/mol
      = **3,01 × 10^{24} atom emas**
2. Menghitung Massa Jika Diketahui Jumlah Mol Zat

LIVEWORKSHEETS

Hitunglah massa dari:

a. 5 mol besi (Ar Fe = 56)
b. 0,75 mol urea $CO(NH_2)_2$ (Ar C = 12, O = 16, N = 14, dan H = 1)

Penyelesaian:

a. massa besi = g = n × Ar Fe
= 5 mol × 56 mol/gram
= **80 gram**

b. massa urea = g = n × Mr $CO(NH_2)_2$
= 0,75 mol × 60 mol/gram
= **45 gram**

3. Menghitung Mol Jika Diketahui Massa Zat
Hitunglah banyaknya mol dari:
a. 2,3 gram natrium (Ar Na = 23)
b. 45 gram $C_6H_{12}O_6$ (Ar C = 12, H = 1, dan O = 16)

Penyelesaian:

a. $n = \frac{g}{Ar} = \frac{2{,}3\ gram}{23\ gram/mol} = \mathbf{0{,}1\ mol}$

b. Mr C6H12O6 = (6 x Ar C) + (12 x Ar H) + (6 x Ar O)
= (6 x 12) + (12 x 1) + (6 x 16)
= 72 + 12 + 96
= 180

$n = \frac{g}{Mr} = \frac{45\ gram}{180\ gram/mol} = \mathbf{0{,}25\ mol}$

4. Tentukan volume dari 2 mol gas nitrogen jika diukur pada:
a. keadaan standar (STP)
b. keadaan kamar (RTP)
c. suhu 30 °C dan tekanan 1 atm
d. suhu dan tekanan yang sama di mana 0,5 mol gas oksigen mempunyai volume 15 liter

Penyelesaian:

a. Pada keadaan standar (STP)
V = n × 22,4 liter
= 2 mol × 22,4 liter/mol
= **44,8 liter**

b. Pada keadaan kamar (RTP)

$V = \frac{nRT}{P} = \frac{2\ mol\ x\ 0{,}082\ \frac{L.atm}{mol\ K}\ x\ 298\ K}{1\ atm} = \mathbf{48{,}8\ liter}$

c. Pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm
T = 273 + 30 = 303 K

$V = \frac{nRT}{P} = \frac{2\ mol\ x\ 0{,}082\ \frac{L.atm}{mol\ K}\ x\ 303\ K}{1\ atm} = \mathbf{49{,}7\ liter}$

d. Pada suhu dan tekanan yang sama di mana 0,5 mol gas oksigen mempunyai volume 15 liter

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\frac{V_{O_2}}{V_{N_2}} = \frac{n_{O_2}}{n_{N_2}}$$

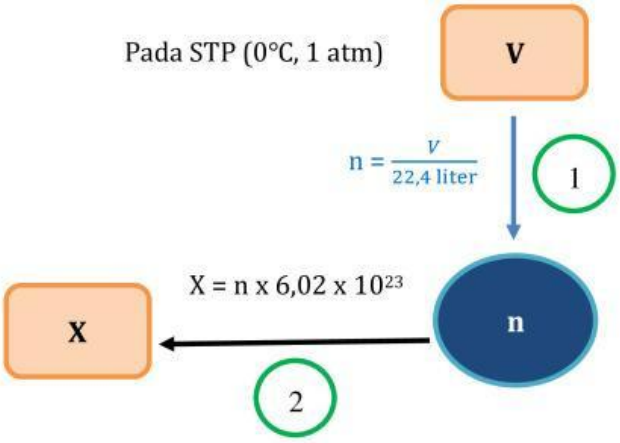
$$\frac{15\ liter}{V_{N_2}} = \frac{0{,}5\ mol}{2\ mol}$$

LIVEWORKSHEETS

$$V_{N_2} = \frac{2\ mol}{0{,}5\ mol}\ x\ 15\ liter$$
$$V_{N_2} = 4\ x\ 15\ liter$$
$$V_{N_2} = \mathbf{60\ liter}$$

5. Hitunglah jumlah molekul O_2 yang terkandung dalam 2 liter gas oksigen pada suhu 0 °C dan tekanan 1 atm. (L = 6,02 × 10^{23})

   Penyelesaian:



   Karena yang diketahui volume gas oksigen pada STP dan yang ditanyakan adalah jumlah molekul O_2, maka rumus yang digunakan ada dua. Pada jembatan mol ***start*** **dari V dan *finish* di X.**

   1 $\quad n = \frac{V}{22{,}4\ \text{liter}}$
$$= \frac{2\ liter}{22{,}4\ liter}$$
$$= 0{,}089\ mol$$

   2 $\quad X = n \times 6{,}02 \times 10^{23}$
$$= 0{,}089\ \text{mol} \times 6{,}02 \times 10^{23}$$
$$= 0{,}536 \times 10^{23}\ \text{molekul}$$

   Jadi, jumlah molekul O_2 yang terkandung dalam 2 liter gas O_2 adalah **0,536 × 10^{23} molekul**

3. Penentuan Rumus Kimia Senyawa

Ananda yang hebat, suatu senyawa mempunyai dua macam rumus yaitu Rumus Molekul (RM) dan Rumus Empiris (RE). Rumus Molekul adalah rumus sebenarnya dari senyawa, sedangkan Rumus Empiris adalah rumus paling sederhana dari senyawa.

a. Menentukan Rumus Empiris (RE) Berdasarkan Ar dan Mr

Dalam menentukan rumus empiris zat, perbandingan mol unsur-unsur dalam zat haruslah merupakan perbandingan paling sederhana.

Berdasarkan Ar, Mr, dan persentase unsur-unsur pembentuk senyawa, Ananda dapat menentukan rumus kimia senyawa dengan langkah-langkah sebagai berikut.

a. Tuliskan lambang unsur.
b. Tuliskan perbandingan % massanya.

LIVEWORKSHEETS

c. Bagi % massa dengan Ar unsur tersebut, sehingga didapat perbandingan jumlah unsur-unsur.
d. Bagi dengan angka terkecil sehingga didapat perbandingan yang sederhana. Agar lebih memahami, perhatikan contoh soal berikut.

Contoh Soal
Tentukan rumus empiris dari senyawa yang mengandung 59% natrium dan 41% belerang! (Ar Na = 23, S = 32).

Penyelesaian:
Perbandingan % massa Na dan S = 59% : 41%
Perbandingan jumlah unsur Na dan S $= \frac{59}{23} : \frac{41}{32}$
$= 2{,}56 : 1{,}28$
$= \frac{2{,}56}{1{,}28} : \frac{1{,}28}{1{,}28}$
Perbandingan unsur Na dan S = 2 : 1
Rumus Empiris = $\mathbf{Na_2S}$

b. Menentukan Rumus Molekul (RM)
Rumus molekul atau rumus sebenarnya dari senyawa merupakan kelipatan dari rumus empirisnya.

Mr Rumus Molekul = n x Mr Rumus Empiris

atau

RM = (RE)n

Contoh soal
Suatu senyawa organik dengan Mr = 90 tersusun dari 40% karbon; 6,6% hidrogen; dan sisanya oksigen (Ar C=12; H = 1; O = 16). Tentukan rumus molekul senyawa tersebut!

Penyelesaian:
C = 40%; H= 6,6% ; O= 53,4%
mol C : mol H : mol O $= \frac{40}{12} : \frac{6{,}6}{1} : \frac{53{,}4}{16}$
$= 3{,}3 : 6{,}6 : 3{,}3$
$= 1 : 2 : 1$
Rumus Empirisnya adalah : CH_2O

RM = (RE)n
90 = $(CH_2O)n$
90 = (Ar C + 2Ar H + Ar O)n
90 = (12 + (2x1) + 16)n
90 = (30)n
n $= \frac{90}{30}$
n = 3

Jadi, Rumus Molekulnya adalah $(CH_2O)_3$ = $\mathbf{C_3H_6O_3}$

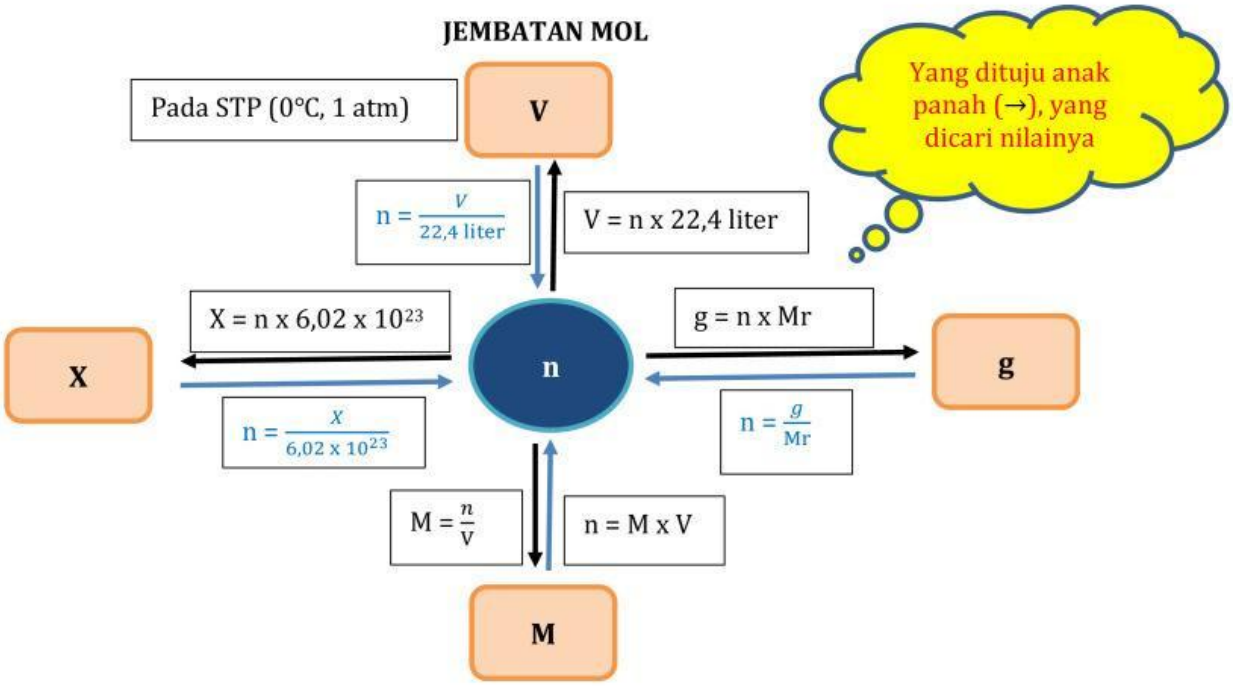
C. Rangkuman

1. Massa atom relatif

LIVEWORKSHEETS

$$\textbf{Ar} = \frac{Massa\ 1\ atom\ unsur}{\frac{1}{12}\ x\ massa\ 1\ atom\ C-12}$$

2. Massa molekul relatif (Mr) merupakan jumlah massa atom relatif unsur-unsur pembentuk satu molekul suatu senyawa.
3. Satuan jumlah zat dalam kimia adalah **mol**.
4. Hubungan mol dengan besaran lainnya digambarkan dalam suatu Jembatan Mol.



5. Volume gas dipengaruhi oleh suhu dan tekanan.
6. Kondisi dengan suhu 0 °C dan tekanan 1 atm disebut keadaan standar dan dinyatakan dengan *STP (Standard Temperature and Pressure).*
7. Kondisi pengukuran gas pada suhu 25 °C dan tekanan 1 atm disebut keadaan kamar dan dinyatakan dengan *RTP (Room Temperature and Pressure)*.
8. Volume gas pada suhu dan tekanan yang diketahui dapat dihitung dengan menggunakan persamaan gas yang disebut persamaan gas ideal, yaitu PV = nRT.
9. Pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas hanya bergantung pada jumlah molnya.
10. Suatu senyawa mempunyai Rumus Empiris (RE) dan Rumus Molekul (RM).
11. Hubungan RE dan RM dinyatakan dengan rumus **RM = (RE)n**

D. Penugasan Mandiri

Agar Ananda semakin memahami tentang materi di Kegiatan Pembelajaran ini, lakukanlah kegiatan berikut ini secara mandiri !

Carilah 10 senyawa yang Ananda sering jumpai dalam kehidupan sehari-hari (di rumah atau lingkungan sekitar), kemudian tuliskan rumus molekul, rumus empiris dan carilah massa molekul relatifnya! Buatlah laporannya!

E. Latihan Soal

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan tepat!

1. Tentukan Mr dari senyawa berikut.
   a. $Al_2(SO_4)_3$

LIVEWORKSHEETS

b. $CuSO_4 .5H_2O$

2. Suatu sampel gas O_2 mengandung $1,505 \times 10^{23}$ partikel.
   a. Apa jenis partikel gas O_2?
   b. Berapa banyaknya mol O_2 tersebut?
3. Berapakah massa dari 2 mol glukosa $C_6H_{12}O_6$ (Ar C = 12, H = 1, O = 16)?
4. Tentukan volume dari 0,6 mol gas hidrogen yang diukur pada:
   a. keadaan standar (STP)
   b. keadaan kamar (RTP)
   c. suhu 28 °C dan tekanan 1 atm
   d. suhu dan tekanan yang sama pada saat 2 mol gas karbon monoksida volumenya 25 liter
5. Vanila yang digunakan untuk memberi cita rasa makanan mempunyai komposisi: 63,2% C, 5,2% H, dan 31,6% O (Ar C = 12, H = 1, dan O = 16). Tentukan rumus empirisnya!
6. Berapakah massa $C_6H_{12}O_6$ yang dibutuhkan untuk membuat 2 liter larutan $C_6H_{12}O_6$ 0,05 M (Ar C = 12, H = 1, O = 16)?

LIVEWORKSHEETS

Kunci Jawaban

1.

a. Mr $Al_2(SO_4)_3$ = (2 x Ar Al) + (3 x Ar S) + (12 x Ar O)
= (2 x 13) + (3 x 32) + (12 x 16)

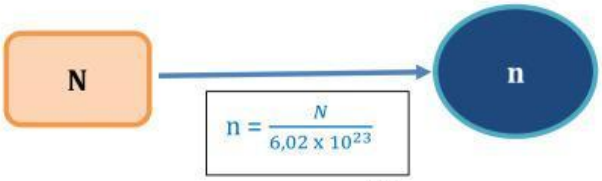
b. Mr $CuSO_4 .5 H_2O$= (1 x Ar Cu) + (1 x Ar S) + (4 x Ar O) + (10 x Ar H) + (5 x Ar O)
= (1 x 63,5) + (1 x 32) + (4 x 16) + (10 x 1) + (5 x 16)
= 63,5 + 32 + 64 + 10 + 80
= 249,5

(Skor = 10)

2.

a. Gas O_2 adalah unsur diatomik dengan partikel berupa molekul unsur.

b. Banyaknya mol O_2 yang mengandung $1{,}505 \times 10^{23}$ partikel adalah:



$$n = \frac{1{,}505 \; x \; 10^{23}}{6{,}02 \; x \; 10^{23}}$$

= **0,25 mol**

(Skor = 10)

3. Mr $C_6H_{12}O_6$ = 180
Massa 2 mol glukosa = 2 mol x 180 gram/mol = 360 gram
Jadi, massa dari 2 mol glukosa = **360 gram**.
(Skor = 10)

4.

a. Pada keadaan standar (STP)
V = n × 22,4 liter
= 0,6 mol × 22,4 liter/mol
= **13,44 liter**
Jadi, volume dari 0,6 mol gas hidrogen yang diukur pada keadaan standar (STP) adalah **13,44 liter**

b. Pada keadaan kamar (RTP)

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{0{,}6 \; mol \; x \; 0{,}082 \; \frac{L.atm}{mol\ K} \; x \; 298 \; K}{1 \; atm} = \mathbf{14{,}66\ liter}$$

Jadi, volume dari 0,6 mol gas hidrogen yang diukur pada keadaan kamar (RTP) adalah **14,66 liter**

c. Pada suhu 28 °C dan tekanan 1 atm
T = 273 + 28 = 301 K

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{0{,}6 \; mol \; x \; 0{,}082 \; \frac{L.atm}{mol\ K} \; x \; 301 \; K}{1 \; atm} = \mathbf{14{,}81\ liter}$$

Jadi, volume dari 0,6 mol gas hidrogen yang diukur pada keadaan suhu 28 °C dan tekanan 1 atm adalah **14, 81 liter**

d. Pada suhu dan tekanan yang sama pada saat 2 mol gas karbon monoksida volumenya 25 liter

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

LIVEWORKSHEETS

$$\frac{V_{CO}}{V_{H_2}} = \frac{n_{CO}}{n_{H_2}}$$
$$\frac{25\ liter}{V_{H_2}} = \frac{2\ mol}{0{,}6\ mol}$$
$$V_{N_2} = \frac{0{,}6\ mol}{2\ mol}\ x\ 25\ liter$$
$$V_{N_2} = 0{,}3\ x\ 25\ liter$$
$$V_{N_2} = \mathbf{7{,}5\ liter}$$

Jadi, volume dari 0,6 mol gas hidrogen yang diukur pada suhu dan tekanan yang sama pada saat 2 mol gas karbon monoksida volumenya 25 liter adalah $\mathbf{7{,}5\ liter}$

(Skor = 10)

5. Perbandingan % massa C, H dan O = 63,2% : 5,2% : 31,6%

Perbandingan jumlah unsur C, H dan O $= \frac{63{,}2}{12} : \frac{5{,}2}{1} : \frac{31{,}6}{16}$

$= 5{,}27 : 5{,}2 : 1{,}98$

$= \frac{5{,}27}{1{,}98} : \frac{5{,}2}{1{,}98} : \frac{1{,}98}{1{,}98}$

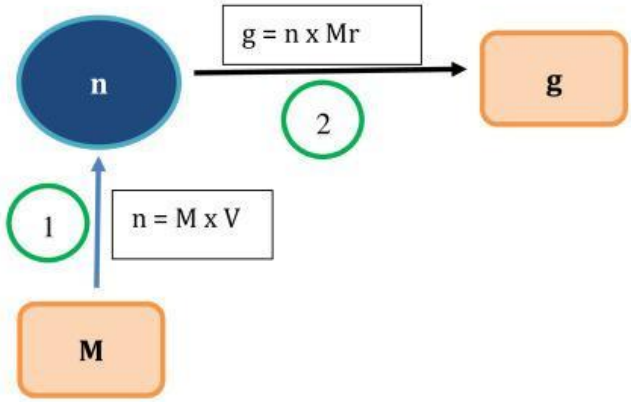
Perbandingan unsur C, H dan O $= 2{,}66 : 2{,}66 : 1$

$= 8 : 8 : 3$

Jadi, Rumus Empiris vanilla adalah $\mathbf{C_8H_8O_3}$

(Skor = 10)

6.



1 n = M x V = 0,05 M x 2 liter = 0,1 mol

2 g = n x Mr $C_6H_{12}O_6$
= 0,1 mol x [(6 x Ar C) + (12 x Ar H) + (6 x Ar O)]
= 0,1 mol x [(6 x 12) + (12 x 1) + (6 x 16)]
= 0,1 mol x 180
= **18 gram**

(Skor = 10)

LIVEWORKSHEETS

Cocokkanlah jawaban Ananda dengan Kunci Jawaban. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Ananda terhadap materi Kegiatan Pembelajaran 4.

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Jumlah Skor perolehan}}{\text{Jumlah Skor Maksimum}} \times 100\%$$

Konversi tingkat penguasaan:

90 - 100% = baik sekali
80 - 89% = baik
70 - 79% = cukup
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Pembelajaran 5. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Pembelajaran 4, terutama bagian yang belum dikuasai.

F. Penilaian Diri

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan jujur dan bertanggung jawab!

NO	PERTANYAAN	JAWABAN	
		YA	TIDAK
1	Saya dapat memahami massa atom relatif (Ar) dan massa molekul relatif (Mr).		
2	Saya dapat menghitung massa atom relatif (Ar) dan massa molekul relatif (Mr).		
3	Saya dapat menerapkan massa atom relatif (Ar) dan massa molekul relatif (Mr) untuk menuliskan rumus kimia suatu senyawa dan menyelesaikan perhitungan kimia.		
4	Saya dapat menerapkan konsep mol untuk menyelesaikan perhitungan kimia.		
5	Saya dapat menentukan Rumus Empiris (RE) dan Rumus Molekul (RM) suatu senyawa.		

Catatan :

Bila ada jawaban "Tidak", maka segera lakukan review pembelajaran, terutama pada bagian yang masih "Tidak". Bila semua jawaban "Ya", maka Anda dapat melanjutkan ke pembelajaran berikutnya.

LIVEWORKSHEETS