



BAHAN AJAR

Stoikiometri

KIMIA KELAS X

KELAS
X



Partikel



$$1 \text{ mol} = 6,022 \times 10^{23} \text{ partikel}$$

Massa



$$n = \frac{m}{M_r}$$

$$1 \text{ mol} = M_r \text{ gram}$$

Volume Gas
(STP)



$$1 \text{ mol gas} = 22,4 \text{ L (STP)}$$

MOL

Jumlah Zat

$$n = \frac{N}{6,022 \times 10^{23}}$$

Konsentrasi
Larutan

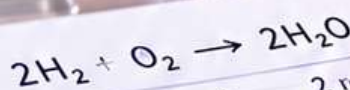


$$n = M \times V$$

(M = mol/L, V = L)

NaCl

5.320 g



2 mol
4 g

1 mol
32 g

2 mol
36 g

PENYUSUN

Sunartri, S.Pd., M.Pd.

A. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

1. Memahami massa atom relatif (A_r) dan massa molekul relatif (M_r).
2. Menghitung massa atom relatif (A_r) dan massa molekul relatif (M_r).
3. Menerapkan massa atom relatif (A_r) dan massa molekul relatif (M_r) untuk
4. Menuliskan rumus kimia suatu senyawa dan menyelesaikan perhitungan kimia.
5. Menerapkan konsep mol untuk menyelesaikan perhitungan kimia.
6. Menentukan Rumus Empiris (RE) dan Rumus Molekul (RM) suatu senyawa.
7. Menentukan komposisi zat dalam senyawa.
8. Menuliskan rumus senyawa hidrat.
9. Menyelesaikan perhitungan kimia pada suatu persamaan reaksi kimia.
10. Menentukan pereaksi pembatas pada reaksi kimia

B. Uraian Materi

Stoikiometri (Perhitungan Kimia)

Ilmu stoikiometri mempunyai manfaat dalam berbagai bidang, diantaranya aplikasi stoikiometri dalam ilmu lingkungan seperti pemantauan kadar pencemar memerlukan metoda analisis yang tepat, cepat dan peka untuk menentukan berbagai partikel. Dalam bidang kedokteran diperlukan berbagai analisis untuk menentukan berbagai unsur atau senyawa dalam sampel seperti darah, urin, rambut, tulang seperti pada gambar 12. Di bidang pertanian, komposisi pupuk yang tepat sehingga tumbuhan menghasilkan panen seperti yang diharapkan juga memerlukan metoda analisis yang tepat untuk mengetahuinya. Di bidang industri metoda analisis diperlukan untuk memonitoring bahan baku, proses produksi, produk maupun limbah yang dihasilkan. Itu adalah sebagian saja yang dapat dikemukakan mengenai peranan kimia analitik dalam kehidupan manusia



Gambar 1. Analisa darah

Sumber:

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.sehatq.com>

KONSEP MOL

a) Massa Atom Relatif dan Massa Molekul Relatif

Pada semester gasal kelas X anda telah belajar tentang Struktur Atom, dalam belajar struktur atom, anda dikenalkan tentang A_r atau massa atom relatif. Nah, pada kegiatan pembelajaran kali ini kita kembali membahas tentang A_r ditambah tentang M_r (massa molekul relatif). Massa Atom Relatif (A_r) menyatakan perbandingan massa atom unsur dengan massa atom C-12 atau secara matematik ditulis:

$$A_r = \frac{\text{Massa 1 atom unsur}}{\frac{1}{12} \times \text{massa 1 atom C-12}}$$

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

$$M_r = \sum A_r$$

Contoh:

Diketahui Ar H = 1; O = 16; C = 12; P = 15

Tentukan :

a. Mr CH₃COOH

b. Mr H₃PO₄

Penyelesaian :

a. Mr CH₃COOH

$$= (2 \times \text{Ar C}) + (4 \times \text{Ar H}) + (2 \times \text{Ar O})$$

$$= (2 \times 12) + (4 \times 1) + (2 \times 16)$$

$$= 24 + 4 + 32$$

$$= 60$$

b. Mr H₃PO₄

$$= (3 \times \text{Ar H}) + (1 \times \text{Ar P}) + (4 \times \text{Ar O})$$

$$= (3 \times 1) + (1 \times 15) + (4 \times 16)$$

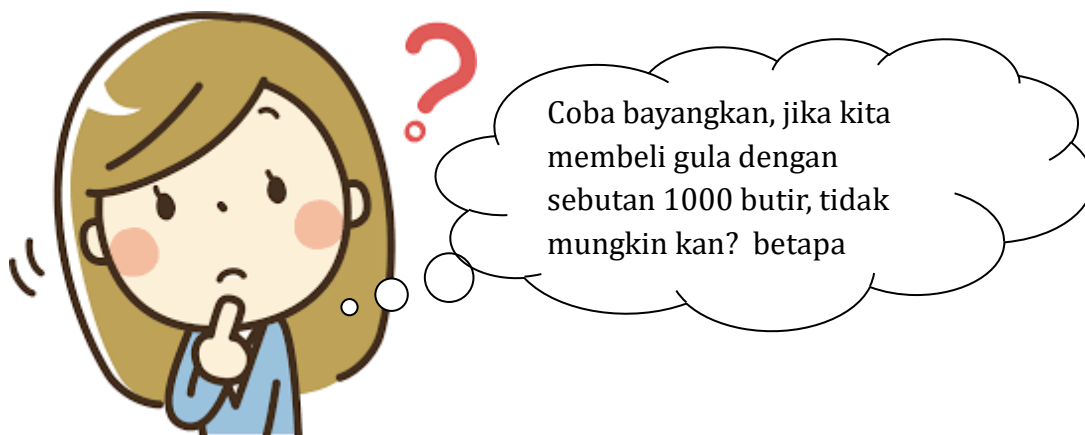
$$= 3 + 15 + 64$$

$$= 82$$

b) Definisi Mol

Dalam kehidupan sehari-hari dikenal adanya beberapa satuan jumlah zat sebagai alat transaksi, misalnya 1 kodi untuk 20 lembar kain, 1 lusin untuk 12 buah benda (gelas, pensil), 1 rim untuk 500 lembar kertas dan sebagainya. Akan tetapi, ada juga zat-zat yang tidak mungkin menggunakan satuan jumlah melainkan satuan massa misal kg, ons, ton, dan liter. Sebab tidak mungkin orang menghitung dalam jumlah banyak.

Perhatikan ilustrasi berikut:



Dalam kenyataannya reaksi-reaksi kimia melibatkan banyak atom, molekul, atau ion. Pada reaksi gas oksigen dengan hidrogen melibatkan triliunan molekul oksigen dan hidrogen. Oleh karena ukurannya sangat kecil, maka tidak mungkin digunakan satuan kodi, lusin, dan satuan-satuan yang lain yang banyak dikenal dalam kehidupan sehari-hari. Untuk alasan kepraktisan, maka dalam menentukan ukuran jumlah partikel para ahli kimia sepakat mencari satuan yang mudah digunakan yaitu satuan jumlah partikel yang disebut **mol**. *Satu mol adalah banyaknya zat yang mengandung jumlah partikel yang sama dengan jumlah atom yang terdapat dalam 12 gram C-12.*

- Mol menghubungkan massa dengan jumlah partikel zat.
- Jumlah partikel dalam 1 mol (dalam 12 gram C-12) yang ditetapkan melalui berbagai

metode eksperimen dan sekarang ini kita terima adalah $6,02 \times 10^{23}$ (disebut tetapan Avogadro, dinyatakan dengan L).

Contoh :

- ✓ 1 mol air artinya : sekian gram air yang mengandung $6,02 \times 10^{23}$ molekul air.
- ✓ 1 mol besi artinya : sekian gram besi yang mengandung $6,02 \times 10^{23}$ atom besi.
- ✓ 1 mol asam sulfat artinya : sekian gram asam sulfat yang mengandung $6,02 \times 10^{23}$ molekul H_2SO_4 .

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol} &= 6,02 \times 10^{23} \text{ partikel} \\ L &= 6,02 \times 10^{23} \end{aligned}$$

c) Hubungan Mol dengan Jumlah Partikel

Dirumuskan :

$$X = n \times (6,02 \times 10)^{23}$$

Keterangan :

n = jumlah mol

X = jumlah partikel

d) Massa Molar (mm)

- Massa molar menyatakan massa 1 mol zat.
- Satuannya adalah gram mol^{-1} .
- Massa molar zat berkaitan dengan Ar atau Mr zat itu, karena Ar atau Mr zat merupakan perbandingan massa antara partikel zat itu dengan atom C-12.

Contoh :

Ar Fe = 56, artinya : massa 1 atom Fe : massa 1 atom C-12 = 56 : 12

Mr H_2O = 18, artinya : massa 1 molekul air : massa 1 atom C-12 = 18 : 12

Karena :

1 mol C-12 = 12 gram (standar mol), maka :

Massa 1 atom Fe = $\frac{56}{12} \times 12$ gram = 56 gram

Massa 1 molekul air = $\frac{18}{12} \times 12$ gram = 18 gram

Kesimpulan :

Massa 1 mol suatu zat = Ar atau Mr zat tersebut (dinyatakan dalam gram).

e) Hubungan Jumlah Mol (n) dengan Massa Zat (m)

Dirumuskan :

$$M = n \times m_m$$

dengan:

m = massa (gram)

n = jumlah mol

m_m = massa molar (gram mol⁻¹)

Contoh soal :

1. Hitung massa 10 mol gas O₂, jika diketahui Ar O = 16 gram/mol !

Penyelesaian :

$$m = n \times m_m$$

$$m = 10 \text{ mol} \times 16 \text{ gram/mol}$$

$$= 160 \text{ gram}$$

Latihan soal :

1. Urea yang digunakan sebagai pupuk mempunyai rumus kimia CO(NH₂)₂

a. Berapakah massa molar urea?

b. Berapa mol yang terkandung dalam 30 kg urea? (Ar C = 12, O = 16, N =14, H=1)

Penyelesaian :

a. Massa molar urea = Mr urea yang dinyatakan dalam gram/mol Mr

$$= (1 \times 12) + (1 \times 16) + (2 \times 14) + (4 \times 1) = 60$$

Jadi m_m urea = 60 gram/mol

b. mol dari 30 kg urea = $n = 30000 \text{ gram} / 60 \text{ gram/mol} = 500 \text{ mol}$

f) Volum Molar Gas (Vm)

- Adalah volum 1 mol gas.
- Menurut Avogadro, pada suhu dan tekanan yang sama, gas-gas bervolume sama akan mengandung jumlah molekul yang sama pula.
- Artinya, pada suhu dan tekanan yang sama, gas-gas dengan jumlah molekul yang sama akan mempunyai volum yang sama pula.
- Oleh karena 1 mol setiap gas mempunyai jumlah molekul sama yaitu $6,02 \times 10^{23}$ molekul, maka pada suhu dan tekanan yang sama, 1 mol setiap gas mempunyai volum yang sama.
- Jadi: pada suhu dan tekanan yang sama, volum gas hanya bergantung pada jumlah molnya.

Dirumuskan :

$$V = n \times V_m$$

dengan :

V = volum gas (Liter)

n = jumlah mol (mol)

V_m = volum mola

(Liter/mol)

➤ Beberapa kondisi / keadaan yang biasa dijadikan acuan :

1) Keadaan Standar (STP)

- Adalah suatu keadaan dengan suhu 0°C dan tekanan 1 atm.
- Dinyatakan dengan istilah STP (Standard Temperature and Pressure).

Pada keadaan STP, volum molar gas (V_m) = 22,4 liter/mol

2) Keadaan Kamar (RTP)

- Adalah suatu keadaan dengan suhu 25°C dan tekanan 1 atm.
- Dinyatakan dengan istilah RTP (Room Temperature and Pressure).

Pada keadaan RTP, volum molar gas (V_m) = 24 liter/mol

3) Keadaan Tertentu dengan Suhu dan Tekanan yang Diketahui Digunakan rumus Persamaan Gas Ideal :

$$P V = n R T$$

$$V = \frac{n R T}{P}$$

P = tekanan gas (atm); 1 atm = 76 cmHg = 760 mmHg

V = volum gas (L)

n = jumlah mol gas

R = tetapan gas Raoult (0,082 L atm/mol K)

T= suhu mutlak gas (dalam Kelvin = 273 + suhu Celcius)

4) Keadaan yang Mengacu pada Keadaan Gas Lain

Misalkan :

- Gas A dengan jumlah mol = n_1 dan volum = V_1
- Gas B dengan jumlah mol = n_2 dan volum = V_2
- Maka pada suhu dan tekanan yang sama :

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

g) Kemolaran Larutan (M)

- Kemolaran adalah suatu cara untuk menyatakan konsentrasi (kepekatan) larutan.
- Menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam tiap liter larutan, atau jumlah mmol zat terlarut dalam tiap mL larutan.
- Dirumuskan :

$$M = \frac{n}{V}$$

dengan :

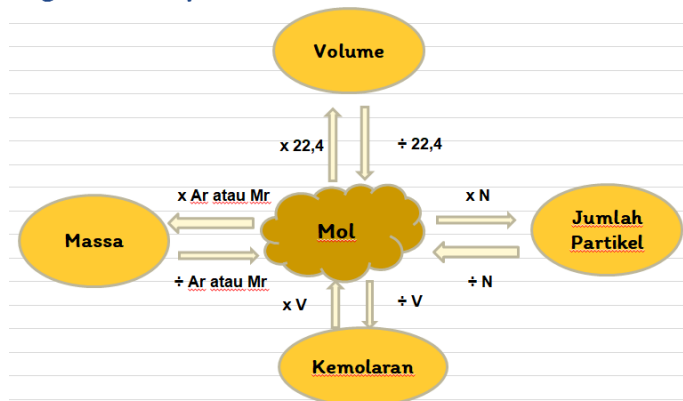
M = kemolaran larutan

n = jumlah mol zat terlarut

V = volum larutan

Misalnya : larutan NaCl 0,2 M artinya, dalam tiap liter larutan terdapat 0,2 mol (= 11,7 gram) NaCl atau dalam tiap mL larutan terdapat 0,2 mmol (= 11,7 mg) NaCl.

Dari uraian diatas, dapat dibuat bagan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2. Bagan konsep mol

h) Stoikiometri Senyawa

1) Rumus Empiris (RE)

Rumus empiris adalah rumus kimia yang menyatakan perbandingan paling sederhana dari atom-atom unsur penyusun senyawa.

Contoh :

Suatu sampel gas berwarna coklat mengandung 2,34 g N dan 5,34 g O. Bagaimana rumus empiris gas tersebut?

Jawab :

Ar N = 14 gram/mol

Ar O = 16 gram/mol

Jumlah mol N = $2,34 \text{ gram} / 14 \text{ gram/mol} = 0,167 \text{ mol}$

Jumlah mol O = $5,34 \text{ gram} / 16 \text{ gram/mol} = 0,334 \text{ mol}$

Rumus empiris = N : O

$0,167 : 0,334$

Disederhanakan = NO_2

2) Rumus Molekul (RM)

$$\text{RM} = (\text{RE})_x$$

Secara umum, rumus molekul suatu senyawa dapat dinyatakan sebagai berikut:

Keterangan :

Harga x bergantung pada besarnya harga Massa Molekul Relatif (Mr) dari senyawa yang bersangkutan.

Contoh :

Berdasarkan data analisis percobaan, suatu gas mengandung 92,3 % massa C dan 7,7% massa H. Jika Mr gas tersebut adalah 26, tentukan rumus empiris dan rumus molekul gas tersebut ? (Ar H = 1, C =12)

Jawab :

a.misalkan gas yang dianalisis 100 gram
massa C = 92,3 gram dan massa H = 7,7 gram

b.menentukan jumlah mol C dan H

$$\begin{aligned}\text{mol C} &= 92,3 \text{ gram} / 12 \text{ gram/mol} \\ &= 7,69 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{mol H} &= 7,7 \text{ gram} / 1 \text{ gram/mol} \\ &= 7,7 \text{ mol}\end{aligned}$$

c.perbandingan mol C : mol H = 7,69 mol : 7,7 mol ==> 1 : 1

d.Rumus empiris = CH

e.Rumus molekul (CH) , Mr (CH) x = 26

Sehingga = (Ar C + Ar H) x = 26

$$(12 + 1) x = 26$$

$$13x = 26$$

$$x = 2$$

$$\text{RM} = \text{C}_2\text{H}_2$$

3) Kadar Unsur dalam Senyawa (dalam %)

Dirumuskan :

$$\text{Kadar unsur dalam senyawa} = \frac{\text{angka indeks} \times \text{Ar Unsur}}{\text{Mr senyawa}} \times 100\%$$

➤ Persen Massa (%)

Persen massa menyatakan massa suatu zat yang terdapat dalam setiap 100 gram campuran

$$\% \text{ Massa} = \frac{\text{Massa zat dalam campuran}}{\text{Massa seluruh campuran}} \times 100\%$$

➤ Persen Volume (%)

Persen volume menyatakan volume zat yang terdapat dalam setiap 100 bagian volume campuran

$$\% \text{ Volume} = \frac{\text{Volume zat dalam campuran}}{\text{Volume seluruh campuran}} \times 100\%$$

Contoh :

Tentukan persen massa unsur C, H, dan O dalam senyawa glukosa (C₆H₁₂O₆)! (Ar C = 12, H = 1, dan O = 16)!

Penyelesaian

Unsur Penyusun C ₆ H ₁₂ O ₆	Persen Massa Unsur dalam C ₆ H ₁₂ O ₆
Karbon (C)	Persen massa unsur C (%) $= \frac{6 \times Ar\ C}{Mr\ C_6H_{12}O_6} = \frac{6 \times 12}{180} \times 100\% = 40\%$
Hidrogen (H)	Persen massa unsur H (%) $= \frac{12 \times Ar\ H}{Mr\ C_6H_{12}O_6} = \frac{12 \times 1}{180} \times 100\% = 6,7\%$
Oksigen (O)	Persen massa unsur O (%) $= \frac{6 \times Ar\ O}{Mr\ C_6H_{12}O_6} = \frac{6 \times 16}{180} \times 100\% = 53,3\%$

i) Stoikiometri Reaksi

1) Hitungan Kimia Sederhana

Dapat diselesaikan melalui 4 langkah yaitu sebagai berikut :

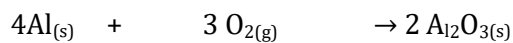
- Menuliskan persamaan reaksi kimia yang setara
- Menyatakan jumlah mol zat yang diketahui
- Menentukan jumlah mol zat yang ditanyakan dengan menggunakan perbandingan koefisien reaksi
- Menyesuaikan jawaban dengan pertanyaan

2) Pereaksi Pembatas

- Adalah suatu pereaksi yang habis bereaksi terlebih dahulu.

Contoh :

Reaksi antara Al dengan O₂ membentuk aluminium oksida, menurut persamaan reaksi :



Jumlah Mol Pereaksi		Jumlah Mol Produk	Pereaksi Pembatas	Jumlah Mol Pereaksi yang Bersisa
Al	O ₂			
4	3	2	Ekivalen	-
4	4	2	Aluminium	1 mol oksigen
5	3	2	Oksigen	1 mol aluminium
2	1,5	1	Ekivalen	-
0	0,4	0,27	Oksigen	0,07 mol aluminium

➤ Cara menentukan Pereaksi Pembatas :

- Nyatakan zat yang diketahui dalam mol
- Bagilah jumlah mol masing-masing zat dengan koefisiennya
- Pereaksi yang hasil pembagiannya palingkecil, merupakan pereaksi pembatas

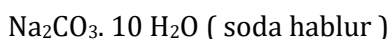
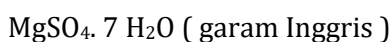
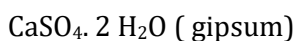
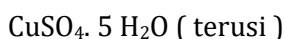
3) Hitungan yang Melibatkan Campuran

Jika dari suatu campuran, terjadi leboh dari reaksi maka persamaan reaksinya harus ditulis secara terpisah.

4) Penentuan Rumus Kimia Hidrat

➤ Hidrat adalah zat padat yang mengikat beberapa molekul air sebagai bagian dari struktur kristalnya.

Contoh :



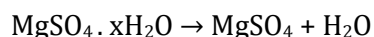
➤ Jika suatu hidrat dipanaskan, maka sebagian atau seluruh air kristalnya dapat menguap (lepas).

Contoh :

Nama Senyawa	Jumlah Molekul Air Kristal	Rumus Kimia
Kalsium sulfat dihidrat	2	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Asam oksalat dihidrat	2	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
Tembaga (II) sulfat pentahidrat	5	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Natrium sulfat pentahidrat	5	$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Magnesium sulfat heptahidrat	7	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Natrium karbonat dekahidrat	10	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

Contoh :

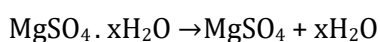
Garam epsom ($\text{MgSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) dipanaskan pada suhu 250°C mengalami reaksi sebagai berikut.



Jika sebanyak 5,061 gram $\text{MgSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ terurai menghasilkan 2,472 gram MgSO_4

Hitung berapa nilai x? ($M_r \text{MgSO}_4 = 120$ dan $M_r \text{H}_2\text{O} = 18$)

Penyelesaian:



5,061 gram 2,472 gram

Massa reaktan = massa produk

$\text{Massa MgSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O} = \text{massa (MgSO}_4 + x\text{H}_2\text{O})$
 $\text{Massa } x\text{H}_2\text{O} = (\text{Massa MgSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O} - \text{massa MgSO}_4)$
 $\text{Massa } x\text{H}_2\text{O} = (5,061 - 2,472) \text{ gram}$
 $\text{Massa } x\text{H}_2\text{O} = 2,589 \text{ gram}$
 $\text{Mol MgSO}_4 = \text{mol H}_2\text{O}$

$$\begin{array}{r}
 \frac{\text{massa MgSO}_4}{\text{Mr MgSO}_4} : \frac{\text{massa H}_2\text{O}}{\text{Mr H}_2\text{O}} \\
 \frac{2,472}{120} : \frac{2,589}{18} \\
 0,02 : 0,14 \\
 1 : 7
 \end{array}$$

Jadi harga x adalah 7, Sehingga rumus garam epsom adalah $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$

C. Rangkuman

1. Massa Atom Relatif (Ar) menyatakan perbandingan massa atom unsur dengan massa atom C-12
2. Massa molekul relatif (Mr) dapat dinyatakan dengan menjumlahkan massa atom relatif (Ar) atom-atom unsur pembentuk senyawa.
3. Mol adalah satuan jumlah zat dalam perhitungan kimia.
4. Kondisi dengan suhu 0 °C dan tekanan 1 atm disebut keadaan standar dan dinyatakan dengan STP (Standard Temperature and Pressure).
5. Kondisi pengukuran gas pada suhu 25 °C dan tekanan 1 atm disebut keadaan kamar dan dinyatakan dengan RTP (Room Temperature and Pressure).
6. Volume gas pada suhu dan tekanan yang diketahui dapat dihitung dengan menggunakan persamaan gas yang disebut persamaan gas ideal, yaitu $PV = nRT$.
7. Pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas hanya bergantung pada jumlah molnya.
8. Suatu senyawa mempunyai Rumus Empiris (RE) dan Rumus Molekul (RM).
9. Hubungan RE dan RM dinyatakan dengan rumus $\text{RM} = (\text{RE})_x$
10. Persen massa unsur dalam senyawa (%)

$$\text{Kadar unsur dalam senyawa} = \frac{\text{angka indeks} \times \text{Ar Unsur}}{\text{Mr senyawa}} \times 100\%$$

11. Air kristal merupakan molekul air yang terjebak di dalam suatu kristal. Kristal merupakan zat padat yang memiliki bentuk teratur.
12. Hidrat adalah zat padat yang mengikat beberapa molekul air sebagai bagian dari struktur kristalnya.
13. Dalam suatu reaksi kimia, pereaksi yang terlebih dulu habis bereaksi disebut sebagai pereaksi pembatas.
14. Cara menentukan pereaksi pembatas adalah mol masing-masing zat pereaksi dibagi koefisien, kemudian pilih hasil bagi yang kecil sebagai pereaksi pembatas.