

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

TATA NAMA, LAMBANG DAN RUMUS SENYAWA

A. Tujuan Pembelajaran

Materi pada Kegiatan Pembelajaran 1 ini merupakan materi prasyarat untuk Kegiatan Pembelajaran berikutnya. Jadi setelah membaca dan mengikuti langkah-langkah atau arahan pada modul ini diharapkan Ananda dapat :

1. Memberi nama senyawa anorganik.
2. Menuliskan rumus senyawa anorganik.
3. Memberi nama senyawa organik.
4. Menuliskan rumus senyawa organik.

B. Uraian Materi

Ananda yang hebat, setiap senyawa perlu mempunyai nama spesifik. Seperti halnya penamaan unsur, pada mulanya penamaan senyawa didasarkan pada berbagai hal, seperti nama tempat, nama orang, atau sifat tertentu dari senyawa yang bersangkutan. Sebagai contoh:

- a. Garam glauber, yaitu natrium sulfat (Na_2SO_4) yang ditemukan oleh J. R. Glauber.
- b. Salmiak atau amonium klorida (NH_4Cl), yaitu suatu garam yang awal mulanya diperoleh dari kotoran sapi di dekat kuil untuk dewa Jupiter Amon di Mesir.
- c. Soda pencuci, yaitu natrium karbonat (Na_2CO_3) yang digunakan untuk melunakkan air (membersihkan air dari ion Ca^{2+} dan ion Mg^{2+}).
- d. Garam NaHCO_3 (natrium bikarbonat) digunakan untuk pengembang dalam pembuatan kue.

Namun, karena setiap tahun para ahli kimia di seluruh dunia mensintesis ribuan jenis senyawa baru, maka perlu suatu aturan agar mempermudah dalam penamaan dan mempelajarinya. Untuk memudahkan pengenalan nama dan mencegah kesimpangsiuran dalam memberi nama senyawa kimia, IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) membuat suatu aturan penamaan. Aturan IUPAC dalam penamaan senyawa kimia dibedakan untuk senyawa anorganik dan senyawa organik.

1. Tata nama senyawa anorganik

Senyawa anorganik terdiri dari senyawa dari non logam dan non logam, senyawa dari logam dan non logam, senyawa asam, basa dan garam.

a. Tata Nama Senyawa Kovalen

Senyawa biner dari dua non-logam umumnya adalah senyawa molekul.

1) Rumus Senyawa

Unsur yang terdapat lebih dahulu dalam urutan berikut ditulis di depan.

B - Si - C - S - As - P - N - H - S - I - Br - Cl - O - F

Rumus kimia amonia lazim ditulis sebagai NH_3 bukan H_3N dan rumus kimia air lazim ditulis sebagai H_2O bukan OH_2 .

2) Nama Senyawa

Penamaan dimulai dari nama non-logam pertama diikuti nama non-logam kedua yang diberi akhiran -ida.

Contoh:

- HCl = hidrogen klorida
- H_2S = hidrogen sulfida

Jika pasangan unsur yang bersenyawa membentuk lebih dari satu jenis senyawa, maka senyawa-senyawa itu dibedakan dengan menyebutkan angka indeks dalam bahasa Yunani sebagai berikut.

1 = mono	6 = heksa
2 = di	7 = hepta
3 = tri	8 = okta
4 = tetra	9 = nona
5 = penta	10 = deka

Indeks satu (mono) di depan tidak perlu disebutkan.

Contoh:

- CO = karbon monoksida **bukan** monokarbon monoksida
- CO₂ = karbon dioksida **bukan** monokarbon dioksida
- N₂O₄ = dinitrogen tetraoksida
- N₂O₃ = dinitrogen trioksida

Senyawa yang sudah umum dikenal tidak perlu mengikuti aturan di atas.

- Contoh:
- H₂O = air
 - NH₃ = amonia
 - CH₄ = metana

b. Tata Nama Senyawa Ion

Senyawa dari logam dan non-logam umumnya merupakan senyawa ion. Logam membentuk ion positif (kation) dan non-logam membentuk ion negatif (anion). Di bawah ini nama beberapa kation logam dan anion non-logam (monoatom dan poliatom) yang perlu dikuasai agar tidak mengalami kesukaran dalam penulisan rumus kimia dan nama senyawa.

Tabel 1. Beberapa Jenis Kation

No.	Rumus	Nama Ion	No.	Rumus	Nama Ion
1.	Na ⁺	Natrium	13.	Pb ²⁺	Timbal(II)
2.	K ⁺	Kalium	14.	Pb ⁴⁺	Timbal(IV)
3.	Ag ⁺	Argentum/Perak	15.	Fe ²⁺	Besi(II)
4.	Mg ²⁺	Magnesium	16.	Fe ³⁺	Besi(III)
5.	Ca ²⁺	Kalsium	17.	Hg ⁺	Raksa(I)
6.	Sr ²⁺	Stronsium	18.	Hg ²⁺	Raksa(II)
7.	Ba ²⁺	Barium	19.	Cu ⁺	Tembaga(I)
8.	Zn ²⁺	Seng	20.	Cu ²⁺	Tembaga(II)
9.	Ni ²⁺	Nikel	21.	Au ⁺	Emas(I)
10.	Al ³⁺	Aluminium	22.	Au ³⁺	Emas(III)
11.	Sn ²⁺	Timah(II)	23.	Pt ⁴⁺	Platina(IV)
12.	Sn ⁴⁺	Timah(IV)	24.	NH ₄ ⁺	Amonium

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter & Change, Martin S. Silbergberg, 2000.

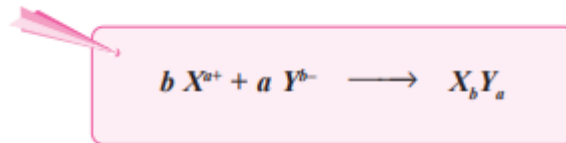
Tabel 2. Beberapa Jenis Anion

No.	Rumus	Nama Ion	No.	Rumus	Nama Ion
1.	OH ⁻	Hidroksida	16.	C ₂ O ₄ ²⁻	Oksalat
2.	F ⁻	Fluorida	17.	PO ₃ ³⁻	Fosfit
3.	Cl ⁻	Klorida	18.	PO ₄ ³⁻	Fosfat
4.	Br ⁻	Bromida	19.	AsO ₃ ³⁻	Arsenit
5.	I ⁻	Iodida	20.	AsO ₄ ³⁻	Arsenat
6.	CN ⁻	Sianida	21.	SbO ₃ ³⁻	Antimonit
7.	O ²⁻	Oksida	22.	SbO ₄ ³⁻	Antimonat
8.	S ²⁻	Sulfida	23.	ClO ⁻	Hipoklorit
9.	NO ₂	Nitrit	24.	ClO ₂ ⁻	Klorit
10.	NO ₃ ⁻	Nitrat	25.	ClO ₃ ⁻	Klorat
11.	CH ₃ COO ⁻	Asetat	26.	ClO ₄ ⁻	Perklorat
12.	CO ₃ ²⁻	Karbonat	27.	MnO ₄ ⁻	Permanganat
13.	SiO ₃ ²⁻	Silikat	28.	MnO ₄ ²⁻	Manganat
14.	SO ₃ ²⁻	Sulfit	29.	CrO ₄ ²⁻	Kromat
15.	SO ₄ ²⁻	Sulfat	30.	Cr ₂ O ₇ ²⁻	Dikromat

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter & Change, Martin S. Silbergberg, 2000.

1) Rumus Senyawa

Unsur logam ditulis di depan. Contohnya, rumus kimia natrium klorida ditulis NaCl bukan ClNa. Rumus senyawa ion:



Untuk a dan b sama dengan angka 1 tidak perlu ditulis. Rumus senyawa ion ditentukan oleh perbandingan muatan kation dan anionnya. Jumlah muatan positif sama dengan jumlah muatan negatif.

Contoh:

- Na⁺ + Cl⁻ → NaCl Natrium Klorida
- 2Na⁺ + SO₄²⁻ → Na₂SO₄ Natrium Sulfat
- Fe²⁺ + 2Cl⁻ → FeCl₂ Besi(II) Klorida

2) Nama Senyawa Ion

Nama senyawa ion adalah rangkaian nama kation (di depan) dan nama anion (di belakang), angka indeks tidak disebut.

Contoh:

- NaCl = Natrium Klorida
- CaCl₂ = Kalsium Klorida
- Na₂SO₄ = Natrium Sulfat
- Al(NO₃)₃ = Aluminium Nitrat

Jika unsur logam mempunyai lebih dari satu jenis bilangan oksidasi, maka senyawa-senyawanya dibedakan dengan menuliskan bilangan oksidasinya, yang ditulis dalam tanda kurung dengan angka Romawi di belakang nama unsur logam tersebut.

Contoh:

- Cu₂O = Tembaga(I) Oksida
- CuO = Tembaga(II) Oksida
- FeCl₂ = Besi(II) Klorida
- FeCl₃ = Besi(III) Klorida

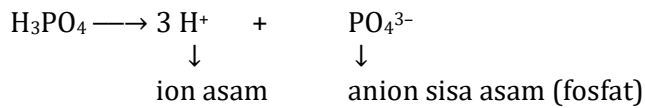
Selain dinamakan secara IUPAC, senyawa kimia juga dinamakan berdasarkan nama dagang yang disebut dengan nama trivial. Dalam penamaan trivial, nama Latin logam diikuti dengan akhiran “o” untuk ion logam yang bermuatan lebih rendah dan akhiran “i” untuk yang bermuatan lebih tinggi. Contoh:

- FeCl_2 = Ferro Klorida
- FeCl_3 = Ferri Klorida

c. Tata Nama Senyawa Asam

Rumus asam terdiri atas atom hidrogen (di depan, dapat dianggap sebagai ion H^+) dan suatu anion yang disebut ion sisa asam. Akan tetapi, perlu diingat bahwa asam adalah senyawa kovalen, bukan senyawa ion. Nama anion sisa asam sama dengan asam yang bersangkutan tanpa kata asam.

Contoh:



Nama asam tersebut adalah asam fosfat.

Rumus molekul dan nama dari beberapa asam yang lazim ditemukan dalam laboratorium dan kehidupan sehari-hari adalah:

- H_2SO_4 : Asam Sulfat (dalam aki)
 HNO_3 : Asam Nitrat
 H_3PO_4 : Asam Fosfat
 CH_3COOH : Asam Asetat (Asam Cuka)

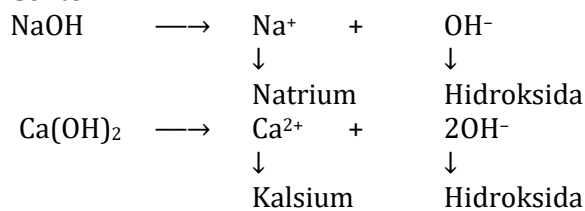
(Martin S. Silberberg, 2000)

d. Tata Nama Senyawa Basa

Basa adalah zat yang di dalam air dapat menghasilkan ion OH^- . Larutan basa bersifat kaustik, artinya jika terkena kulit terasa licin seperti bersabun. Pada umumnya basa adalah senyawa ion yang terdiri dari kation logam dan anion OH^- .

Nama senyawa basa sama dengan nama kationnya yang diikuti kata hidroksida.

Contoh:



- $\text{Al}(\text{OH})_3$: Aluminium Hidroksida
 $\text{Cu}(\text{OH})_2$: Tembaga(II) Hidroksida
 $\text{Ba}(\text{OH})_2$: Barium Hidroksida

e. Tata Nama Senyawa Garam

Garam adalah senyawa ion yang terdiri dari kation basa dan anion sisa asam. Rumus dan pemberian nama senyawa garam sama dengan senyawa ion.

Tabel 3. Tata Nama Garam

Kation	Anion	Rumus Garam	Nama Garam
Na ⁺	NO ₂ ⁻	NaNO ₂	natrium nitrit
Mg ²⁺	PO ₄ ³⁻	Mg ₃ (PO ₄) ₂	magnesium fosfat
Fe ³⁺	SO ₄ ²⁻	Fe ₂ (SO ₄) ₃	besi(III) sulfat
Hg ²⁺	Cl ⁻	HgCl ₂	raksa(II) klorida
Cu ⁺	O ²⁻	Cu ₂ O	tembaga(I) oksida

2. Tata Nama Senyawa Organik

Senyawa organik adalah senyawa-senyawa karbon dengan sifat-sifat tertentu. Pada awalnya, senyawa organik ini tidak dapat dibuat di laboratorium, melainkan hanya dapat diperoleh dari makhluk hidup. Oleh karena itu, senyawa-senyawa karbon tersebut dinamai senyawa organik. Senyawa organik mempunyai tata nama khusus (Anda akan mempelajari pada materi di kelas XI dan XII). Selain nama sistematis, banyak senyawa organik mempunyai nama lazim atau nama dagang (nama trivial). Beberapa di antaranya sebagai berikut.

Tabel 4. Beberapa Senyawa Organik dan Namanya

Rumus Senyawa	Nama Lazim (Dagang)
CH ₄	Metana (gas alam)
CO(NH ₂) ₂	Urea
CH ₃ COOH	Asam asetat (cuka)
CH ₃ COCH ₃	Aseton (pembersih kuteks)
CHI ₃	Iodoform (suatu antiseptic)
HCHO	Formaldehid (bahan formalin)
CHCl ₃	Kloroform (bahan pembius)
C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	Sukrosa (gula tebu)
C ₆ H ₁₂ O ₆	Glukosa
C ₂ H ₅ OH	Alkohol

C. Rangkuman

- Tata nama senyawa anorganik dikelompokkan menjadi:
 - Tata nama senyawa kovalen
 - Tata nama senyawa ion
 - Tata nama senyawa asam
 - Tata nama senyawa basa
 - Tata nama senyawa garam
- Tata nama senyawa biner dari non logam dan non logam yaitu:
Nama non logam 1 – nama non logam 2 - ida
- Jika pasangan unsur yang bersenyawa membentuk lebih dari satu jenis senyawa, maka senyawa-senyawa itu dibedakan dengan menyebutkan angka indeks dalam bahasa Yunani.
- Nama indeks 1 (mono) di depan tidak perlu disebutkan.
- Tata nama senyawa ion : Nama kation – nama anion
- Tata nama senyawa asam : Asam – nama sisa asam/nama anion
- Tata nama Basa : Nama kation – hidroksida
- Tata nama garam : Nama kation – nama anion

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

PERSAMAAN REAKSI

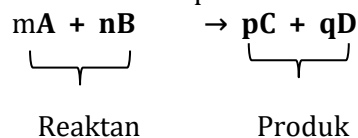
A. Tujuan Pembelajaran

Materi pada Kegiatan Pembelajaran 2 ini merupakan materi prasyarat untuk Kegiatan Pembelajaran berikutnya. Jadi setelah membaca dan mengikuti langkah-langkah atau arahan pada modul ini diharapkan Ananda dapat menuliskan dan menyetarakan persamaan reaksi kimia.

B. Uraian Materi

PERSAMAAN REAKSI

Ananda yang hebat, pada suatu reaksi kimia terdapat dua jenis zat yaitu pereaksi atau reaktan dan produk atau hasil reaksi. Penulisan reaksi dengan menyatakan lambang unsur atau rumus kimia senyawa yang terlibat dalam reaksi disebut *persamaan reaksi*. Rumus umum persamaan reaksi sebagai berikut.

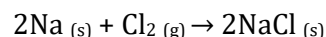


Jika Ananda menjumpai reaksi kimia yang belum setara (jumlah atom unsur ruas kiri tidak sama dengan jumlah atom unsur ruas kanan), maka harus disetarakan dulu atau lebih dikenal dengan istilah penyetaraan reaksi kimia. Untuk dapat menyetarakan reaksi kimia silakan Ananda pahami uraian berikut.

1. Aturan penulisan persamaan reaksi

Persamaan reaksi menyatakan kesetaraan jumlah zat-zat yang bereaksi dengan jumlah zat-zat hasil reaksi. Untuk menyatakannya digunakan rumus kimia zat-zat, koefisien reaksi, dan wujud zat.

Perhatikan contoh berikut:



a. Rumus kimia zat-zat

Zat-zat yang terlibat dalam reaksi kimia dinyatakan oleh rumus kimianya. Rumus pereaksi diletakkan di ruas kiri dan hasil reaksi diletakkan di ruas kanan. Kedua ruas dihubungkan oleh tanda panah yang menyatakan arah reaksi.

b. Koefisien reaksi

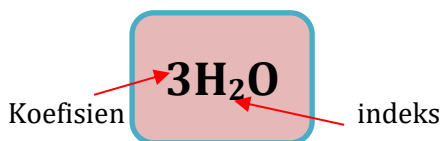
Koefisien reaksi menyatakan jumlah partikel dari setiap pereaksi dan produk reaksi. Pada contoh di atas, 2 molekul Na bereaksi dengan 1 molekul Cl_2 menghasilkan 2 molekul NaCl. Koefisien reaksi 1 umumnya tidak ditulis.

Untuk menghitung jumlah atom unsur, Ananda perhatikan berikut.

Rumus menghitung jumlah atom unsur :

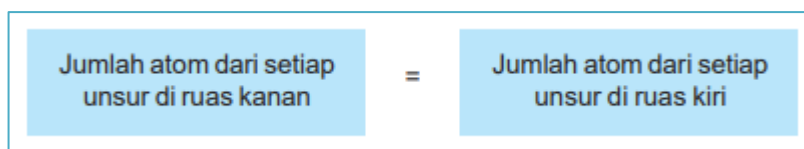
Jumlah atom unsur = indeks X koefisien

Contoh :



Pada 3 molekul H_2O di atas terdapat 6 atom H dan 3 atom O

Pada suatu persamaan reaksi kimia berlaku :



Jika suatu reaksi kimia belum setara maka harus disetarakan dulu dengan urutan atom-atom yang disetarakan sebagai berikut :

Atom Logam - Atom Non Logam selain H dan O - Atom H - Atom O

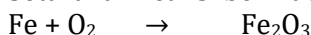
c. Wujud zat

Meskipun bukan keharusan, terkadang kita perlu mencantumkan wujud zat-zat yang terlibat dalam suatu reaksi. Wujud zat ditulis dengan singkatan dalam tanda kurung, sebagai subskrip di belakang rumus kimia zat yang bersangkutan.

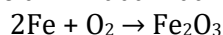
Wujud Zat	Subskrip
Padat (<i>solid</i>)	<i>s</i>
Cair (<i>liquid</i>)	<i>l</i>
Gas (<i>gas</i>)	<i>g</i>
Larut dalam air (<i>aqueous</i>)	<i>aq</i>

Contoh soal:

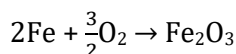
Setarakan reaksi berikut:



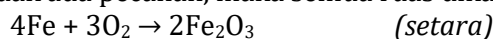
- Atom Fe di kiri ada 1 dan di kanan ada 2, maka yang di kiri dikalikan 2:



- Atom O di kiri ada 2 dan di kanan ada 3, maka yang di kiri dikalikan $\frac{3}{2}$:



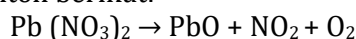
- Agar tidak ada pecahan, maka semua ruas dikalikan 2:



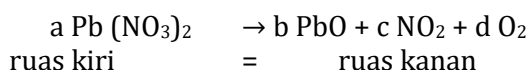
2. Kiat penyetaraan persamaan reaksi

Sebagian besar persamaan reaksi sederhana dapat disetarakan dengan mudah. Untuk menyetarakan reaksi-reaksi yang cukup sulit, kita dapat memakai "**metode abjad**".

Perhatikan contoh berikut:



- Masing-masing koefisien dimisalkan dengan huruf:



$$\begin{array}{rclcl}
 \text{Jumlah atom} & \text{Pb} & a & = & b \\
 & \text{N} & 2a & = & c \\
 & \text{O} & 6a & = & b + 2c + 2d (*)
 \end{array}$$

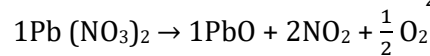
- Salah satu koefisien huruf dimisalkan dengan angka. Misalnya, $a = 1$:

$$\begin{array}{rcl}
 b & = & a \\
 b & = & 1 \\
 c & = & 2a \\
 & = & 2 \times 1 \\
 & = & 2
 \end{array}$$

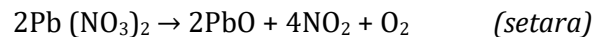
Untuk mencari d, maka harga a, b, c dimasukkan ke persamaan (*):

$$\begin{array}{rcl}
 6a & = & b + 2c + 2d \\
 6 \times 1 & = & 1 + (2 \times 2) + 2d \\
 6 & = & 5 + 2d \\
 d & = & \frac{1}{2}
 \end{array}$$

Diperoleh harga koefisien $a = 1$, $b = 1$, $c = 2$, dan $d = \frac{1}{2}$, maka:



- Agar tidak ada koefisien berbentuk pecahan, maka masing-masing ruas dikalikan 2:



C. Rangkuman

1. Pada suatu reaksi kimia terdapat zat pereaksi (reaktan) dan hasil reaksi (produk).
2. Jumlah atom unsur reaktan (ruas kiri panah) harus sama dengan jumlah atom unsur produk (ruas kanan panah).
3. Cara menghitung jumlah atom unsur menggunakan rumus indeks dikalikan koefisien.
4. Urutan atom yang disetarakan adalah atom logam – atom non logam selain H dan O – atom H – atom O.
5. Untuk menyetarakan reaksi-reaksi yang cukup sulit, dapat memakai “**metode abjad**”

D. Latihan Soal

Setarakan reaksi-reaksi di bawah ini!

1. $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}_2$
2. $\text{CuCl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{NaCl}$
3. $\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
4. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{NaCl} \rightarrow \text{PbCl}_2 + \text{NaNO}_3$

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

HUKUM-HUKUM DASAR KIMIA

A. Tujuan Pembelajaran

Materi pada Kegiatan Pembelajaran 3 ini merupakan materi prasyarat untuk Kegiatan Pembelajaran berikutnya. Jadi setelah membaca dan mengikuti langkah-langkah atau arahan pada modul ini diharapkan Ananda dapat:

1. Mengidentifikasi hukum-hukum dasar kimia.
2. Menerapkan hukum-hukum dasar kimia untuk menyelesaikan perhitungan kimia.
3. Menginterpretasi data hasil percobaan menggunakan hukum-hukum dasar kimia.

B. Uraian Materi

HUKUM-HUKUM DASAR KIMIA

Perlu Ananda ketahui bahwa pada awal abad ke-18 para ilmuwan telah melakukan percobaan-percobaan yang mempelajari secara kuantitatif susunan zat dari beberapa reaksi kimia. Mereka menemukan adanya keteraturan-keteraturan yang dinyatakan sebagai hukum-hukum dasar kimia. Hukum dasar kimia yang akan dibahas di sini adalah Hukum Kekekalan Massa (Lavoisier), Hukum Perbandingan Tetap (Proust), Hukum Kelipatan Perbandingan (Dalton), Hukum Perbandingan Volum (Gay Lussac), dan Hipotesis Avogadro.

1. Hukum Kekekalan Massa (Hukum Lavoisier)

Perhatikan reaksi pembakaran kertas. Sepintas lalu dapat kita lihat bahwa massa abu hasil pembakaran lebih kecil daripada massa kertas yang dibakar. Apakah pembakaran kertas disertai pengurangan massa?

Antoine Laurent Lavoisier telah menyelidiki massa zat-zat sebelum dan sesudah reaksi. Lavoisier menimbang zat sebelum bereaksi, kemudian menimbang hasil reaksinya. Ternyata massa zat sebelum dan sesudah reaksi selalu sama.

Perubahan materi yang kita amati dalam kehidupan sehari-hari umumnya berlangsung dalam wadah terbuka. Jika hasil reaksi ada yang berupa gas (seperti pada pembakaran kertas), maka massa zat yang tertinggal menjadi lebih kecil daripada massa semula. Tetapi jika gas yang dihasilkan pada pembakaran kertas juga ditimbang massanya, maka massa zat-zat hasil reaksi akan sama dengan sebelum reaksi.

Ananda dapat lihat data hasil reaksi antara $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dengan KI dalam wadah tertutup menghasilkan PbI_2 dan KNO_3 pada Tabel 1.

Tabel 1. Data percobaan massa zat sebelum dan sesudah reaksi

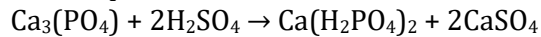
No. Percobaan	Massa sebelum reaksi $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{KI}$ (gram)	Massa sesudah reaksi PbI_2 dan KNO_3 (gram)
1.	3,315	3,315
2.	4,970	4,970
3.	6,630	6,630

Dari data percobaan tersebut dapat diketahui massa zat sebelum dan sesudah reaksi tidak ada perubahan. Hal tersebut membuktikan Hukum Kekekalan Massa.

“Di dalam suatu sistem tertutup, massa zat-zat sebelum reaksi sama dengan massa zat sesudah reaksi”.

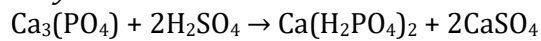
Contoh soal:

Superfosfat adalah pupuk yang mudah larut dalam air. Pupuk ini merupakan campuran antara $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ dengan CaSO_4 dengan perbandingan jumlah molekul 1 : 2. Pupuk ini dibuat melalui reaksi berikut:



Jika 300 g $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ bereaksi sempurna dengan 189,7 g H_2SO_4 , berapa massa pupuk superfosfat yang dihasilkan?

Penyelesaian:



300 g 189,7 g

Berdasarkan hukum kekekalan massa, massa zat sebelum reaksi sama dengan massa zat sesudah reaksi. Jadi, massa pupuk superfosfat yang dihasilkan

$$= \text{massa } \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4$$

$$= 300 \text{ g} + 189,7 \text{ g} = 489,7 \text{ g}$$

2. Hukum Perbandingan Tetap (Hukum Proust)

Senyawa yang sama meskipun berasal dari daerah berbeda atau dibuat dengan cara yang berbeda ternyata mempunyai komposisi yang sama. Contohnya, hasil analisis terhadap garam natrium klorida dari berbagai daerah sebagai berikut.

Asal	Massa Garam	Massa Natrium	Massa Klorida	Massa Na : Cl
Indramayu	2 gram	0,786 gram	1,214 gram	1 : 1,54
Madura	1,5 gram	0,59 gram	0,91 gram	1 : 1,54
Impor	2,5 gram	0,983 gram	1,517 gram	1 : 1,54

Sebagaimana ditunjukkan dalam perhitungan di atas, bahwa perbandingan massa Na terhadap Cl ternyata tetap, yaitu 1 : 1,54. Jadi, senyawa tersebut memenuhi hukum Proust.

“Perbandingan massa unsur-unsur dalam suatu senyawa adalah tetap.”

Contoh soal:

Jika reaksi antara gas hidrogen dengan gas oksigen menghasilkan 18 gram uap air, berapakah massa H dan O dalam H_2O ? (massa atom relatif H = 1; O = 16).

Penyelesaian:

hidrogen + oksigen → air

H ? O ?

Dalam molekul H_2O , massa atom H : massa atom O

$$= 2(1) : 16$$

$$= 1 : 8$$

Oleh karena itu, massa 1 molekul $\text{H}_2\text{O} = 1 + 8 = 9$ satuan.

$$\text{massa H} = \frac{\text{Massa Atom H}}{\text{Massa Molekul } \text{H}_2\text{O}} \times \text{massa senyawa } \text{H}_2\text{O}$$

$$= \frac{1}{9} \times 18 \text{ gram} = 2 \text{ gram}$$

$$\text{massa O} = \frac{\text{massa atom O}}{\text{massa molekul H}_2\text{O}} \times \text{massa senyawa H}_2\text{O}$$

$$= \frac{8}{9} \times 18 \text{ gram} = 16 \text{ gram}$$

3. Hukum Kelipatan Perbandingan (Hukum Dalton)

Hukum Proust dikembangkan lebih lanjut oleh para ilmuwan untuk unsur-unsur yang dapat membentuk lebih dari satu jenis senyawa. Salah seorang di antaranya adalah *John Dalton* (1766 – 1844). Dalton mengamati adanya suatu keteraturan yang terkait dengan perbandingan massa unsur-unsur dalam suatu senyawa. Untuk memahami hal ini, perhatikan tabel hasil percobaan reaksi antara nitrogen dengan oksigen berikut.

Tabel 2. Reaksi antara Nitrogen dan Oksigen

Jenis Senyawa	Massa Nitrogen yang Direaksikan	Massa Oksigen yang Direaksikan	Massa Senyawa yang Terbentuk
Nitrogen monoksida	0,875 gram	1,00 gram	1,875 gram
Nitrogen dioksida	1,75 gram	1,00 gram	2,75 gram

Dengan massa oksigen yang sama, ternyata perbandingan massa nitrogen dalam senyawa nitrogen dioksida dan senyawa nitrogen monoksida merupakan bilangan bulat dan sederhana.

$$\frac{\text{Massa nitrogen dalam senyawa nitrogen dioksida}}{\text{Massa nitrogen dalam senyawa nitrogen monoksida}} = \frac{1,75 \text{ gram}}{0,87 \text{ gram}} = \frac{2}{1}$$

“Jika dua jenis unsur bergabung membentuk lebih dari satu senyawa, dan jika, massa salah satu unsur dalam senyawa tersebut sama, sedangkan massa unsur lainnya berbeda, maka perbandingan massa unsur lainnya dalam senyawa tersebut merupakan bilangan bulat sederhana.”

Contoh soal:

Karbon bereaksi dengan oksigen membentuk senyawa A dan B dengan komposisi sebagai berikut:

Senyawa A : 2,41 g karbon dan 3,22 g oksigen

Senyawa B : 6,71 g karbon dan 17,9 g oksigen

Tentukan angka banding karbon yang paling sederhana yang bereaksi dengan oksigen dengan massa yang sama.

Penyelesaian:

	Karbon	Oksigen	Karbon : Oksigen	
Senyawa A	2,41	3,22	1 : 1,33	= 0,75 : 1
Senyawa B	6,71	17,9	1 : 2,67	= 0,37 : 1

Jadi, perbandingan jumlah atom C dalam senyawa A dan senyawa B adalah 2 : 1.

4. Hukum Perbandingan Volum (Hukum Gay - Lussac)

Pada tahun 1808 Josep Louis Gay Lussac dari Perancis menyelidiki hubungan antara volum gas-gas dalam suatu reaksi kimia. Ia menemukan bahwa pada suhu dan tekanan yang sama, satu volum gas oksigen bereaksi dengan dua volum gas hidrogen menghasilkan dua volum uap air.

Dari data percobaan tersebut Gay Lussac menyimpulkan:

“Pada suhu dan tekanan yang sama, volume gas-gas yang bereaksi dan volume gas-gas hasil reaksi berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana.”

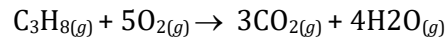
Berikut contoh perbandingan volum pada reaksi-reaksi gas pada kondisi (suhu dan tekanan) yang sama.

- a) $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{HCl}(\text{g})$ Perbandingan volum $\text{H}_2 : \text{Cl}_2 : \text{HCl} = 1 : 1 : 2$
 1 vol 1 vol 2 vol
- b) $2\text{NH}_3(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g})$ Perbandingan volum $\text{NH}_3 : \text{N}_2 : \text{H}_2 = 2 : 1 : 3$
 2 vol 1 vol 3 vol

Hukum ini hanya berlaku untuk reaksi-reaksi gas yang susunan molekulnya sederhana. Hukum perbandingan volum ini diperoleh semata-mata dari hasil percobaan. Berdasarkan hukum ini, kita dapat menghitung volum gas pada suatu reaksi, jika volum salah satu gas diketahui.

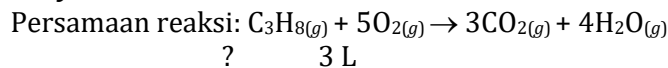
Contoh soal:

Salah satu komponen gas elpiji yang biasa digunakan dalam kegiatan rumah tangga adalah gas propana (C_3H_8). Pada suhu dan tekanan tertentu, gas propana terbakar sempurna dengan oksigen menurut reaksi berikut:



Bila reaksi ini memerlukan 3 L gas oksigen, berapa volume C_3H_8 yang bereaksi dan gas-gas lain yang dihasilkan?

Penyelesaian:



Perbandingan volume = perbandingan koefisien.

$$\frac{\text{Volume } \text{C}_3\text{H}_8}{\text{Volume } \text{O}_2} = \frac{\text{Koefisien } \text{C}_3\text{H}_8}{\text{Koefisien } \text{O}_2}$$

$$\text{Volume } \text{C}_3\text{H}_8 = \frac{\text{Koefisien } \text{C}_3\text{H}_8}{\text{Koefisien } \text{O}_2} \times \text{Volume } \text{O}_2 = \frac{1}{5} \times 3\text{L} = 0,6\text{ L}$$

5. Hipotesis Avogadro

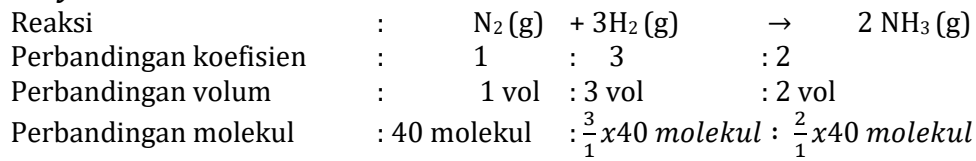
Hipotesis Avogadro berbunyi :

“Pada suhu dan tekanan yang sama, semua gas bervolume sama mengandung jumlah molekul yang sama pula”.

Berdasarkan hipotesis tersebut Ananda dapat menentukan jumlah molekul gas lain, jika volumenya diketahui.

Contoh Soal :

Gas nitrogen dan gas hidrogen dapat bereaksi membentuk gas amoniak (NH_3) pada keadaan tekanan dan suhu yang sama. Jika 40 molekul gas nitrogen, berapa molekul gas hidrogen yang diperlukan dan berapa molekul gas NH_3 yang dihasilkan?

Penyelesaian:

Gas H_2 yang diperlukan : 3×40 molekul = 120 molekul

Gas NH_3 yang terjadi : 2×40 molekul = 80 molekul

Jadi, gas H_2 yang diperlukan adalah 120 molekul dan NH_3 yang terjadi adalah 80 molekul.

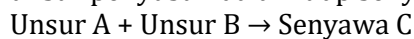
C. Rangkuman

1. Hukum Kekekalan Massa (Hukum Lavoisier) berbunyi jumlah massa zat-zat sebelum dan sesudah reaksi adalah sama.



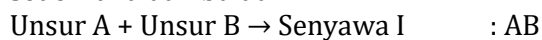
$$\text{Massa A} + \text{B} = \text{massa C}$$

2. Hukum Perbandingan Tetap (Hukum Proust) berbunyi perbandingan massa unsur-unsur penyusun dalam tiap senyawa selalu tetap.



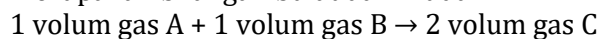
Massa A: massa B selalu tetap membentuk senyawa C

3. Hukum Kelipatan Perbandingan (Hukum Dalton) berbunyi jika ada dua senyawa yang dibentuk dari dua unsur yang sama dan massa satu unsur pada kedua senyawa itu sama maka massa unsur yang lainnya mempunyai angka perbandingan yang sederhana dan bulat.



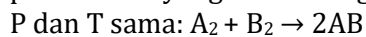
Massa unsur A sama, maka massa unsur B_I : B_{II} = 2 : 3

4. Hukum Perbandingan Volum (Hukum Gay Lussac) berbunyi pada temperatur dan tekanan yang sama perbandingan volum gas-gas yang bereaksi dan gas hasil reaksi merupakan bilangan bulat dan mudah.



$$\text{Volum A} : \text{Volum B} : \text{Volum C} = 1 : 1 : 2$$

5. Hukum Avogadro berbunyi pada temperatur dan tekanan yang sama, semua gas pada volum yang sama mengandung jumlah molekul yang sama pula.



$$\text{Jumlah molekul A}_2 : \text{Jumlah molekul B}_2 : \text{Jumlah molekul AB} = 1 : 1 : 2$$

D. Penugasan Mandiri

Hukum dasar kimia sangat penting bagi pemecahan masalah pada ilmu kimia dan ilmu pengetahuan alam lainnya. Ada beberapa ahli yang berjasa pada penemuan ini. Cobalah cari informasi tentang penemu hukum-hukum ini secara lengkap, bagaimana sejarahnya sampai mendapatkan penemuan-penemuan yang berharga untuk memotivasimu dalam belajar kimia. Informasi bisa didapat dari buku-buku, internet, majalah atau ensiklopedia. Buat laporannya dengan singkat!

E. Latihan Soal

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan tepat!

- Berikut ini tabel reaksi antara tembaga dan belerang (sulfur) yang menghasilkan tembaga(II) sulfida berdasarkan Hukum Kekekalan Massa. Lengkapi tabel dan tulis persamaan reaksinya.

No	Massa sebelum reaksi		Massa sesudah reaksi Tembaga (II) sulfida (gram)
	Tembaga (gram)	Belerang (gram)	
1	0,24		0,36
2	0,30	0,15	
3		0,20	0,60
4	0,60	0,40	

- Logam natrium jika direaksikan dengan gas oksigen akan dihasilkan natrium oksida. Data beberapa percobaannya adalah sebagai berikut.

Sampel	Massa Senyawa (gram)	Massa Natrium (gram)	Massa Oksigen (gram)
A	1,020	0,757	0,263
B	1,548	1,149	0,399
C	1,382	1,025	0,357

- Tentukan perbandingan massa natrium dengan massa oksigen pembentuk senyawa pada setiap percobaan.
 - Apakah data tersebut sesuai dengan hukum perbandingan tetap? Jelaskan!
 - Tulis reaksi pada percobaan tersebut!
- Perbandingan massa N dan O dalam senyawa NO dan NO₂ adalah sebagai berikut.

Senyawa	Massa Pembentuk (gram)	
	N	O
NO	21	24
NO ₂	28	64

Buktikan apakah kedua rumus senyawa tersebut memenuhi Hukum Kelipatan Perbandingan?

- Dua liter gas propana, C₃H₈ bereaksi dengan gas oksigen menghasilkan karbon dioksida dan uap air.

Tentukan:

- volum gas O₂ yang diperlukan;
 - volum gas CO₂ yang dihasilkan;
 - volum uap air yang dihasilkan.
- Dua liter gas metana dibakar menurut reaksi
 $\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$.
 Jika dalam 1 liter gas metana terdapat 100.000 molekul, tentukan jumlah molekul gas CO₂ dan gas H₂O yang dihasilkan!

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 (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 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 (A_r) dan Massa Molekul Relatif (M_r)

Pada materi kimia sebelumnya tentang Struktur Atom, Ananda telah mengenal 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 Molekul Relatif (M_r) dan 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 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 M_r .

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

$$M_r = \Sigma A_r$$

Contoh :

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

Tentukan :

- a. M_r H_2SO_4
- b. M_r $CO(NH_2)_2$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{a. } M_r H_2SO_4 &= (2 \times A_r H) + (1 \times A_r S) + (4 \times A_r O) \\ &= (2 \times 1) + (1 \times 32) + (4 \times 16) \\ &= 2 + 32 + 64 \\ &= \mathbf{98} \end{aligned}$$

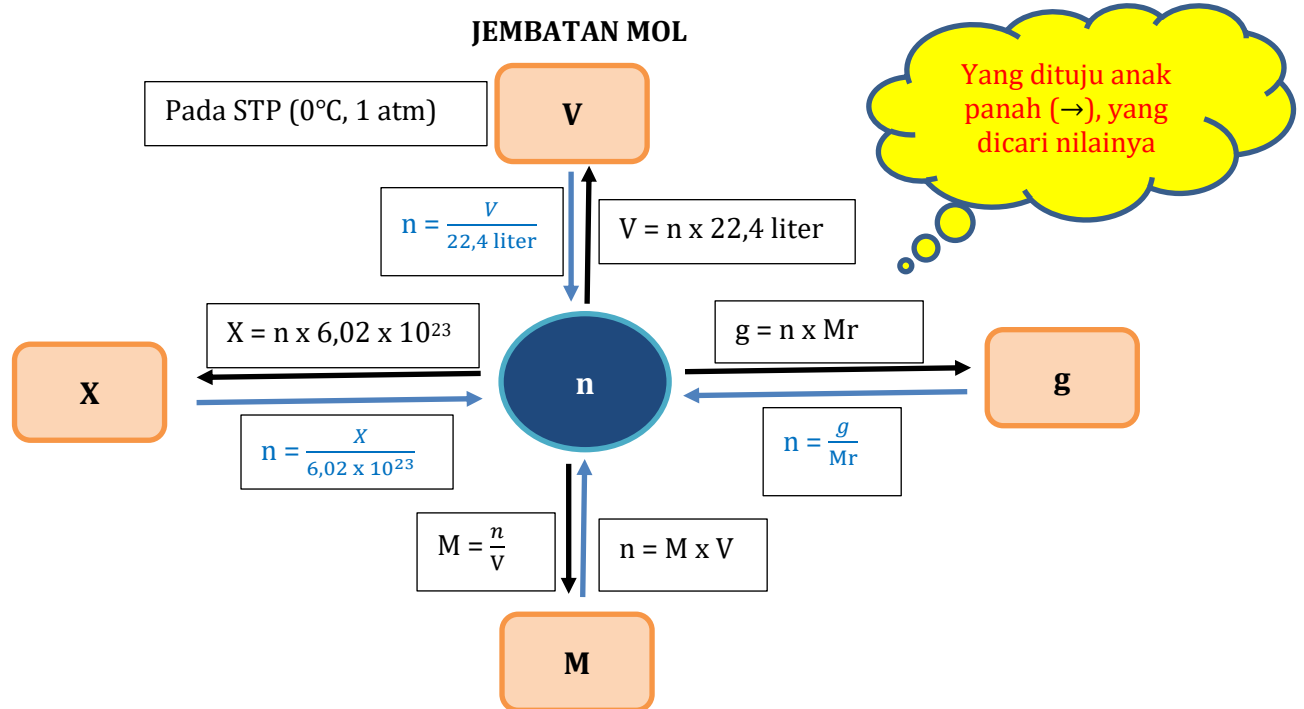
$$\begin{aligned} \text{b. } M_r CO(NH_2)_2 &= (1 \times A_r C) + (1 \times A_r O) + (2 \times A_r N) + (4 \times A_r H) \\ &= (1 \times 12) + (1 \times 16) + (2 \times 14) + (4 \times 1) \\ &= 12 + 16 + 28 + 4 \\ &= \mathbf{60} \end{aligned}$$

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.



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.

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:

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

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

Contoh Soal

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

Penyelesaian:

- Emas adalah unsur logam, sehingga jenis partikelnya adalah **atom** emas.
 - Jumlah partikel dalam 5 mol emas murni adalah:

$$\begin{aligned} X &= n \times 6,02 \times 10^{23} \text{ partikel/mol} \\ &= 5 \text{ mol} \times 6,02 \times 10^{23} \text{ partikel/mol} \\ &= \mathbf{3,01 \times 10^{24} \text{ atom emas}} \end{aligned}$$
- Menghitung Massa Jika Diketahui Jumlah Mol Zat

Hitunglah massa dari:

- 5 mol besi (Ar Fe = 56)
- 0,75 mol urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (Ar C = 12, O = 16, N = 14, dan H = 1)

Penyelesaian:

- $$\begin{aligned} \text{massa besi} = g &= n \times \text{Ar Fe} \\ &= 5 \text{ mol} \times 56 \text{ mol/gram} \\ &= \mathbf{80 \text{ gram}} \end{aligned}$$
- $$\begin{aligned} \text{massa urea} = g &= n \times \text{Mr CO}(\text{NH}_2)_2 \\ &= 0,75 \text{ mol} \times 60 \text{ mol/gram} \\ &= \mathbf{45 \text{ gram}} \end{aligned}$$

3. Menghitung Mol Jika Diketahui Massa Zat

Hitunglah banyaknya mol dari:

- 2,3 gram natrium (Ar Na = 23)
- 45 gram $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (Ar C = 12, H = 1, dan O = 16)

Penyelesaian:

- $$n = \frac{g}{\text{Ar}} = \frac{2,3 \text{ gram}}{23 \text{ gram/mol}} = \mathbf{0,1 \text{ mol}}$$
- $$\begin{aligned} \text{Mr C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 &= (6 \times \text{Ar C}) + (12 \times \text{Ar H}) + (6 \times \text{Ar O}) \\ &= (6 \times 12) + (12 \times 1) + (6 \times 16) \\ &= 72 + 12 + 96 \\ &= 180 \\ n &= \frac{g}{\text{Mr}} = \frac{45 \text{ gram}}{180 \text{ gram/mol}} = \mathbf{0,25 \text{ mol}} \end{aligned}$$

4. Tentukan volume dari 2 mol gas nitrogen jika diukur pada:

- keadaan standar (STP)
- keadaan kamar (RTP)
- suhu 30°C dan tekanan 1 atm
- suhu dan tekanan yang sama di mana 0,5 mol gas oksigen mempunyai volume 15 liter

Penyelesaian:

- Pada keadaan standar (STP)

$$\begin{aligned} V &= n \times 22,4 \text{ liter} \\ &= 2 \text{ mol} \times 22,4 \text{ liter/mol} \\ &= \mathbf{44,8 \text{ liter}} \end{aligned}$$

- Pada keadaan kamar (RTP)

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

- Pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm

$$T = 273 + 30 = 303 \text{ K}$$

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

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

$$\begin{aligned} \frac{V_1}{V_2} &= \frac{n_1}{n_2} \\ \frac{V_{\text{O}_2}}{V_{\text{N}_2}} &= \frac{n_{\text{O}_2}}{n_{\text{N}_2}} \\ \frac{15 \text{ liter}}{V_{\text{N}_2}} &= \frac{0,5 \text{ mol}}{2 \text{ mol}} \end{aligned}$$

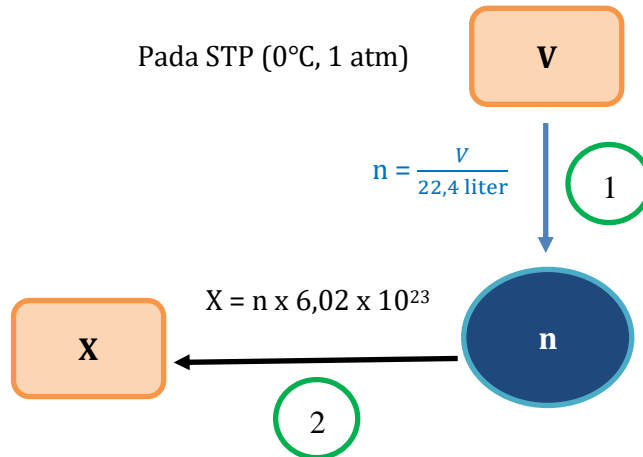
$$V_{N_2} = \frac{2 \text{ mol}}{0,5 \text{ mol}} \times 15 \text{ liter}$$

$$V_{N_2} = 4 \times 15 \text{ liter}$$

$$V_{N_2} = \mathbf{60 \text{ liter}}$$

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

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

$$n = \frac{v}{22,4 \text{ liter}}$$

$$= \frac{2 \text{ liter}}{22,4 \text{ liter}}$$

$$= 0,089 \text{ mol}$$

2

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

$$= 0,089 \text{ mol} \times 6,02 \times 10^{23}$$

$$= 0,536 \times 10^{23} \text{ molekul}$$

Jadi, jumlah molekul O_2 yang terkandung dalam 2 liter gas O_2 adalah $\mathbf{0,536 \times 10^{23} \text{ molekul}}$

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.

- Tuliskan lambang unsur.
- Tuliskan perbandingan % massanya.

- 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:

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan \% massa Na dan S} &= 59\% : 41\% \\ \text{Perbandingan jumlah unsur Na dan S} &= \frac{59}{23} : \frac{41}{32} \\ &= 2,56 : 1,28 \\ &= \frac{2,56}{1,28} : \frac{1,28}{1,28} \\ \text{Perbandingan unsur Na dan S} &= 2 : 1 \\ \text{Rumus Empiris} &= \text{Na}_2\text{S} \end{aligned}$$

b. Menentukan Rumus Molekul (RM)

Rumus molekul atau rumus sebenarnya dari senyawa merupakan kelipatan dari rumus empirisnya.

$$\text{Mr Rumus Molekul} = n \times \text{Mr Rumus Empiris}$$

atau

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

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:

$$\begin{aligned} \text{C} &= 40\%; \text{H} = 6,6\%; \text{O} = 53,4\% \\ \text{mol C} : \text{mol H} : \text{mol O} &= \frac{40}{12} : \frac{6,6}{1} : \frac{53,4}{16} \\ &= 3,3 : 6,6 : 3,3 \\ &= 1 : 2 : 1 \end{aligned}$$

Rumus Empirisnya adalah CH_2O

$$\begin{aligned} \text{RM} &= (\text{RE})n \\ 90 &= (\text{CH}_2\text{O})n \\ 90 &= (\text{Ar C} + 2\text{Ar H} + \text{Ar O})n \\ 90 &= (12 + (2 \times 1) + 16)n \\ 90 &= (30)n \\ n &= \frac{90}{30} \\ n &= 3 \end{aligned}$$

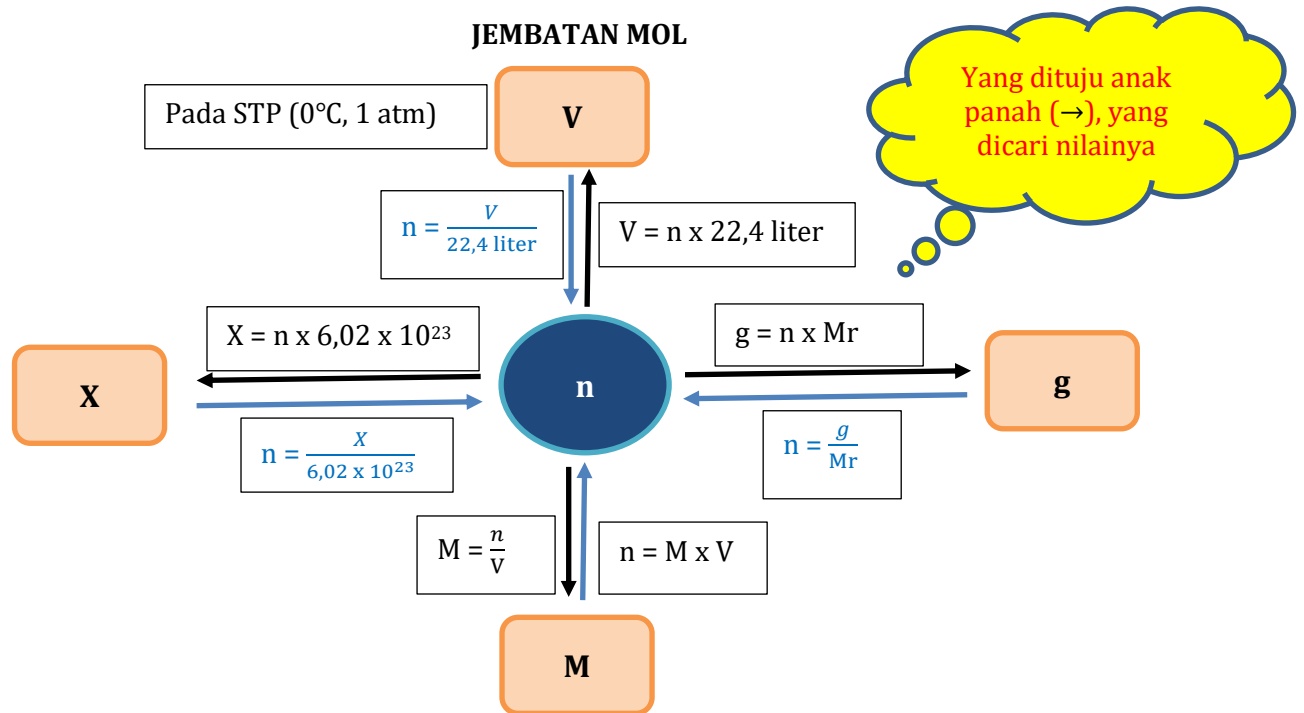
Jadi, Rumus Molekulnya adalah $(\text{CH}_2\text{O})_3 = \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$

C. Rangkuman

1. Massa atom relatif

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

2. Massa molekul relatif (M_r) 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 M_r dari senyawa berikut.
 - a. $Al_2(SO_4)_3$

- b. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
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 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ (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 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ yang dibutuhkan untuk membuat 2 liter larutan $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 0,05 M (Ar C = 12, H = 1, O = 16)?

KEGIATAN PEMBELAJARAN 5

KOMPOSISI ZAT DAN PEREAKSI PEMBATAS

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah membaca dan mengikuti langkah-langkah atau arahan pada modul ini diharapkan Ananda dapat:

1. Menentukan komposisi zat dalam senyawa.
2. Menuliskan rumus senyawa hidrat.
3. Menyelesaikan perhitungan kimia pada suatu persamaan reaksi kimia.
4. Menentukan pereaksi pembatas pada reaksi kimia.

B. Uraian Materi

1. Komposisi Zat

Ananda yang hebat, salah satu kegiatan penting dalam ilmu kimia adalah melakukan percobaan untuk mengidentifikasi zat. Ada dua kegiatan dalam identifikasi zat, yakni analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Analisis kualitatif digunakan untuk menentukan jenis komponen penyusun zat. Sedangkan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan massa dari setiap komponen penyusun zat. Dengan mengetahui jenis dan massa dari setiap komponen penyusun zat, kita dapat mengetahui komposisi zat tersebut.

a. Komposisi Zat dalam persen massa

Komposisi zat dinyatakan dalam persen massa (% massa). Perhitungan persen massa untuk setiap komponen dapat menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Persen massa komponen penyusun zat} = \frac{\text{massa komponen}}{\text{massa zat}} \times 100\%$$

Contoh Soal

- a. Seorang ahli kimia melakukan analisis terhadap sejumlah sampel zat. Ia menemukan bahwa sampel seberat 65 gram tersebut mengandung 48 gram karbon, 9 gram hidrogen, dan 8 gram oksigen. Nyatakan komposisi zat tersebut dalam persen massa!

Penyelesaian

Massa zat (sampel) = 65 gram

Komponen Penyusun	Massa (gram)	Persen Massa
Karbon (C)	48	$\begin{aligned} \text{Persen Massa C} &= \frac{\text{massa C}}{\text{massa zat}} \times 100\% \\ &= \frac{48 \text{ gram}}{65 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= \mathbf{73,85\%} \end{aligned}$
Hidrogen (H)	9	$\begin{aligned} \text{Persen Massa H} &= \frac{\text{massa H}}{\text{massa zat}} \times 100\% \\ &= \frac{9 \text{ gram}}{65 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= \mathbf{13,85\%} \end{aligned}$
Oksigen (O)	8	$\begin{aligned} \text{Persen Massa O} &= \frac{\text{massa O}}{\text{massa zat}} \times 100\% \\ &= \frac{8 \text{ gram}}{65 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= \mathbf{12,30\%} \end{aligned}$

- b. Analisis sampel menunjukkan terdapat 40% kalsium, 12% karbon, dan 48% oksigen. Jika diketahui massa sampel tersebut adalah 25 gram, tentukan massa dari masing-masing unsur dalam sampel!

Penyelesaian

Massa zat (sampel) = 25 gram

Komponen Penyusun	Persen Massa (%)	Massa Komponen
Kalsium (Ca)	40	$\begin{aligned} \text{Massa Ca} &= \text{Persen massa Ca} \times \text{massa zat} \\ &= 40\% \times 25 \text{ gram} \\ &= \frac{40}{100} \times 25 \text{ gram} \\ &= \mathbf{10 \text{ gram}} \end{aligned}$
Karbon (C)	12	$\begin{aligned} \text{Massa C} &= \text{Persen massa C} \times \text{massa zat} \\ &= 12\% \times 25 \text{ gram} \\ &= \frac{12}{100} \times 25 \text{ gram} \\ &= \mathbf{3 \text{ gram}} \end{aligned}$
Oksigen (O)	48	$\begin{aligned} \text{Massa O} &= \text{Persen massa O} \times \text{massa zat} \\ &= 48\% \times 25 \text{ gram} \\ &= \frac{48}{100} \times 25 \text{ gram} \\ &= \mathbf{12 \text{ gram}} \end{aligned}$

b. Komposisi Zat Secara Teoritis

Komposisi zat secara teoritis merupakan komposisi zat yang ditentukan dari rumus kimianya. Untuk zat berupa senyawa, komposisinya secara teoritis dapat dinyatakan dalam persen massa unsur dalam senyawa dengan membandingkan Ar unsur dan Mr senyawa.

$$\text{Persen massa unsur dalam senyawa (\%)} = \frac{\text{angka indeks} \times \text{Ar unsur}}{\text{Mr senyawa}} \times 100\%$$

Contoh Soal

Tentukan persen massa unsur C, H, dan O dalam senyawa glukosa ($C_6H_{12}O_6$)! (Ar C = 12, H = 1, dan O = 16)!

Penyelesaian

Mr $C_6H_{12}O_6$ = 180

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

c. Menentukan Rumus Air Kristal (Rumus Kimia Hidrat)

Air kristal merupakan molekul air yang terjebak di dalam suatu kristal. Kristal merupakan zat padat yang memiliki bentuk teratur. *Hidrat* adalah zat padat yang mengikat beberapa molekul air sebagai bagian dari struktur kristalnya.

Contoh :

Terusi ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) : tembaga(II) sulfat pentahidrat

Gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) : kalsium sulfat dihidrat

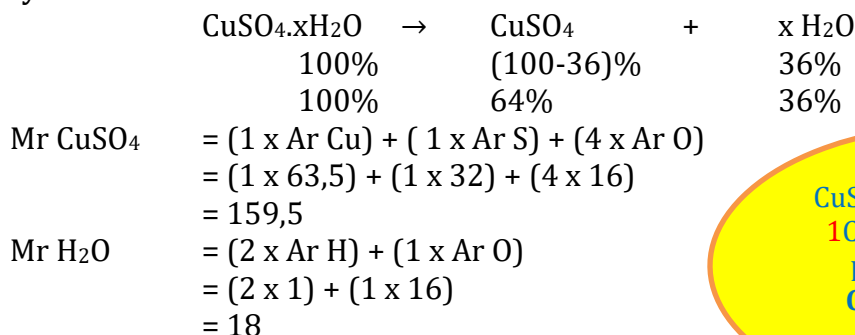
Garam Inggris ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) : magnesium sulfat heptahidrat

Jumlah kristal air dalam suatu kristal dapat kita tentukan dengan beberapa cara, diantaranya:

- Dengan memanaskan suatu kristal hingga air kristalnya terlepas setelah dipanaskan. Kristal tersebut ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui selisih beratnya dengan kristal yang sudah mengalami pemanasan. Dari selisih berat tersebut kita dapat menentukan jumlah air kristal.
- Dengan menganalisis melalui reaksi kimia

Contoh Soal

Suatu hidrat tembaga(II) sulfat dipanaskan, ternyata beratnya berkurang sebanyak 36%. Tentukan rumus molekul hidrat tersebut! (Ar Cu=63,5; S=32; O=16; H=1)

Penyelesaian

$\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ bisa ditulis
 $1\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, artinya
perbandingan mol
 $\text{CuSO}_4 : \text{H}_2\text{O} = 1 : x$

$$\begin{array}{rcl} \text{Perbandingan jumlah mol CuSO}_4 \text{ dengan H}_2\text{O} & = & \text{mol CuSO}_4 : \text{mol H}_2\text{O} \\ & = & 1 : x \\ & = & \frac{64}{159,5} : \frac{36}{18} \\ & = & 0,4 \text{ mol} : 2 \text{ mol} \\ & = & \frac{0,4 \text{ mol}}{0,4 \text{ mol}} : \frac{2 \text{ mol}}{0,4 \text{ mol}} \\ & = & 1 : 5 \end{array}$$

Jadi, rumus senyawa hidrat tersebut adalah $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

2. Menggunakan persamaan reaksi dalam perhitungan kimia

Ananda yang hebat, untuk menyelesaikan perhitungan kimia pada suatu persamaan reaksi kimia membutuhkan penerapan hukum-hukum dasar kimia dan konsep mol.

Langkah umum perhitungan zat dalam reaksi adalah buat persamaan reaksi setara --> ubah jumlah zat menjadi mol --> gunakan perbandingan koefisien = perbandingan mol untuk menghitung jumlah zat yang ditanyakan --> ubah mol zat ditanya menjadi besaran jumlah zat yang ditanyakan.

Perhatikan contoh berikut!

Padatan silikon bereaksi habis dengan gas klorin membentuk lelehan silikon tetraklorida menurut persamaan reaksi: $\text{Si (s)} + 2\text{Cl}_2 \text{ (g)} \rightarrow \text{SiCl}_4 \text{ (l)}$

- Berapa mol gas klorin yang diperlukan untuk bereaksi habis dengan 30 gr silikon?
- Berapa mol silikon tetraklorida yang dihasilkan? (Ar Si = 28, Cl= 35,5)

Langkah-langkah penyelesaian soal

	Si (s)	+	2Cl ₂ (g)	→	SiCl ₄ (l)
Mula-mula:	x mol		2x mol		-
Reaksi :	-x mol		-2x mol		+x mol
Sisa :	0 mol		0 mol		x mol

Pada kondisi mula-mula, mol Si dimisalkan x mol

$$n \text{ Si} = \frac{g}{Ar \text{ Si}} = \frac{30 \text{ gram}}{28 \text{ gram/mol}} = 1,071 \text{ mol} \quad \sim \quad x \text{ mol} = 1,071 \text{ mol}$$

Jadi, harga x = 1,071 mol

- mol Cl₂ yang diperlukan = 2x mol = 2 x 1,071 mol = **2,142 mol**
- mol SiCl₄ yang dihasilkan = x mol = **1,071 mol**

3. Pereaksi Pembatas

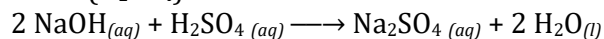
Pereaksi pembatas adalah pereaksi yang habis lebih dahulu

Di dalam suatu reaksi kimia, perbandingan mol zat-zat pereaksi yang ditambahkan tidak selalu sama dengan perbandingan koefisien reaksinya. Apabila zat-zat yang direaksikan tidak ekuivalen, maka salah satu pereaksi akan habis lebih dahulu sedangkan pereaksi yang lain bersisa.

Cara menentukan pereaksi pembatas adalah mol masing-masing zat pereaksi dibagi koefisien, kemudian pilih **hasil bagi yang kecil sebagai pereaksi pembatas**.

Contoh Soal

Satu mol larutan natrium hidroksida (NaOH) direaksikan dengan 1 mol larutan asam sulfat (H₂SO₄) sesuai reaksi:



Tentukan:

- pereaksi pembatas
- pereaksi yang sisa
- mol Na₂SO₄ dan mol H₂O yang dihasilkan

Penyelesaian

	2NaOH _(aq)	+	H ₂ SO _{4(aq)}	→	Na ₂ SO _{4(aq)}	+	2H ₂ O _(l)
Mula-mula:	1 mol		1 mol		-		-
Bereaksi :	1 mol		$\frac{1}{2} \times 1 \text{ mol} = 0,5 \text{ mol}$		$\frac{1}{2} \times 1 \text{ mol} = 0,5 \text{ mol}$		$\frac{1}{1} \times 1 \text{ mol} = 1 \text{ mol}$
Sisa :	-		0,5 mol		0,5 mol		1 mol

RUAS KIRI PANAH
Sisa = Mula-mula - Bereaksi

RUAS KANAN PANAH
Sisa = Mula-mula + Bereaksi

- Untuk menentukan pereaksi pembatas, jumlah mol mula-mula masing-masing pereaksi dibagi dengan koefisiennya.

$$\frac{\text{mol NaOH}}{\text{koefisien NaOH}} = \frac{1 \text{ mol}}{2} = 0,5 \text{ mol}$$

$$\frac{\text{mol H}_2\text{SO}_4}{\text{koefisien H}_2\text{SO}_4} = \frac{1 \text{ mol}}{1} = 1 \text{ mol}$$

Karena hasil bagi NaOH < H₂SO₄, maka **NaOH adalah pereaksi pembatas**, sehingga NaOH akan habis bereaksi lebih dahulu

- Pereaksi yang sisa adalah **H₂SO₄**
- mol Na₂SO₄ yang dihasilkan = **0,5 mol**
mol H₂O yang dihasilkan = **1 mol**

C. Rangkuman

- Persen massa unsur dalam senyawa (%) = $\frac{\text{angka indeks} \times \text{Ar unsur}}{\text{Mr senyawa}} \times 100\%$
- Air kristal* merupakan molekul air yang terjebak di dalam suatu kristal. Kristal merupakan zat padat yang memiliki bentuk teratur.
- Hidrat* adalah zat padat yang mengikat beberapa molekul air sebagai bagian dari struktur kristalnya.
- Dalam suatu reaksi kimia, pereaksi yang terlebih dulu habis bereaksi disebut sebagai pereaksi pembatas.
- Langkah umum perhitungan zat dalam reaksi adalah buat persamaan reaksi setara --> ubah jumlah zat menjadi mol --> gunakan perbandingan koefisien = perbandingan mol untuk menghitung jumlah zat yang ditanyakan --> ubah mol zat ditanya menjadi besaran jumlah zat yang ditanyakan.
- Cara menentukan pereaksi pembatas adalah mol masing-masing zat pereaksi dibagi koefisien, kemudian pilih hasil bagi yang kecil sebagai pereaksi pembatas.

D. Penugasan Mandiri

Di bidang pertanian pupuk merupakan keperluan penting bagi keberhasilan panen. Misalnya tanaman kentang memerlukan pupuk yang mengandung nitrogen yang bisa didapat dari Urea (CO(NH₂)₂) dan ZA (NH₄)₂SO₄. Carilah harga masing-masing pupuk di toko pupuk. Hitung kadar nitrogen pada masing-masing pupuk, berdasarkan kadar nitrogen dan harga pupuk tersebut pilih pupuk mana menurutmu yang paling efektif dan efisien bagi para petani. Buat laporan perhitungannya dalam sebuah tabel seperti berikut.

Pupuk	Rumus Kimia	Harga Pupuk per Kg	% N	Harga N per Kg
Urea	CO(NH ₂) ₂
ZA	(NH ₄) ₂ SO ₄

E. Latihan Soal

Jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut dengan tepat!

- Hitung massa masing-masing unsur dalam 20 gram Fe₂(SO₄)₃! (Ar Fe = 56, S = 32, O = 16 ; Mr Fe₂(SO₄)₃ = 400)
- 24,0 gram magnesium sulfat anhidrat bergabung dengan 25,2 gram air membentuk senyawa magnesium sulfat hidrat. Tentukan rumus senyawa hidrat tersebut! (Mr MgSO₄ = 120, H₂O = 18)
- Diketahui 4 gram kalsium karbonat direaksikan dengan larutan hidrogen klorida.
 - Tulis persamaan reaksi yang terjadi.
 - Hitung massa garam yang terbentuk.
 - Hitung volume gas yang terbentuk (STP).
(Ar Ca = 40; C = 12; O = 16; H = 1; Cl = 35,5)