**STOIKIOMETRI**

**Kompetensi Dasar**

3.11 Menerapkan konsep **massa molekul relatif, persamaan reaksi,** hukum-hukum dasar kimia, dan **konsep mol untuk menyelesaikan perhitungan kimia.**

1. **Massa Atom**
2. Alat ukur massa atom adalah ***spektrometer massa***.
3. Atom – atom dari unsur yang sama belum tentu memiliki massa yang sama, ini disebut ***isotop***.
4. Oleh karena itu, maka massa atom dihitung bedasarkan massa rata – rata dari atom – atom yang ada di alam.
5. Satuan untuk massa atom adalah ***sma (satuan massa atom)***di mana 1 sma = 1,67 × 10-27 kg.
6. Contoh keadaan isotop dapat terlihat pada unsur karbon (C). Unsur karbon memiliki isotop dengan massa 12 sma dan 13 sma. Masing-masing dituliskan C-12 dan C-13
7. Dengan adanya beberapa isotop, maka massa atom merupakan massa rata – rata dari seluruh isotop yang ada di alam.
8. Contoh soal berkaitan dengan massa rata-rata atom adalah berikut.
9. Klorin terdiri atas 75% isotop Cl-35 dan 25% isotop Cl-37. Jika masing-masing dianggap bermassa 35 sma dan 37 sma, tentukan massa rata-rata satu atom klorin !

***Jawab :***

angka 35 pada Cl-35 dan 37 pada Cl-37 menunjukkan massa isotop-isotopnya. Persentase pada masing-masing menunjukkan kelimpahan nya.

Massa rata – rata = $Σ$ (% kelimpahan x massa isotop)

 = ( % x massa isotop-1 ) + (% x massa isotop-2)

 = ( 75 % x 35 sma ) + ( 25 % x 37 sma )

 = 26,25 sma + 9,25 sma

 = 35 ,5 sma

Jadi, massa rata-rata 1 atom Cl = 35,5 sma

1. Galium terdiri atas isotop Ga-69 dan Ga-71. Jika massa atom relatif Ga adalah 69,8 , tentukan kelimpahan masing-masing atom relatif tersebut !

***Jawab :***  *Kerjakan secara mandiri*

1. ***Massa atom relatif*** (**Ar)** adalah perbandingan massa rata – rata 1 atom terhadap massa atom C – 12 . Secara matematis ditulis



Karena massa atom C – 12 = 12 sma, maka  sendiri adalah 1 sma. Oleh karena itu, rumusan Ar dapat kita sederhanakan menjadi



 Ar tidak memiliki satuan.

Latihan Soal : Jika massa 1 atom C-12 adalah 1,99 × 10-26 kg, berapa massa rata-rata 1 atom magnesium (Ar Mg = 24) ?

1. ***Massa molekul relatif (Mr)*** adalah jumlah massa atom relatif dari seluruh atom penyusun molekul. Secara matematis dirumuskan sebagai berikut :

Mr AxBY = x Ar A + y Ar B

1. Massa rumus relatif suatu senyawa uon merupakan jumlah masa atom relatif dari seluruh atom penyusun satu satuan rumus kimia senyawa tersebut.

Latihan soal : Bila Mr L(OH)3 = 78, Ar H = 1, Ar O = 16, tentukan Ar L

1. **Konsep Mol**
2. ***Mol*** (*n)* adalah satuan jumlah partikel. ***Satu mol*** didefinisikan menjadi sejumlah partikel yang terkandung di dalam suatu zat yang jumlahnya sama dengan banyaknya atom yang terdapat di dalam 12 gram C-12
3. Melalui percobaan Avogadro, ditentukan bahwa dalam 12 gram C-12 terdapat 6,02 × 1023 butir atom. Maka dari itu, ditetapkanlah bahwa :

1 mol = 6,02 × 1023 partikel

 *6,02 × 1023 sendiri disebut tetapan Avogadro (L)*

1. ***Massa molar*** **(*M)*** adalah massa dari zat yang mengandung 6,02 × 1023 partikel zat tersebut atau massa molar adalah massa zat itu yang sama dengan massa atom atai massa molekul zat tersebut dinyatakan dalam gram.
2. Secara matematis, nilai *M* dapat ditentukan sebagai berikut.
* Untuk atom X , *M* = (Ar X) gram
* Untuk molekul AXBy , *M* = (Mr AXBy ) gram
* Hubungan antara *M* , *n*, dan *a* adalah ...



 di mana *a* = massa zat (gram)

 *n* = mol zat (mol)

 *M* = massa molar dalam satuan gram/mol

Latihan soal : Berapa massa gas NH3 yang mengandung 6,02 × 1022 molekul NH3 jika diketahui Ar N = 14 dan H = 1 ?

1. **Volume dan Hukum tentang Gas**
2. ***Volume molar (V)*** adalah volume 1 mol gas pada suhu dan tekanan tertentu.
3. Dalam menentukan nilai *V*, ada beberapa kondisi yakni :
	1. STP (Standard Temperature Pressure)

Kondisi STP adalah kondisi di mana suhu pengukuran (T) = 00C (= 273 K) dan tekanan udara (P) = 1 atm (=76 cmHg). Rumusnya

V = n × 22,4 

* 1. RTP (Room Temperature Pressure)

Kondisi STP adalah kondisi di mana suhu pengukuran (T) = 200C (= 293 K) dan tekanan udara (P) = 1 atm (=76 cmHg). Rumusnya

V = n × 24 

* 1. Kondisi tertentu

Kondisi tertentu ini dapat terjadi di mana nilai T ataupun P, baik secara bersamaan atau hanya salah satunya, tidak memenuhi kondisi pada bagian 16a. dan 16b. di atas. Rumusnya

PV = nRT .......... *hukum gas ideal*

 P .*......... tekanan udara (atm)*

 V .......... *volume (*L)

 n .......... jumlah mol (*mol*)

 R ......... *tetapan gas ideal* (0,082 L atm mol-1 K-1)

T .......... *suhu mutlak (K*)

 Catatan

Jika pada soal nilai T belum dalam satuan K, maka ubah terlebih dahulu menjadi satuan K. Sederhananya, 273 K = 00 C, maka K = 0C + 273

Jika pada soal nilai P belum dalam satuan atm, maka ubah terlebih dahulu menjadi satuan atm. 1 atm = 76 cmHg.

1. Hubungan antara jumlah mol dengan volume adalah berikut.



1. **Perhitungan Kimia**
2. <Menentukan rumus kimia bedasarkan komposisi senyawa>

Rumus empiris menunjukkan perbandingan atom – atom yang terdapat dalam suatu senyawa. Perbandingan itu dinyatakan dalam bilangan bulat terkecil. Bilangan – bilangan ini didapat dari analisis terhadap senyawa tersebut dan dinyatakan dalam mol atom-atom penyusunnya. Contoh soal adalah berikut.

1. Suatu senyawa diketahui mengandung 26,57 % K, 35,36 % Cr dan 38,07 % O. Diketahui bahwa Ar K = 39, Cr = 52, dan O = 16. Tentukan rumus empiris senyawa itu , juga rumus molekulnya, jika Mr nya = 588.

***Jawab***

Kita misalkan massa senyawa yang terbentuk adalah 100 gram. Maka, massa (a) :

K dalam senyawa = 26,57 gram

Cr dalam senyawa = 35,36 gram

O dalam senyawa = 38,07 gram

* Setelahnya, kita tentukan perbandingan mol dari tiap-tiap unsur tersebut dalam senyawa yang terbentuk. (*Rumus*  )

n K : n Cr : n O =  : : 

=  : : ........... bagi atom, *M* = Ar

= 0,68 : 0,68 : 2,379

Telah kita ketahui perbandingan n K : n Cr : n O = 0,68 : 0,68 : 2,379. Kita sederhanakan perbandingan ini agar menghasilkan bilangan bulat sederhana.

n K : n Cr : n O =  : :  = 1 : 1 : 3,5 = 2 : 2 : 7

Nilai perbandingan mol dari unsur-unsur pembentuk senyawa yang terbentuk juga menunjukkan perbandingan atom-atom yang terdapat dalam senyawa terbentuk.

Jadi, rumus empiris dari senyawa yang terbentuk adalah **K2Cr2O7.**

* Hasil tadi merupakan rumus empiris. Sedangkan, rumus molekulnya bisa saja bukan itu. Kita umpamakan rumus molekulnya adalah (K2Cr2O7)n.Kita sudah mengetahui nilai Mr nya, oleh karena itu kita dapat mengetahui nilai *n* agar rumus molekulnya juga dapat kita ketahui

Mr (K2Cr2O7)n = 588

2n x Ar K + 2n x Ar Cr + 7n x Ar O = 588

2n x 39 + 2n x 52 + 7n x 16 = 588

78n + 104 n + 112 n = 588

182 n + 112 n = 588

294 n = 588

 n = 2

 Nilai n = 2, sehingga rumus molekulnya adalah **(K2Cr2O7)2** atau **K4Cr4O14**

Latihan soal : Sebanyak 1,12 gram unsur X tepat bereaksi dengan gas oksigen membentuk 1,6 gram senyawa X2O3. Jika Ar O = 16, tentukan Ar X !

1. <Menentukan rumus kimia bedasarkan reaksi kimia>

Andi melakukan percobaan membakar sebuah senyawa bermassa 22 gr secara sempurna, menghasilkan 70,4 gr CO2 dan 25,2 gr H2O. Setelah diteliti, Mr senyawa itu adalah 110. Tentukan rumus molekul tersebut.

***Jawab***

Persamaannya dapat kita tulis sebagai berikut.

senyawa + O2 🡪 CO2 + H2O

Kita belum tahu dari unsur apa saja senyawa itu terbentuk. Apakah dari pasangan C dan H atau C, H dan O secara bersamaan. Kita dapat mengeceknya dengan menentukan massa unsur penyusunnya. Kita dapat menentukan massa unsur penyusun senyawa dengan menentukkan massa unsur tersebut pada senyawa hasil reaksi, karena pada soal tertulis ‘*membakar secara sempurna*’

* Massa C dalam senyawa = 

= =19,2 gram

* Massa H dalam senyawa = 

= =2,8 gram

 Kita jumlahkan terlebih dahulu massa C dan H dalam senyawa tersebut.

 = (19,2 + 2,8) gram = 22 gram.

Ternyata, jumlah massa C dan H sama dengan yang tertera pada soal. Oleh karena itu, dapat kita ketahui senyawa itu hanya terdiri dari unsur C dan H. Maka, persamaannya menjadi :

CXHY + O2 🡪 CO2 + H2O

Tugas kita sekarang adalah menentukan nilai X dan Y. Kita dapat menggunakan perbandingan mol seperti pada no. 18

n C : n H =  : 

=  : ........... bagi atom, *M* = Ar

= 1,6 : 2,8 = 16 : 28 = 4 : 7

Kita sudah mengetahui nilai X dan Y masing-masing 4 : 7, sehingga rumus empiris C4H7. Namun, yang ditanyakan pada soal adalah rumus molekul. Kita sudah ketahui Mr senyawa adalah 110. Jika kita umpamakan rumus molekul senyawa itu adalah (C4H7)n, maka...

Mr (C4H7)n = 110

4n x Ar C+ 7n x Ar H = 110

 4n x 12 + 7n x 1 = 110

 48n + 7n = 110

 55n = 110

 n = 2

Maka, rumus moelkul senyawa itu adalah (C4H7)2 atau C8H14.

1. <Penentuan senyawa hidrat>, beberapa contoh soalnya adalah berikut.
	1. Garam inggris merupakan garam magnesium sulfat hidrat yang digunakan sebagai obat laksatif yang memperlancar buang air besar. Jika kadar air kristal yang dikandungnya sebesar 51,2 %, Mr MgSO4 = 120, dan Mr H2O = 18, tentukanlah rumus molekul garam inggris tersebut!

***Jawab***.

 Rumus molekul garam inggris itu dapat dituliskan sebagai berikut.

MgSO4.**x**H2O

 Kadar air kristal (H2O) = 51,2 %

 Kadar magnesium sulfat (MgSO4) = 100 % - 51,2 % = 48,8 %

Yang kita perlukan adalah nilai *x*. Kita dapat mencari nilai *x* nya dengan cara berikut.





48,8 $×$ 120 = 51,2 $×$ 18*x*

5856 = 921.6*x*

6,4 = *x*

*x* $≈$ 6

Jadi, rumuHs molekul garam inggris itu adalah MgSO4.6H2O

* 1. Kristal asam oksalat (H2C2O4.xH2O) yang massaya 5,04 gr, dilarutkan ke dalam air. Larutan yang terjadi kemudian direaksikan dengan larutan CaCl2, hingga habis bereaksi.

H2C2O4.xH2O + CaCl2 🡪 CaC2O4 + HCl + H2O

Endapan CaC2O4 ditimbang dan ternyata massanya 5,12 gr. Tentukan jumlah molekul air kristal pada kristal asam oksalat tersebut !

***Jawab***

Pertama, setarakan dahulu reaksi tersebut, menjadi ...

**1**H2C2O4.xH2O + **1**CaCl2 🡪 **1**CaC2O4 + **2**HCl + **x**H2O

Diketahui massa CaC2O4 = 5,12 gr

Mr CaC2O4 = Ar Ca + 2 x Ar C + 4 x Ar O

 = 40 + 2 x 12 + 4 x 16

 = 40 + 24 + 64 = 128

n CaC2O4 = gr CaC2O4 / Mr CaC2O4

 = 5,12 / 128 = 0,04 mol

n (H2C2O4.xH2O) = 0,04 mol

gr (H2C2O4.xH2O) = 5,04 gram

Mr (H2C2O4.xH2O = 2 **.** Ar H + 2 **.** Ar C + 4 **.** Ar O + 2x **.** Ar H + x **.** Ar O

 = 2 . 1 + 2 . 12 + 4 . 16 + 2x . 1 + x . 16

 = 2 + 24 + 64 + 2x + 16x

 = 90 + 18x

gr (H2C2O4.xH2O) = n (H2C2O4.xH2O) x Mr (H2C2O4.xH2O)

5,04 gram = 0,04 mol x (90 + 18x)

5,04 = 3,6 + 0.72x

1,44 = 0.72x

x = 2

Jadi, jumlah molekul air kristal pada kristal asam oksalat tersebut adalah 2.

* 1. Pemanasan 31,2 gr magnesium sulfat hidrat menghasilkan 24 gr magnesium anhidrat. Jika Mr MgSO4 = 120 dan Mr H2O = 18, tentukan jumlah air kristal yang terikat dan rumus kimia senyawa terhidratnya !

***Jawab***

Persamaan reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut.

MgSO4.xH2O 🡪 MgSO4 + x H2O

Massa MgSO4.xH2O = 31,2 gr

Massa MgSO4 = 24 gr

Massa xH2O = 31,2 gr – 24 gr = 6,8 gr

Jumlah mol MgSO4 : Jumlah mol H2O = koef. MgSO4 : koef. H2O

 :  = 1 : x

 :  = 1 : x

0,2 : 0,4 = 1 : x

1 : **2** = 1 : **x**

Jadi, jumlah air kristal yang terikat adalah 2, dan rumus kimia senyawa hidratnya adalah MgSO4.2H2O

1. <Hitungan kimia sederhana>
	1. Logam seng yang massanya 13 gram direaksikan dengan larutan asam klorida sampai habis dengan reaksi :

Zn + HCl 🡪 ZnCl2 + H2

Berapa liter volume gas hidrogen yang dihasilkan, jika diukur pada saat 1 L gas SO3 massanya 4 gram? (Ar Zn = 65, S = 32, Cl = 35,5)

***Jawab***

Setarakan terlebih dahulu reaksinya.

Zn + 2HCl 🡪 ZnCl2 + H2

* + Massa Zn = 13 gr, Ar Zn = 65, n Ar = gr/Ar = 13/65 = 1/5 = 0,2 mol
	+ Mol H2 = 1/1 x 0,2 mol = 0,2 mol
	+ Massa SO3 = 4 gr, volume SO3 = 1L

Mr SO3 = Ar S + 3 . Ar O = 32 + 3 . 16 = 32 + 48 = 80

n SO3 = gr/Mr = 4/80 = 1/20 = 0,05 mol

* + Persamaan gas ideal.





0,2 mol L = 0,05 mol . VH2

 L= Volume H2

4 L = Volume H2

Volume H2 adalah 4 L.

* 1. 10 gram karbon dibakar sempurna menghasilkan 4,4 gram CO2 menurut reaksi

**C + O2 🡪 CO2** *SUDAH SETARA*

Berapa volume gas O2 yang diperlukan, dalam kondisi RTP ?

***Jawab***  :

Diketahui massa C dan CO2, maka mol keduanya dapat diketahui. Namun, mol manakah yang kita jadikan patokan? Prinsip yang digunakan dalam perhitungan kimia adalah : [jadikan unsur yang tidak bersisa (terpakai habis) sebagai patokan perhitungan]. Dalam reaksi ini, yang pasti tidak bersisa adalah hasil reaksinya itu sendiri, yakni CO2.

Mol CO2 = gr/Mr = 4,4/(12 + 2 . 16) = 4,4/(12 + 32) = 4,4/44 = 0,1 mol

Mol O2 = (koef. O2/koef. CO2) $×$ mol CO2 = (1/1) $×$ 0,1 mol = 0,1 mol

VRTP O2 = n O2 $×$ 24 L = 0,1 $×$ 24 L = **2,4 L**

Jadi, volume gas O2 yang diperlukan dalam kondisi RTP adalah 2,4 L.

1. <Pereaksi pembatas>, adalah di mana pada reaksi kimia, pereaksinya tidak habis terpakai.
	1. Reaksi termit digunakan sebagai prinsip pengelasan logam dengan alumunium. Reaksinya yang terjadi :

Fe2O3 + Al 🡪 Al2O3 + Fe

Berapa gram besi yang dapat dihasilkan dari reaksi tersebut, jika 160 gram Fe2O3 direaksikan dengan 250 gram Al ? Tentukan pula massa zat yang tersisa! (Ar Fe = 56, Al = 27, O = 16)

***Jawab***

Pada soal, massa semua pereaksi diketahui, sehingga mol kedua pereaksi tersebut dapat diketahui. Kita jadikan pereaksi yang mol nya tidak bersisa. Tidak lupa setarakan terlebih dahulu reaksinya.

**1**Fe2O3 + **2**Al 🡪 **1**Al2O3 + **2**Fe

* Massa Fe2O3 = 160 gram

Mr Fe2O3 = 2 . Ar Fe + 3 . Ar O = 2 . 56 + 3 . 16 = 112 + 48 = 160

Mol Fe2O3 = gr/Mr = 160/160 = 1 mol

* Massa Al = 250 gram

Ar Al = 27

Mol Al = gr/Ar = 250/27 = 9,3 mol

* Mol Fe2O3 yang bereaksi = (koef. Fe2O3/koef. Al) x mol Al

= (1/2) x 9,3 mol = 9,3/2 = 4,15 mol

(**tidak mungkin**)

Maka, mol Fe2O3 yang bereaksi adalah semuanya, yakni 1 mol

* Mol Al yang bereaksi = (koef. Al/koef. Fe2O3) x mol Fe2O3

= (2/1) x 1 mol = 2 mol

Sisa mol Al = 9,3 mol – 2 mol = 7,3 mol

Dari perhitungan di atas, diketahui bahwa unsur Fe2O3 lah yang mol nya tepat habis bereaksi, sehingga Fe2O3 akan dijadikan patokan berhitung selanjutnya.

* Menghitung massa Fe yang dihasilkan.
* Mol Fe = (koef. Fe/koef. Fe2O3) x mol Fe2O3

= (2/1) x 1 mol = 2 mol

 Ar Fe = 56

 Massa Fe = n x Ar = 2 x 56 = 112 gr

* Massa Al yang bersisa = sisa mol Al x Ar Al

= 7,3 mol x 27

= 197,1 gram

Jadi, massa Fe yang dihasilkan adalah 112 gram dan massa zat yang bersisa (Al) adalah 197,1 gram

1. **Kadar**
2. ***Persentase unsur dalam senyawa*** dapat ditentukan degan rumus berikut.

% A dalam AxBy = 

% B dalam AxBy = 

1. Mencari massa senyawa (unsur) dalam sejumlah massa zat dapat dilakukan dengan rumus berikut.

Massa A dalam *p* gram AxBy = 

Atau mencari massa senyawa jika massa unsurnya diketahui dapat dilakukan dengan rumus berikut.

Massa AxBy yang dapat dibentuk dari *p* gram A = 

Latihan Soal : Suatu senyawa karbon mengandung unsur C, H, dan O. Pada pembakaran 9,2 gram senyawa tersebut, diperoleh 17,6 gram CO2 dan 10,8 gram H2O. Bila massa molekul relatif senyawa tersebut adalah 46, tentukan rumus molekulnya ! (Ar H = 1, C = 12, O = 16)

1. Larutan merupakan campuran homogen dan komposisinya tidak tentu.
2. Perbandingan relaitf zat terlarut terhadap pelarut dari suatu larutan disebut ***kepekatan*** atau ***konsentrasi***.
3. Apabila suatu larutan mengandung jumlah zat terlarut yang besar dibanding jumlah pelarut maka disebut ***larutan pekat*** dan hal sebaliknya disebut ***larutan encer***.
4. Konsentrasi larutan kecara kuantitatif dinyatakan dalam berbagai satuan, antara lain :
	1. ***Persen massa (%)*** menyatakan massa suatu zat yang terdapat dalam setiap 100 gram campuran. Dirumuskan

% massa = 

* 1. ***Persen volume (%)*** menyatakan volume zat yang terdapat dalam setiap 100 bagian volume campuran. Dirumuskan

% volume = 

Latihan soal : 50mL larutan 40% cuka perlu ditambahkan air sebanyak **...** mL agar kadar cuka dalam larutan menjadi 0,1 % saja.

* 1. ***Part per milion (ppm)*** adalah kadar zat yang menyatakan banyaknya zat yang terdapat dalam satu juta bagian campuran. ppm dalam bahasa Indonesia dinyatakan sebagai *bpj (bagian per juta)*. Dirumuskan

ppm = 

* 1. ***Molaritas*** (***M*)** menyatakan banyaknya mol zat terlarut yang terlarut dalam 1 L larutan. Dirumuskan :

M = 

 M = molaritas (mol/ L atau mol/ dm3)

 n = jumlah mol (mol)

 V = volume larutan (L atau dm3)

Catatan : Bila anda menemukan tulisan misal. “NaOH 0,1 M” itu berarti dalam 1L larutan itu terdapat 0,1 mol NaOH

* 1. ***Molalitas*** (m) menyatakan banyaknya mol zat terlarut dalam setiap 1 kg pelarut. Dirumuskan

m = 

 *p* = massa pelarut dalam gram.

* 1. ***Fraksi mol* (*X*)** menyatakan perbandingan banyaknya mol dari zat tersebut terhadap jumlah mol seluruh komponen dalam larutan. Jika nA mol zat A bercampur dengan nBmol zat B, maka fraksi mol zat A (XA) dan XB dinyatakan dengan

XA =  dan XB = 

1. Pengenceran larutan adalah penambahan zat pelarut ke dalam suatu larutan. Jika jumlah mol sebelum pengenceran adalah *n1* dan setelah pengecar jumlah mol menjadi *n2* , maka berlaku :

*n1* = *n*2

V1 . M1 = V2 . M2

 di mana M = molaritas

1. Jika dua larutan yang berbeda konsentrasinya dicampurkan maka konsentrasi larutan yang terjadi akan berubah. Berlaku

n1 + n2 = ncampuran

(M1 . V1)+(M2 . V2) = (M . V)campuran

**TERIMA KASIH**

**SELAMAT BELAJAR**

**TUHAN MEMBERKATI – ORA ET LABORA**

**SERAHKAN KE DALAM TANGAN TUHAN**

**JANGAN LUPA BERDOA**