Menurut hukum kekekalan massa, tidak ada materi yang hilang atau dimusnahkan. Kemana hilangnya berat kayu yang terbakar jika demikian?

Apersepsi

Dalam bab sebelumnya kita sudah mempelajari apa yang akan terjadi bila beberapa zat yang direaksikan dan bagaimana cara menuliskan persamaan reaksi kimia dari perubahan-perubahan tersebut. Apakah hal ini saja sudah cukup?

Ternyata tidak. Seperti yang kalian sadari orang kadang tidak hanya ingin tahu apa yang terjadi bila dia melakukan perlakuan terhadap zat tetapi berapa yang bisa didapatkan.

Misalnya, orang membuat roti tidak hanya berfikif apakah bila dia mencampur tepung gandum, gula, mentega, ragi, dan beberapa bahan yang lain akan menjadi roti akan tetapi juga berapa perbandingan jumlah tepung, gula, mentega dan bahan lainnya yang tepat agar roti yang diinginkan sesuai. Bahkan dia dapat menetapkan berapa jumlah roti yang diinginkan dan bahan yang diperlukan.

Bayangkan anda seorang ahli kimia lingkungan yang sedang menyelidiki contoh bahan bakar, pertanyaan yang ingin dijawab tentu tidak hanya apakah bahan bakar itu mudah dibakar tetapi juga berapa jumlah polutan yang dilepaskan jika bahan bakar ini dibakar. Juga berbagai contoh lain dalam kehidupan kita, dapatkah kalian memberi contoh?

Dari contoh ini kita dapat menarik kesimpulan bahwa kadang kita memerlukan data yang lebih terukur, data kuantitatif. Demikian juga dalam kimia, kita tidak hanya akan mempelajari apakah suatu reaksi dapat berjalan tetapi kita juga akan mempelajari ukuran, baik berat, volume, maupun jumlah.

Sebelum kita mempelajari aspek yang lebih rumit, dalam bab ini kita akan mempelajari hukum-hukum yang mendasari perhitungan-perhitungan dalam kimia.

Hukum Kekekalan Massa (Lavoisier)

Kalian masih ingat aturan dalam penyetaraan persamaan reaksi? Ya, jenis maupun jumlah atom yang ada pada bagian reaktan harus sama dengan bagian

produk. Ini artinya, reaksi kimia dapat mengubah senyawa dan sifat kimianya akan tetapi tidak mengubah atom.

Lebih jauh dari itu, sebenarnya kita sedang membicarakan satu prinsip, yaitu dalam reaksi kimia atom – atom tidak diciptakan maupun dihancurkan tetapi hanya disusun ulang membentuk senyawa baru.

Bagaimana kita tahu bahwa tidak ada atom yang hilang atau bertambah? Karena kita tidak dapat melihat atom secara langsung apakah mereka hilang atau bertambah, kita menggunakan gejala yang dapat diamati, yaitu dalam reaksi kimia massa total senyawa sebelum dan sesudah reaksi tidak berubah. Alasannya seperti ini, perhatikan reaksi ini:

$$AB + CD \rightarrow AC + BD$$

andaikan kita punya 5 buah molekul AB dan 5 buah molekul CD maka ini berarti kita memiliki 5 massa A, 5 massa B, 5 massa C dan 5 massa D. Jika kemudian AB dan CD bereaksi membentuk AC dan BD, pada akhir reaksi kita akan memiliki 5 massa A, 5 massa B, 5 massa C dan 5 massa D. Meskipun tersusun ulang total massanya tetap bukan?

Sekarang mari kita melakukan aktivitas sederhana dari proses kimia yang sering kita jumpai, besi berkarat, kertas dibakar, dan lilin dibakar.

Aktivitas Kita

Seberapa Kekal?

Tujuan: Menentukan berlakunya hukum kekekalan massa

Langkah Kerja:

1. ambilah sebuah paku yang masih baru
2. ampelas paku tersebut. Bila ada noda karat, ampelas noda ini hingga hilang
3. timbang paku yang sudah diampelas
4. ambil sesendok garam dan tempatkan pada kaca arloji, timbang dengan cepat dan hati – hati
5. benamkan paku ini dalam garam, dan biarkan di udara terbuka selama 2

hari

6. ambil paku kalian dengan hati – hati, bila basah kalian dapat mengeringkannya dengan mengangin – anginkannya, kemudian timbang
7. ambil selembar kertas, timbang kertas ini
8. bakar dengan hati-hati dan kumpulkan arang atau abunya
9. timbang arang atau abu kertas ini
10. catat semua hasil penimbangan dan bandingkan
11. Apa yang dapat kalian amati pada massa mereka sebelum dan sesudah terjadi perubahan?
12. dapatkah kalian menjelaskan mengapa?

Kalian akan mendapatkan hasil dari aktivitas kita, Ada perubahan massa! Mengapa tidak sesuai dengan apa yang kita bicarakan sebelumnya? Apakah hukum kekekalan massa tidak berlaku?

Mari kita lakukan lagi aktivitas yang lain

13. ambil selembar zink, potong dengan ukuran 1x5cm, dan timbanglah
14. ambil sebuah gelas beker 100mL dan isi dengan 50mL $CuSO_4$ 0,1M (guru kalian akan menyediakannya)
15. timbang gelas beker beserta isinya, kalian harus berhati-hati, pastikan bagian luar gelas dalam keadaan kering dan jangan sampai larutan tumpah atau tercecer saat menimbang
16. dengan hati – hati masukkan kawat tembaga dalam gelas berisi larutan $CuSO_4$, catat perubahan massa yang ditunjukkan oleh timbangan dan catat lagi angka yang ditunjukkan oleh timbangan dalam waktu 5 menit
17. Apa yang dapat kalian amati pada massa mereka sebelum dan sesudah terjadi perubahan?

Dapatkah kalian menjelaskan hasil-hasil aktivitas kita ini?

Hasil percobaan yang dilakukan Antoine Lavoisier, seorang ilmuwan berkebangsan Perancis, yang berhasil melakukan pengukuran secara teliti pada reaksi pembakaran secara tertutup. Percobaan yang dilakukannya menunjukkan bahwa tidak ada perubahan massa sebelum dan sesudah reaksi.

Sekarang pikirkanlah, kalau dalam reaksi kimia, yang berarti juga setiap perubahan yang terjadi dalam kehidupan kita, materi tidak diciptakan dan tidak dimusnahkan, atom – atom hanya disusun ulang menjadi zat baru, bagaimana dengan tubuh kita? Dapatkah kalian bayangkan darimana asal atom-atom yang menyusun rambut, telinga, dan hidung kita? Tapi jangan membayangkan yang aneh-aneh ya? Misalnya, mungkin saja karbon yang ada di hidung kita dulu pernah menyusun telinga gajah purba, Wah!!

Lebih dekat dengan....

Antonie Lavoisier

Pustaka Online Media ISNET

Antonie Lavoisier dilahirkan di Paris dan mendapatkan pendidikan mengenai ilmu – ilmu fisik dan matematika di sana. Pada usia 23 tahun, dia mendapatkan medali emas dari Academy of Science atas karyanya berkaitan dengan masalah penerangan di kota besar. Dua tahun berikutnya dia diterima di lembaga tersebut. Lavoisier selalu tertarik pada hal – hal yang menjadi prinsip umum, tidak hanya fakta – fakta yang terpisah. Penelitiannya selalu bersifat kuantitatif, berhubungan dengan menimbang dan mengukur. Dengan pengukuran yang teliti terhadap massa zat yang terlibat dalam reaksi logan dan non logam dengan udara, dia menyimpulkan bahwa pembakaran melibatkan penggabungan zat dengan oksigen. Lavoisier merupakan orang pertama yang melakukan penelitian senyawa organik. Dia membakar senyawa organik dan menentukan massa produknya untuk menghitung persentase komposisi senyawa tersebut. Dia juga menuliskan buku teks kimia pertama. Pada tahun 1974 Lavoisier dijatuhi hukuman mati dengan guillotine (gelotin) karena dianggap menentang revolusi.

Hukum Perbandingan Tetap (Proust)

Saat Lavoisier menunjukkan bahwa total massa selama reaksi kimia tetap, dia menjadi orang pertama yang menerapkan matematika dalam proses kimia dengan tepat. Tak lama setelahnya, seorang ahli kimia bangsa Perancis yang lain, Joseph Proust, menunjukkan bahwa senyawa tembaga-karbonat selalu memiliki komposisi yang sama, tidak peduli bagaimana mereka dibuat.

Hukum perbandingan tetap ini memberikan penjelasan pada kita bahwa dalam sampel murni dari suatu senyawa akan selalu berisi unsur yang sama dengan persentase massa yang sama pula. Dengan hukum ini kita dapat menggunakan

fraksi massa untuk menentukan massa unsur dalam suatu sampel senyawa dengan lebih tepat

Persentase massa dan fraksi massa? Kalau keduanya belum kalian pahami benar, sebelum lebih jauh membahas penerapan hukum ini dalam kimia, ada baiknya kita mengenal lebih jauh dua hal lain yang berhubungan dengannya, yaitu kadar zat dan persen massa unsur dalam senyawa

Kadar Zat

Dalam kehidupan sehari – hari kita jarang sekali menjumpai zat dalam dalam keadaan murni. Kebanyakan dalam bentuk campuran, baik berupa campuran homogen (larutan) maupun heterogen. Misalnya, garam dapur sebenarnya tidak seluruhnya NaCl tetapi banyak zat – zat lain yang ada di dalamnya, misalnya MgCl atau untuk garam beriodium ditambah dengan KIO_3. demikian juga batu kapur tidak 100% $CaCO_3$, bahkan juga banyak zat yang ada di laboratorium yang tidak murni 100%. Perhatikan label pada wadahnya, kalian akan menjumpai beberapa zat lain disebutkan sebagai pengotor, meskipun dalam jumlah yang sangat sedikit.

Massa suatu zat dalam campurannya sering dinyatakan dalam %. Satuan ini akan menunjukkan tingkat kemurnian zat yang kita miliki. Semakin besar % berarti semakin banyak kandungan zat tersebut dalam campuran dan semakin tinggi tingkat kemurniannya

Persentase ini dapat dinyatakan dalam massa

$$\%\,\text{massa zat} = \frac{\text{massa zat dalam campuran}}{\text{massa campuran}} \text{x} 100\%$$

Atau dalam volume

$$\%\,\text{volume zat} = \frac{\text{volume zat dalam campuran}}{\text{volume campuran}} \text{x} 100\%$$

Contoh:

1. NaCl adalah salah satu senyawa murni tertua yang dikenal manusia. NaCl dapat ditemukan sebagai komponen utama garam yang diperoleh dari hasil

penguapan air laut. Tentukan persentase NaCl dalam suatu garam dapur jika 50 g garam dapur tersebut terdapat 47 g NaCl!

Sumber: www.mii.org/Minerals/photosalt.html

Kristal NaCl (halit) merupakan komponen utama garam dapur. Dapat dihasilkan dari penguapan air laut maupun ditambang di darat, misalnya di daerah Bledug Kuwu, Blora, Jawa Tengah

Jawab

Massa NaCl = 47 g

Massa campuran (garam dapur) = 50 g

$$\%\ \text{massa NaCl} = \frac{\text{massa NaCl}}{\text{massa campuran}} \text{x} 100\%$$

$$\%\ \text{massa NaCl} = \frac{47\text{g}}{50\text{g}} \text{x} 100\% = 94\%$$

2. tentukan kadar NaCl dalam air laut, jika setiap liter air laut menghasilkan 37g NaCl! Asumsikan, massa jenis air laut = 1,04g/mL

   Jawab

   Massa NaCl = 37 g

   Volume campuran = 1 L = 1000mL

   Kita dapat menentukan % berdasarkan massa ataupun volume, tetapi menghitung volume 37g NaCl dalam larutan sangat sukar, oleh karena itu akan lebih mudah menghitung % dalam massa. Kita harus menjadikan volume campuran menjadi massa campuran

   $$\text{Ingat : massa jenis } (\rho) = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

   Massa campuran (air laut) = volume air laut x massa jenis

   = 1000mL x 1,04g/mL

$$= 1040 \text{ g}$$

Jadi:

$$\%\ \text{massa NaCl} = \frac{\text{massa NaCl}}{\text{massa campuran}} \text{x}100\%$$

$$\%\ \text{massa NaCl} = \frac{37\text{g}}{1040\text{g}} \text{x}100\% = 3{,}56\%$$

Pahami Kimia

Dalam suatu kemasan madu tertulis bahwa madu mengandung 37% massa glukosa. Jika massa jenis madu ini adalah 1,4g/mL, tentukan berat glukosa yang terkandung dalam 100mL madu tersebut!

http://www.bris.ac.uk

Lebah madu, mengumpulkan nektar dari bunga untuk memberi makan larva mereka sekaligus membantu penyerbukan membentuk biji dan cadangan makanannya. Kita mengambil madu dari lebah sebagai salah satu makanan yang lezat dan obat.

Persen Massa/Persen Berat dalam Senyawa

Dalam kimia, dikenal persentase untuk unsur dalam senyawa. Banyaknya persen massa tiap unsur dalam senyawa dicari dengan rumus:

$$\%\ \text{masa unsur} = \frac{\text{Banyak atom x } A_r}{M_r \text{ zat}} \text{x}100\%$$

Kadar unsur dalam senyawa murni sama dengan persentase massa atom relatifnya dalam senyawa tersebut. Jadi massa unsur dalam senyawa murni dapat dihitung dengan rumus:

Massa unsur dalam senyawa = % massa unsur x massa senyawa

Contoh :

1. Stalaktit dalam gua merupakan hasil pengendapan kapur yang terbawa oleh air meresap melalui dinding gua. Komponen utama stalaktit adalah kalsium karbonat ($CaCO_3$). Tentukan persen massa masing-masing unsur dalam senyawa $CaCO_3$!

   (A_r C = 12, Ca = 40 dan O = 16)

(gambar stalaktit)

Jawab:

$$\% \text{ Ca} = \frac{1 \text{ x } A_r \text{ Ca}}{M_r \text{ } CaCO_3} x100\% = \frac{1 \text{ x } 40}{100} \text{ x } 100\% = 40\%$$

$$\% \text{ C} = \frac{1 \text{ x } A_r \text{ C}}{M_r \text{ } CaCO_3} x100\% = \frac{1 \text{ x } 12}{100} \text{ x } 100\% = 12\%$$

$$\% \text{ O} = \frac{3 \text{ x } A_r \text{ O}}{M_r \text{ } CaCO_3} x100\% = \frac{3 \text{ x } 16}{100} \text{ x } 100\% = 48\%$$

2. Geraniol ($C_{10}H_8O$) adalah komponen utama yang memberikan bau harum pada bunga mawar. Geraniol juga ditemukan dalam daun geranium. Tentukan massa karbon dalam 45mg geraniol!

Jawab

Massa karbon dalam geraniol = % massa karbon x massa geraniol

Pertama kita harus menentukan % C dalam geraniol ($C_{10}H_8O$)

Ar C = 12

Mr geraniol ($C_{10}H_8O$) = (10 x 12) + (8 x 1) + 16

= 144

$$\% \text{ C} = \frac{10 \text{ x } A_r \text{ C}}{M_r \text{ } C_{10}H_8O} x100\% = \frac{10 \text{ x } 12}{144} \text{ x } 100\% = 83{,}33\%$$

Jadi

Massa karbon dalam geraniol = 83,33% x 45mg

= 37,5mg

Pahami Kimia

Amonium nitrat digunakan sebagai pupuk dan juga sebagai salah satu bahan baku dalam industri bahan peledak. Ahli pertanian memanfaatkannya sebagai pupuk yang efektif karena kandungan nitrogennya. Tentukan berapa g nitrogen dalam setiap kuintal amonium nitrat!

Sekarang kalian sudah memahami kadar zat dan persen massa unsur dalam senyawa. Pemahaman kita ini dapat diterapkan dalam memahami hukum perbandingan tetap.

Agar lebih jelas, perhatikan hasil percobaan pengukuran unsur – unsur pembentuk kalsium karbonat, zat utama dalam kapur ini.

Untuk setiap 20.0 g kalsium karbonat memberikan hasil berikut

Analisis massa (gram/20.0 g)	fraksi massa (bagian/1.00 bagian)	persen massa (bagian/100bagian)
8.0 g kalsium	0.40 kalsium	40% kalsium
2.4 g carbon	0.12 karbon	12% karbon
9.6 g oksigen	0.48 oksigen	48% oksigen
20.0 g	1.00 bagian	100% massa

Sebagaimana kalian lihat, jumlah fraksi massa (atau persentase massa) adalah 1.00 bagian (atau 100%).

Contoh lain adalah pada setiap sampel air murni, dari manapun sumbernya, kita akan mendapatkan bahwa perbandingan massa unsur hidrogen dan oksigen adalah 1 : 8

kristal salju

Tetesan air

awan

Gambar. Air, darimanapun berasal, dimanapun berada,

dan bagaimanapun bentuknya memiliki massa hidrogen:
oksigen = 1:8

Dengan menggunakan hukum ini, jika kita telah mengetahui perbandingan unsur-unsur pembentuk suatu senyawa, kita dapat menerapkan untuk beberapa hal yang lain. Misalnya menentukan berapa jumlah yang harus digunakan untuk membentuk senyawa, berapa jumlah suatu unsur jika yang lain telah diketahui.

Contoh

1. Timbal dapat bereaksi dengan belerang. Setiap 2,45 g timbal bereaksi dengan 0,38 g belerang membentuk 2,83g timbal sulfida. Berapa belerang yang diperlukan untuk bereaksi dengan 0,75 timbal?

   Jawab:

   Dalam setiap senyawa yang terbentuk

Contoh	I	II
Jumlah timbal (Pb) /g	2,45	0,75
Jumlah belerang (S) /g	0,38	X

   Karena perbandingan unsur – unsur dalam senyawa yang sama adalah sama, maka

$$\frac{\text{Pb}}{\text{S}} = \frac{2{,}45\text{g}}{0{,}38\text{g}} = \frac{0{,}75\text{g}}{\text{xg}}$$

$$x = \frac{0{,}75g x 0{,}38g}{2{,}45g} = 0{,}12g$$

2. natrium dan brom bereaksi sedemikian hingga setiap 4,60 g logam natrium bereaksi dengan 15, 98 g brom membentuk 20,58 g natrium bromida. Jika terdapat 8,00 g natrium yang direaksikan dengan 25,00g bromida, tentukan apakah seluruh natrium bereaksi!

   Jawab:

   Sama dengan soal di atas, terlebih dulu kita menentukan berapa jumlah natrium yang bereaksi. Meskipun terdapat 8,00g Na, kita menganggap bahwa tidak seluruhnya bereaksi

Contoh	I	II
Jumlah natrium (Na) /g	4,60	X
Jumlah brom (Br) /g	15,98	25,00

Karena perbandingan unsur – unsur dalam senyawa yang sama adalah sama, maka

$$\frac{\text{Na}}{\text{Br}} = \frac{4{,}60\text{g}}{15{,}98\text{g}} = \frac{\text{xg}}{25{,}00\text{g}}$$

$$\text{x} = \frac{25{,}00\text{g x } 4{,}60\text{g}}{15{,}98\text{g}} = 7{,}20\text{g}$$

Jadi tidak seluruh Na bereaksi, hanya 7,20g. Jadi masih tersisa 8,00 – 7,20 = 0,80g

Pahami Kimia

Sebanyak 3,00g kalium bereaksi dengan 9,74g iod membentuk 12,74g kalium iodida. Bila terdapat 1,00g kalium yang direaksikan dengan 4,00g iod untuk membentuk kalium iodida, tentukan manakah dari kedua zat ini yang masih tersisa!

Hukum Perbandingan Berganda (Dalton)

Beberapa unsur dapat bergabung dengan unsur – unsur yang lain dengan lebih dari satu cara dan menghasilkan lebih dari satu senyawa.

Misalnya saat karbon dibakar dengan menggunakan oksigen yang berlimpah, akan menghasilkan gas karbon dioksida. Tetapi bila sumber oksigen terbatas, karbon terbakar selain membentuk karbon dioksida juga membentuk karbon monoksida. Dua senyawa yang dapat dibentuk oleh karbon dan oksigen ini selanjutnya kita sebut senyawa I dan II. Dengan kondisi suhu dan tekanan pengukuran yang sama, kerapatan senyawa I adalah 1.25g/L dan senyawa II adalah 1.98g/L. Senyawa I bersifat racun dan mudah terbakar, dan senyawa II sebaliknya. Analisis massa dari kedua senyawa tersebut adalah

Senyawa I : 57.1% oksigen dan 42.9% karbon

Senyawa II : 72.7% oksigen dan 27.3% karbon

Untuk melihat gejala perbandingan berganda ini, kita mengunakan persen massa oksigen dan karbon. Lalu kita bagi massa oksigen dengan massa karbon pada setiap senyawa untuk menentukan massa oksigen yang mampu bergabung dengan karbon dengan massa tertentu. Misalkan massa sampel yang digunakan adalah 100g

	Senyawa I	senyawa II
massa oksigen/ 100 g senyawa	57.1	72.7
massa karbon / 100 g senyawa	42.9	27.3
massa oksigen/g karbon	$\frac{57.1}{42.9} = 1.33$	$\frac{72.7}{27.3} = 2.66$

Perbandingan oksigen pada senyawa I dan II adalah $\frac{2,66}{1,33} = \frac{2}{1}$

Dalton menjelaskan gejala yang terjadi saat dua unsur membentuk lebih dari satu senyawa. Dalton mengemukakan bahwa bila unsur A dan B bereaksi membentuk dua senyawa, berbagai massa B yang dapat bergabung dengan massa A tertentu dapat dinyatakan sebagai perbandingan bulat dan sederhana. Hasil pengamatannya di kenal sebagai hukum perbandingan berganda.

Hukum perbandingan berganda menjelaskan bahwa dalam dua senyawa dari unsur – unsur yang sama, perbandingan massa salah satu unsur relatif terhadap unsur yang lain adalah bulat dan sederhana. Pada contoh di atas perbandingannya adalah 2:1 bukan 1,583:1,716 atau angka lain yang tidak sederhana.

Contoh:

Telah ditemukan bahwa 12,00gram karbon dapat bergabung dengan 4,00gram hidrogen memebentuk senyawa A. Ditemukan juga bahwa 24,00 gram karbon bersenyawa dengan hidrogen membentuk senyawa B. Tunjukkan apakah hasil ini sesuai dengan hukum perbandingan berganda

Jawab:

	Senyawa A	senyawa B
massa karbon	12,00	24,00
massa hidrogen	4,00	6,00
massa karbon/hidrogen	$\frac{12,00}{4,00} = 3,00$	$\frac{24,00}{6,00} = 4,00$

Perbandingan karbon pada senyawa A dan B adalah $\frac{3,00}{4,00} = \frac{3}{4}$

Karena perbandingan dari senyawa A dan B adalah bilangan bulat dan sederhana, maka senyawa – senyawa yang terbentuk mengikuti hukum perbandingan berganda.

Pahami Kimia

Nitrogen dan hidrogen dapat membentuk dua macam senyawa. Bila diketahui jumlah nitrogen pada masing – masing senyawa adalah 97,66% dan 82,3%, tunjukkan apakah senyawa – senyawa ini mengikuti hukum perbandingan berganda!

Hukum Perbandingan Volume (Gay – Lussac)

Pada suhu dan tekanan yang sama perbandingan volume gas yang bereaksi dan volume gas hasil reaksi merupakan perbandingan bulat dan sederhana. Hukum tersebut ditetapkan oleh Yoseph Louis Gay-Lussac (1778 – 1850) seorang ahli kebangsaan Perancis.

Contoh :

1. $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$

   Bila 2 volume H_2 + 1 volume O_2 menjadi 2 volume H_2O perbandingan $H_2 : O_2 : H_2O = 2 : 1 : 2$.
2. $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightarrow 2NH_{3(g)}$

   Perbandingan volume $N_2 : H_2 : NH_3 = 1 : 2 : 3$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

"Perbandingan volume gas sesuai dengan koefisien masing-masing zat yang bereaksi".

Contoh soal :

5 liter gas propana (C_3H_8) dibakar sempurna dengan gas oksigen menurut reaksi:

$C_3H_{8(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 3\ CO_{2(g)} + 4H_2O_{(1)}$

Hitung : 1. Volume gas O_2 yang dibutuhkan untuk reaksi;

2. Volume gas CO_2 yang dihasilkan bila semua diukur pada P dan T yang sama!

Jawab : 1. Volume gas $O_2 = \frac{5}{1}$ x 5 liter = 25 liter

2. Volume gas $CO_2 = \frac{3}{1}$ x 5 liter = 15 liter

Hipotesis Avogadro

Pada tahun 1811 Amadeo Avogadro (1776 – 1856) mengajukan hipotesis sebagai berikut; "Pada suhu dan tekanan yang sama, gas-gas yang volumenya sama mengandung jumlah molekul yang sama".

Contoh : - Bila *V* liter gas hidrogen direaksikan dengan *V* liter gas klor dihasilkan 2*V* liter gas hidrogen kloridan pada P dan T sama.

- Bila 1 molekul gas hidrogen direaksikan dengan 1 molekul gas klor dihasilkan 2 molekul gas hidrogen klorida pada P dan T sama.

Dapat ditulis :

$$H_{2(g)} + C1_{2(g)} \rightarrow 2HC1_{(g)}$$

Jika *V* = volume dan *n* = jumlah molekul, maka dapat disimpulkan :

"Pada keadaan P dan T yang sama, gas-gas yang mempunyai *V* yang sama akan mempunyai *n* yang sama".

Dapat dirumuskan :

V = volume

n = jumlah molekul

Contoh :

Pada P dan T yang sama, bila 3 liter gas CO_2 mempunyai jumlah molekul 5*n*, maka dalam *g* liter gas NH_3 terdapat berapa molekul?

Jawab :

$$\frac{V_{co2}}{n_{co2}} = \frac{V_{NH3}}{n_{NH3}}$$

$$\frac{31}{5n} = \frac{91}{n_{NH3}}$$

$$n_{NH3} = \frac{91.5n}{31} = 15n$$

Lebih dekat dengan….

Amadeo Avogadro

Amadeo Avogadro

Avogadro berasal dari Turin. Ayahnya , Count Filippo Avogadro, adalah seorang ahli hokum dan pemimpin pemerintahan di Piedmont (Itali masih dibagi menjadi Negara – Negara bagian yang independen). Avogadro mengikuti jejak ayahnya, mendapatkan gelar dan menjadi ahli hokum. Setelah memperoleh gelar formalnya, dia mengambil privat matematika dan sains, termasuk kimia. Dia juga bekerja di University of Turin dan berkonsentrasi pada bidang kimia fisika.

Pada tahun 1811, Avogadro berhipotesis bahwa volume gas yang sama pada temperatur dan tekanan yang sama mengandung jumlah molekul yang sama. Dari hipotesis ini, dapat dimunculkan bahwa berat molekul relative sebanding dengan kerapatan dua gas pada kondisi temperature dan tekanan yang sama. Avogadro menjelaskan bahwa gas – gas sederhana bukan atom – atom yang berdiri sendiri tetapi merupakan senyawa dari dua atom atau lebih.

AKTIVITAS KITA

Tujuan :

Siswa dapat merumuskan Hukum Perbandingan Volume melalui penafsiran data percobaan.

Tugas :

Perhatikan data amatan percobaan pada tabel di bawah ini!

Contoh data amatan.

1. Gas hidrogen dan gas klorin bereaksi menghasilkan hidrogen klorida.

Gas yang bereaksi (ml)		Gas hasil reaksi (ml)
Hidrogen	Klorin	Hidrogen klorida
10	10	20
40	20	40
60	30	60
80	40	80

2. Gas nitrogen monoksida dan gas oksigen bereaksi menghasilkan gas nitrogen dioksida.

Gas yang bereaksi (ml)		Gas hasil reaksi (ml)
Nitrogen monoksida	Oksigen	Nitrogen dioksida
10	10	20
40	20	40
60	30	60
80	40	80

Perbandingan volume H_2 : $C1_2$ = ……: ……

Perbandingan volume NO : O_2 : NO_2 = …… : …… : ……

Pertanyaan :

1. Bagaimanakah hubungan volume gas-gas yang bereaksi dan gas hasil reaksi dengan perbandingan koefisien reaksi?

   Jawab: .....

2. Apakah hukum perbandingan volume juga berlaku untuk reaksi-reaksi bukan gas?

   Jawab: .....

3. Bagaimana kesimpulan hukum perbandingan volume (Gay Lussac)?

   Jawab: .....

Konsep Mol

Sebelum lebih jauh kita mempelajari konsep mol, ada baiknya kita mempelajari beberapa hal penting yang berkaitan dengan mol yaitu Massa atom relatif (Ar), massa molekul relatif (Mr) dan persen massa

Massa Atom Relatif (A_r)

Sebelum kita mempelajari massa atom relatif, lakukan aktivitas ini!

Aktivitas Kita

Berapa Jumlah Bola Dalam Satu Kotak Kamu?

Tujuan:

Menentukan massa benda (atom) relatif

Alat dan Bahan:

Kertas

Penggaris

Biji-bijian, kelereng, bola pingpong dan sebagainya

Neraca

Langkah Kerja:

Bekerjalah dengan kelompok kalian,

1. tentukan biji/bola yang akan digunakan setiap kelompok, Biji atau bola yang digunakan setiap kelompok harus berbeda, jangan gunakan kombinasi biji/bola yang sudah digunakan kelompok lain. Diskusikan di kelas sebelum kalian mulai!
2. dengan pensil, bagilah kertas kalian menjadi 10 kotak (tidak harus digunting)
3. letakkan dua jenis biji-bijian atau bola yang kalian miliki, misalnya kedelai dan biji kelengkeng pada salah satu kotak. Kalian dapat meletakkan kedelai dan biji kelengkeng dengan jumlah semaunya. Misalnya, kalian meletakkan 2 butir biji kedelai dan 3 butir biji kelengkeng. Diskusikan jumlahnya dengan kelompok kalian.

Ingat! Setiap kelompok akan menebak jumlah bulatan dalam satu kotak milik kelompok yang lain, jadi rahasiakan jumlah bulatan dalam kotak kalian

4. isilah kesepuluh kotak kalian dengan jumlah kedelai dan biji kelengkeng masing-masing sama dengan kotak pertama.
5. kumpulkan kedelai dari kesepuluh kotak kalian dan timbanglah
6. kumpulkan juga biji kelengkeng dari kesepuluh kotak kalian dan timbanglah
7. buatlah perbandingan sesederhana mungkin dari berat kedua biji ini, misalnya berat kedelai dan biji kelengkeng dari kesepuluh kotak masing-masing adalah 4,732 gram dan 71,080 gram maka perbandingan berat keduanya adalah 1: 15
8. tuliskan pada papan tulis nama kelompok kalian dan perbandingan yang kalian dapatkan
9. setelah semua kelompok menuliskan hasilnya di papan tulis, tebaklah jumlah biji pada setiap kotak mereka berdasarkan perbandingan ini
10. berapa kelompok yang kalian tebak dengan benar? Cara apa yang kalian gunakan untuk menentukannya? adakah kesulitan yang kalian jumpai? Kesimpulan apa yang kalian dapat?

Jika kalian belum dapat menentukan berapa jumlah biji/bola pada kotak teman kalian, pikirkan hal ini

Ambil contoh di atas. Misalnya berat kedelai dan biji kelengkeng dari kesepuluh kotak masing-masing adalah 4,732 gram dan 71,080 gram maka perbandingan berat keduanya adalah 1: 15. Sekarang kita ingin menentukan jumlah masing-masing biji dalam satu kotak. Apa yang belum kalian tahu dan kalian perlukan sekarang? Benar perbandingan berat perbijinya.

Jika berat biji kelengkeng adalah 3 kali berat kedelai, maka jumlah kedelai dan biji kelengkeng dalam satu kotak adalah 1:15/3 atau = 1:5

Jika berat biji kelengkeng adalah 5 kali berat kedelai, maka jumlah kedelai dan biji kelengkeng dalam satu kotak adalah 1:15/5 atau = 1:3

Jika berat biji kelengkeng adalah 10 kali berat kedelai, maka jumlah kedelai dan biji kelengkeng dalam satu kotak adalah 1:15/10 atau = 1:1,5 atau 2:3

Jika berat biji kelengkeng adalah 15 kali berat kedelai, maka jumlah kedelai

dan biji kelengkeng dalam satu kotak adalah 1:15/15 atau = 1:1

Jadi kalian sekarang tahu bukan, apa yang belum kalian laporkan sekarang? sekarang, bagilah berat kedelai dari kesepuluh kotak dengan jumlah kedelai yang ada. Lakukan juga untuk biji kelengkeng. Buat perbandingan berat keduanya dari hasil ini

Dengan cara yang sama para ahli kimia jaman lampau mulai mencoba menentukan berapa jumlah atom yang menyusun satu molekul suatu senyawa. Mereka mulai mencoba menentukan perbandingan massa atom-atom. Karena atom sangat kecil dan tidak mungkin ditimbang dengan neraca. Satuan gram atau kilogram tidak tepat dan tidak praktis untuk menyatakan massa suatu atom. Oleh karena itu untuk menentukan massa suatu atom digunakan suatu cara yaitu dengan membandingkan massa atom unsur terhadap massa atom unsur yang lain.

Sebagai contoh, Dalton mengetahui bahwa perbandingan massa oksigen dan hidrogen dalam air adalah 8 : 1. Seperti yang telah kalian lakukan pada aktivitas di atas, untuk menentukan jumlah oksigen dan hidrogen yang menyusun satu molekul air kita perlu tahu perbandingan massa oksigen dan hidrogen.

Jika massa oksigen adalah 4 kali massa hidrogen, maka perbandingan jumlah oksigen dan hidrogen dalam satu molekul air adalah 8/4:1 atau = 2:1

Jika massa oksigen adalah 8 kali massa hidrogen, maka perbandingan jumlah oksigen dan hidrogen dalam satu molekul air adalah 8/8:1 atau = 1:1

Jika massa oksigen adalah 16 kali massa hidrogen, maka perbandingan jumlah oksigen dan hidrogen dalam satu molekul air adalah 8/16:1 atau = 0,5:1 atau 1:2

Akan tetapi Dalton telah membuat hipotesis bahwa molekul senyawa paling sederhana yang dibentuk dari dua unsur adalah molekul dengan masing-masing satu atom, dalam hal ini air dianggap sebagai HO

Seorang ahli kimia Itali, Amadeo Avogadro memberikan suatu ide untuk memperbaiki anggapan Dalton ini berdasarkan pada hasil elektrolisis air, suatu proses "pemecahan" air menjadi hidrogen dan oksigen. Hasil elektrolisis ini selalu menghasilkan perbandingan volume oksigen:hidrogen = 1:2.

Pada tahun 1811 Amadeo Avogadro (1776 – 1856) mengajukan hipotesis sebagai berikut; "Pada suhu dan tekanan yang sama, gas-gas yang volumenya sama mengandung jumlah molekul yang sama". (kalian telah mempelajarinya pada bab sebelumnya)

Berdasarkan hal ini, perbandingan jumlah oksigen dan hidrogen pembentuk air adalah 1:2, jadi rumus molekul air adalah H_2O, bukan HO! Atau perbandingan massa H : O adalah 1:16

Dengan menggunakan hipotesis Avogadro ini, para ahli kimia dapat menentukan massa relatif unsur dengan menimbang volume gas yang sama dari setiap unsur. Karena hidrogen diketahui memiliki massa paling kecil, hidrogen ditetapkan memiliki nilai massa = 1. Nilai massa unsur – unsur lain ditetapkan dengan membandingkannya dengan hidrogen. Nilai massa ini disebut sebagai massa atom relatif (A_r).

Pada perkembangan berikutnya, para ahli kimia tidak lagi menggunakan hidrogen, tetapi oksigen. Sekarang, para ahli menggunakan massa atom C yang dipandang sebagai atom yang paling stabil sebagai standar untuk penentuan massa atom relatif dengan satuan sma. Isotop C-12 ditetapkan mempunyai massa atom relatif 12 sma (satuan massa atom)

$$1 \text{ sma} = \frac{1}{12} \text{ x massa 1 atom C-12}$$

Massa atom relatif (A_r) menyatakan perbandingan massa rata-rata suatu atom suatu unsur terhadap $\frac{1}{12}$ x massa atom C-12. Dapat ditulis

$$A_r = \frac{\text{massa rata - rata atom unsur X}}{\frac{1}{12} \text{ x massa 1 atom C - 12}}$$

Contoh : Massa atom relatif (A_r) Mg = 24,312; artinya massa atom Mg terhadap $\frac{1}{12}$ x massa atom C-12 adalah 24,312. Dapat ditulis :

$$A_r Mg = \frac{\text{massa rata - rata atom unsur Mg}}{\frac{1}{12} \text{ x massa 1 atom C - 12}} = \frac{24{,}312 \text{ sma}}{1 \text{ sma}} = 24{,}312$$

Masa Molekul Relatif (M_r)

Masa molekul unsur atau senyawa dinyatakan dengan massa molekul relatif (M_r). Massa molekul relatif (M_r) menyatakan perbandingan massa satu molekul unsur atau senyawa terhadap $\frac{1}{12}$ x massa atom C-12. Dapat ditulis :

$$M_r \text{ Molekul unsur} = \frac{\text{massa atom relatif suatu unsur}}{\frac{1}{12} \text{ x massa 1 atom C - 12}}$$

$$M_r \text{ Molekul senyawa} = \frac{\text{massa 1 molekul senyawa}}{\frac{1}{12} \text{ x massa 1 atom C - 12}}$$

Contoh :

1. Berapa M_r gas H_2 jika $A_r H = 1$?

   Jawab: $M_r H_2$ =

   $$\frac{\text{massa 1 molekul senyawa } H_2SO_4}{\frac{1}{12} \text{ x massa 1 atom C - 12}} = \frac{2 \text{ massa atom H}}{1 \text{ sma}} = \frac{2 \text{ x } 1}{1 \text{ sma}} = 2$$

2. Hitung M_r H_2SO_4 bila diketahui A_r H = 1,S = 32 dan O = 16!

   Jawab: M_r H_2SO_4 = $\frac{\text{massa 1 molekul senyawa } H_2SO_4}{\frac{1}{12} \text{ x massa 1 atom C - 12}}$

   $$= \frac{\text{massa 2 atom H} + \text{massa 1 atom S} + 4 \text{ massa 4 atom O}}{1 \text{ sma}}$$

   $$= 2 (A_r \text{ H}) + 1(A_r \text{ S}) + 4(A_r \text{ O})$$

$= 2(1) + 1(32) + 4(16)$

$= 98$

Berdasarkan contoh di atas dapat disimpulkan bahwa :

M_r suatu senyawa = Jumlah A_r unsur-unsur penyusunnya

Dalam kehidupan sehari – hari kita biasa mengukur sesuatu dengan mencacah (menghitung jumlah) atau dengan menimbangnya tergantung pada tujuan. Kimia berhubungan dengan benda yang sangat – sangat kecil, yaitu atom. Atom, sangat tak terhingga kecilnya, tak seorangpun dapat menimbang satu atom. Untuk itu diperlukan suatu satuan tersendiri untuk mengukur, baik menghitung maupun menimbangnya yang disebut sebagai mol.

Mol didefinisikan sebagai jumlah tertentu dari suatu partikel yang mengandung jumlah partikel tersebut yang sama banyaknya dengan jumlah atom yang dikandung dalam 12 gram atom C – 12.

Hubungan mol dengan jumlah patikel

Berapa atom yang terkandung dalam 12 gram atom C – 12? Para ahli kimia sepakat untuk menerima bahwa dalam setiap 12 gram atom C – 12 terdapat 6, 022. 10^{23} atom karbon – 12. Angka ini disebut sebagai bilangan Avogadro (L)

Konsekuensinya adalah:

1 mol NaCl mengandung 6, 022. 10^{23} molekul NaCl

1 mol ion Na^+ mengandung 6, 022. 10^{23} ion Na^+

Secara umum

Jumlah partikel = jumlah mol x bilangan Avogadro

Jumlah partikel = n x L

Perhatikan!

Dalam setiap 1 mol $CaCl_2$ mengandung 6, 022. 10^{23} molekul $CaCl_2$.

Karena setiap molekul $CaCl_2$ terdapat 1 atom Ca dan 2 atom Cl, hal ini berarti dalam setiap 1 mol $CaCl_2$ terdapat 6, 022. 10^{23} atom Ca dan 2 x 6, 022. 10^{23} = 1, 204. 10^{24} atom Cl

Contoh:

a. Besi merupakan logam yang telah lama dikenal manusia. Besi digunakan dalam berbagai keperluan, salah satunya adalah sebagai komponen utama baja. Berapakah jumlah atom Fe yang terdapat dalam 1, 72 mol Fe?
   Jawab:
   Jumlah partikel = jumlah mol x bilangan Avogadro
   Jumlah atom Fe = jumlah mol Fe x 6, 022. 10^{23}
   Jumlah atom Fe = 1, 72 x 6, 022. 10^{23}
   Jumlah atom Fe = 1,04 x 10^{24}
b. Bila dibiarkan di udara yang lembab, besi akan mengalami perkaratan. Perkaratan akan lebih cepat terjadi pada daerah pantai atau dengan adanya hujan asam karena pencemaran udara. Karat besi dapat dituliskan sebagai Fe_2O_3. Berapa mol karat besi yang mengandung 2,107 x 10^{24} molekul Fe_2O_3!
   Jawab:
   Jumlah partikel = jumlah mol x bilangan Avogadro

$$n = \frac{\text{jumlah partikel}}{\text{bilangan Avogadro}}$$

$$n = \frac{2{,}107 \times 10^{24}}{6{,}022 \times 10^{23}} = 0{,}349 \text{ mol}$$

   Jadi karat besi yang mengandung 2,107 x 10^{24} molekul Fe_2O_3 = 0,349 mol

Pahami Kimia

Tentukan jumlah:

a. atom O dalam 2,5 mol $CaCO_3$
b. atom Cr dalam 1,5 mol $K_2Cr_2O_7$
c. mol KCN yang mengandung 1,506 x 10^{23} atom C

d. mol $MgCO_3$ yang mengandung 3,011 x 10^{24} atom O

Hubungan mol dengan massa atom

Setiap atom memiliki berat. Hubungan antara massa 1 atom dengan massa 1 mol atom tersebut adalah angka dari massa atom dari suatu unsur yang dinyatakan dalam sma sama dengan massa 1 mol atom unsur tersebut dinyatakan dalam gram.

Pernyataan ini juga berakibat angka dari massa suatu senyawa yang dinyatakan dalam sma sama dengan massa 1 mol senyawa tersebut dinyatakan dalam gram

Jadi:

Massa 1 atom Fe = 55, 85sma berarti 1 mol Fe = 55,85g

Massa 1 molekul O_2 = 32,00sma, berarti 1 mol O_2 = 32,00g

Massa 1 unit NaCl = 58, 44sma, berarti 1 mol unit NaCl = 58,44g

Secara umum

Massa zat = jumlah mol x Mr zat tersebut

massa = n x Mr

Contoh:

a. amonium karbonat merupakan padatan putih yang dapat terdekomposisi dengan pemanasan. Amonium karbonat merupakan komponen pada baking powder dan pemadam kebakaran. Berapa jumlah mol dari 19,21g amonium karbonat?

Jawab:

Amonium karbonat → $(NH_4)_2CO_3$

Mr $(NH_4)_2CO_3$ = (2x Ar N) + (8 x ArH) + ArC + (3xArO)

= (2 x14) + (8 x 1) + 12 + (3 x 16)

= 28 + 8 + 12+ 48

= 96

Massa = n x Mr

$$n = \frac{massa}{Mr} = \frac{19,21}{96}$$

n = 0,20 mol

b. Tetrafosforus dekaoksida bereaksi dengan air membentuk asam fosfat, salah satu asam yang diproduksi secara besar-besaran. Di laboratorium, oksida ini digunakan sebagai agen pengering. Berapa massa (dalam gram) dari 4,517 x 10^{22} molekul tetrafosforus dekaoksida?

Jawab:

Tetrafosforus dekaoksida → P_4O_{10}

Mr P_4O_{10} = (4x Ar P) + (10 x Ar O)

= (4 x31) + (10 x 16)

= 124 + 160

= 284

Ingat! Jumlah mol dalam hubungannya dengan jumlah zat

$$n = \frac{\text{jumlah partikel}}{\text{bilangan Avogadro}}$$

$$n = \frac{4,517 \text{ x } 10^{22}}{6,022 \text{ x } 10^{23}} = 0,075 \text{ mol}$$

Massa = n x Mr

Massa = 0,075 x 284

Massa = 21,3 gram

Jadi massa tetrafosforus dekaoksida tersebut adalah 21,3gram

Pahami Kimia

Komponen utama cangkang telur adalah kalsium karbonat (zat warna putih yang dapat kita temukan juga pada kapur, gamping, stalaktit gua, cangkang kerang, batu karang, dan mutiara). Cangkang telur mengandung kira – kira 95% $CaCO_3$, sisa 5%nya adalah kalsium fosfat, magnesium karbonat, dan protein yang dapat dan tidak dapat larut. Bila dianggap $CaCO_3$ yang

terkandung dalam cangkang telur tepat 95%, berapa mol $CaCO_3$ yang ada dalam 2 gram cangkang telur?

Hubungan mol dengan volume gas dalam keadaan standar

Avogadro menyatakan bahwa setiap gas memiliki volume yang sama bila diukur pada suhu dan tekanan yang sama.

Volume satu mol zat disebut volume molar (Vm). Berdasarkan pengukuran teliti pada keadaan standar (0^OC dan tekanan 1atm), volume setiap gas adalah 22,4L. Keadaan standar sering disebut STP.

Secara umum:

V (gas) = n x Vm

V (gas) = n x 22,4 L

Pada keadaan selain STP, volume gas ideal mengikuti persamaan umum gas ideal, yaitu

P.V = nRT

P = tekanan gas (dalam atm)

V = volume gas (dalam L)

n = jumlah mol gas

R = tetapan gas (0,082L atm mol^{-1} K^{-1})

T = suhu mutlak (dalam K)

Contoh:

a. karbon monoksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau. Gas ini berbahaya karena dapat mengikat haemoglobin jauh lebih kuat daripada oksigen, sehingga seorang yang menghirup gas ini akan mengalami kekurangan oksigen, pingsan bahkan mengalami kematian. Tentukan volume 7 gram gas ini dalam keadaan standar!

Jawab:

Karena keadaan standar:

Gas CO → Mr = Ar C + Ar O

= 12 + 16 = 28

V (gas) = n x 22,4 L

Jumlah mol (n) dapat dicari dengan

$$n = \frac{massa}{Mr} = \frac{7}{28} = 0{,}25\,mol$$

V_{CO} = 0,25 x 22,4 L (STP)

= 5,60 L

Pahami Kimia

Pada waktu kita bernafas biasa, udara yang keluar maupun masuk paru – paru adalah 0,5 L. Bila udara dinyatakan mengandung 20% gas oksigen, dan kita bernafas pada kondisi udara yang memiliki suhu 28^{o}C dan tekanan 1 atm, berapakah gram O_2 yang kita ambil dari udara setiap kali kita bernafas?

Rumus empiris, rumus molekul, dan air kristal

Rumus kimia suatu zat dapat berupa: rumus empiris, rumus molekul, dan rumus bangun.

Rumus empiris suatu senyawa adalah rumus yang menyatakan perbandingan terkecil dari atom-atom unsur yang menyusun senyawa.

Contoh:

Hasil analsis unsur dari suatu cuplikan senyawa ionic menunjukan adanya 2,82g Na, 4,35g Cl dan 7,83g O. tentukan rumus empiris senyawa ini

Jawab:

Jumlah mol setiap unsur yang ada

$$n\ Na = \frac{Massa\ Na}{A_r\ Na} = \frac{2{,}82}{23} = 0{,}123$$

$$n\ Cl = \frac{Massa\ Cl}{A_r\ Cl} = \frac{4{,}35}{35{,}5} = 0{,}123$$

$$\text{n O} = \frac{\text{Massa O}}{A_r\ \text{O}} = \frac{7{,}83}{16} = 0{,}489$$

Perbandingan Na:Cl:O dalam sampel tersebut adalah

0,123 : 0, 123: 0,489 = 1 : 1 : 3,98 ≈ 1: 1: 4

Jadi rumus empiris yang dapat diusulkan adalah: $NaClO_4$

Rumus molekul suatu senyawa adalah rumus yang menunjukkan jumlah atom yang sebenarnya terdapat dalam satu molekul senyawa tersebut.

Rumus molekul diketahui jika kita telah mengetahui rumus empiris dan massa relatif senyawa tersebut

Contoh:

Dari hasil analisis asam laktat diketahui bahwa rumus empiris senyawa tersebut adalah CH_2O. Bila massa rumus asam laktat adalah 90, tentukan rumus molekulnya

Jawab:

Misalkan rumus molekul asam laktat adalah $(CH_2O)_x$, maka

$$\text{Mr } (CH_2O)x = 90$$
$$(12 + 2.1 + 16)\ x = 90$$
$$30\ x = 90$$
$$x = 3$$

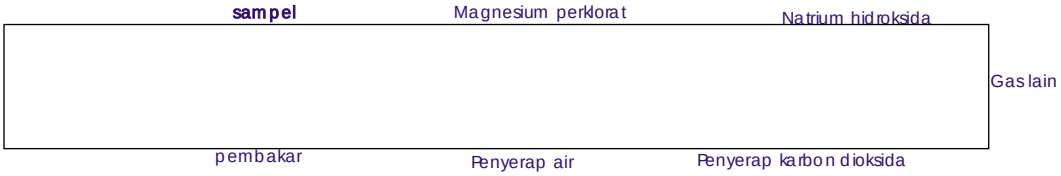
Jadi rumus molekul asam laktat adalah $(CH_2O)_3$ atau $C_3H_6O_3$

Pahami Kimia

Nikotin merupakan zat adiktif yang ditemukan dalam tembakau. Senyawa ini termasuk senyawa yang beracun. Sebuah penelitian terhadap nikotin menunjukkan bahwa senyawa terdiri atas karbon, oksigen dan hidrogen. Bila 100g sampel nikotin mengandung 74,3g karbon dan 17,2g nitrogen, tentukan rumus empiris senyawa ini!

Analisis Senyawa dengan Pembakaran

Untuk senyawa – senyawa organik dapat dianalisis dengan pembakaran. Senyawa – senyawa ini mengandung karbon dan hidrogen. Karbon akan diubah menjadi karbon dioksida dan hidrogen menjadi air. Senyawa yang akan dianalisis (sampel) diletakkan dalam wadah kemudian dibakar dengan oksigen. Karbon dioksida dan air yang terbentuk dialirkan dan diserap secara terpisah.



Gambar. Analisis senyawa organik

Air diserap oleh $Mg(ClO_4)_2$, CO_2 diserap oleh NaOH dalam asbestos. Peningkatan massa penyerap menunjukkan massa zat yang diserap.

Contoh:

Vitamin C merupakan senyawa yang terdapat dalam banyak sumber alami, terutama buah – buahan. Senyawa ini mengandung C, H dan O. Analisis dilakukan untuk menentukan rumus molekul vitamin C. Sebanyak 1,00 g sampel dibakar. Hasilnya adalah sebagai berikut.

Bagian yang diamati	Sebelum (dalam g)	Sesudah (dalam g)
Massa penyerap CO_2	83,85	85,35
Massa penyerap H_2O	37,55	37,96

Jika vitamin C memiliki Mr = 176, tentukan rumus molekul vitamin C

Jawab

Misalkan rumus vitamin C adalah CxHyOz,

Semua CO_2 dan H_2O pada analisis ini dihasilkan dari reaksi pembakaran vitamin C sehingga massa C dalam CO_2 dan H dalam H_2O sama dengan massa C dan H pada vitamin C.

Langkah pertama adalah menghitung massa C dan H, C dihitung dari CO_2 dan H dari H_2O.

Dari data didapatkan

Massa CO_2 = 85,35 – 83,85 = 1,50g

Massa H2O = 37,96 – 37,55 = 0,41g

$$\text{massa C} = \frac{\text{ArC}}{\text{MrCO}_2} \text{x massa CO}_2$$

$$\text{massa C} = \frac{12}{44} \text{x} 1{,}50\text{g} = 0{,}409\text{g}$$

$$\text{massa H} = \frac{\text{ArH}}{\text{MrH}_2\text{O}} \text{x massa H}_2\text{O}$$

$$\text{massa H} = \frac{1}{18} \text{x } 0{,}41\text{g} = 0{,}046\text{g}$$

Massa dapat dihitung dari massa vitamin C dikurangi jumlah massa H dan C

Massa O = 1,00g – (0, 409 + 0,046)

= 0,545

Kita dapat menentukan rumus empirisnya dengan menghitung perbandingan mol tiap unsur pembentuknya

	C	H	O
Massa	0,409	0,046	0,545
mol	$\frac{0{,}409}{12} = 0{,}034$	$\frac{0{,}046}{1} = 0{,}046$	$\frac{0{,}545}{16} = 0{,}034$
perbandingan	3	4	3

Jadi rumus empiris untuk vitamin C adalah $C_3H_4O_3$

Dengan menggunakan data Mr, kita dapat menentukan rumus molekulnya

Anggap rumus molekul vitamin C adalah $(C_3H_4O_3)x$, maka

Mr vitamin C = (3 Ar C + 4 Ar H + 3 Ar O)x

176 = (3. 12 + 4.1 + 3.16) x

$$x = \frac{176}{88} = 2$$

Jadi rumus molekul vitamin C adalah $(C_3H_4O_3)_2$ atau $C_6H_8O_6$

Pahami Kimia

Isobutilena adalah salah satu senyawa hidrokarbon yang digunakan dalam industri karet sintetis. Sebanyak 0,847 isobutilena dianalisis dengan pembakaran.
Kenaikan massa penyerap CO2 adalah 2,657g dan penyerap H2O adalah 1,089g.
Tentukan rumus empiris dari isobutilena tersebut!

Air Kristal

Senyawa ionik tertentu memiliki keunikan dengan mengikat molekul air dengan jumlah tertentu. Senyawa semacam ini disebut sebagai senyawa terhidrat. Air yang terikat ini disebut sebagai air hidrasi atau air kristal. Air terikat dalam struktur dan hanya dapat dilepas dengan pemanasan.
Jumlah molekul air yang terikat pada senyawa ditunjukkan pada namanya, yang menggunakan sistematika awalan nomor Yunani, diletakkan sebelum kata hidrat. Hal yang sama juga telah kita gunakan bersama dalam memberi nama untuk senyawa antara non logam dan non logam.
Untuk menunjukkan bahwa senyawa tersebut terhidrat, molekul air dituliskan setelah rumus senyawanya dan dipisahkan dengan titik
Contoh, barium klorida yang terhidrat memiliki rumus kimia $BaCl_2.2H_2O$. Perhatikan pada rumus ini berarti ada dua molekul air yang terikat. Nama senyawa yang terhidrat ini menjadi barium klorida dihidrat.

Contoh:
Sebanyak 2,43g tembaga (II) sulfat yang terhidrat dipanaskan dalam tabung reaksi hingga menjadi tembaga (II) sulfat anhidrat (tidak mengandung molekul air). Data yang dihasilkan dari percobaan ini adalah sebagai berikut.
Massa tabung reaksi dan tutupnya = 24.32 g
Massa alat dan senyawa terhidrat = 26.75 g
Massa alat dan garam setelah pemanasan = 25.88g

Tentukan jumlah air kristal dalam senyawa tersebut, rumus molekul dan namanya!

Jawab:

Kita anggap jumlah air kristal dalam senyawa hidrat tersebut adalah x. Reaksi yang terjadi adalah:

$CuSO_4.x\ H_2O \rightarrow CuSO_4 + x\ H_2O$

Massa garam terhidrat = 2.43 g

Massa garam anhidrat = massa setelah pemanasan – massa tabung dan tutup

= 25,88 – 24, 32 = 1,56g

Massa air = massa garam terhidrat – massa garam anhidrat

= 2, 43 – 1, 56 = 0,87g

$$\text{mol}\,CuSO_4 = \frac{\text{massa}\,CuSO_4}{\text{Mr}CuSO_4} = \frac{1,56}{159,5} = 9,78\text{mmol}$$

$$\text{mol}\,H_2O = \frac{\text{massa}\,H_2O}{\text{Mr}H_2O} = \frac{0,87}{18} = 48,33\text{mmol}$$

Perbandingan mol $CuSO_4$: x H_2O

$$\frac{1}{x} = \frac{9,78}{48,33} = \frac{1}{4,94} \approx \frac{1}{5}$$

Jadi jumlah molekul air = 5

Rumus garam terhidrat = $CuSO_4.5\ H_2O$

Namanya = tembaga (II) sulfat pentahidrat

For You to Know

Why do some compounds absorb water from air?

Hygroscopic compounds take up water from the air for many different reasons. Ionic compounds are often hygroscopic because they form stable hydrates.

- Metal cations (being positively charged) attract the lone pairs on water oxygens and form coordinate covalent bonds with water. For example, many divalent cations M^{2+} can form ions like $[M(H_2O)_6]^{2+}$. One or more of the waters can be replaced with anions in the hydrate.

- Anions like sulfate or nitrate can form strong hydrogen bonds with the water. For example, nitrate ions form a very stable arrangement with water in which the water "bridges" the nitrate oxygens with hydrogen bonds.
- Sometimes both the anion and the cation bind water. For example, in copper(II) sulfate pentahydrate, four waters are bound in a square around the copper(II) ion's equator and two sulfates are bound to the poles. The fifth water bridges sulfates together. (http://antonie.frostburg.edu/)

Hubungan Persamaan Reaksi dengan Mol

Pada persamaan reaksi yang setara, perbandingan koefisien reaksi sama dengan perbandingan mol zat yang terlibat dalam reaksi

Contoh:

Pada reaksi pembakaran karbon menjadi karbon dioksida, kita memiliki persamaan:

$$C\ (s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \qquad (i)$$

Dari reaksi ini kita mendapatkan informasi bahwa 1 mol C bereaksi dengan 1 mol O_2 menghasilkan 1 mol CO_2.

Pada pembakaran gas alkohol (C_2H_5OH)

$$C_2H_5OH\ (l) + 3\ O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3\ H_2O\ (l) \qquad (i)$$

Reaksi ini memberikan informasi pada kita bahwa setiap 1 mol C_2H_5OH memerlukan 3 mol O_2 dalam proses pembakarannya.

Dengan melihat hubungan mol dengan besaran lain, seperti massa dan volume. Persamaan reaksi juga memberikan informasi tentang massa dan volume zat (gas) yang terlibat dalam reaksi

Contoh dengan hitungan:

Logam tembaga sering digunakan sebagai bahan pembuatan uang logam, kabel, peralatan rumah tangga dan banyak lagi lainnya.

Tembaga diperoleh dari bijih sulfidanya (tembaga (I) sulfida) misalnya kalkosit (chalcocite, gambar di samping) dengan melalui proses bertingkat. Salah satu prosesnya adalah memanggang bijih tembaga dengan gas oksigen untuk membentuk serbuk oksidanya dan gas sulfur dioksida. Tentukan berapa mol gas oksigen yang digunakan untuk memanggang 100 kg bijih tembaga!

Jawab:

Reaksi:

$$2Cu_2S\,(s) + 3\,O_2(g) \longrightarrow 2Cu_2O(g) + 2SO_2\,(g)$$

Mr Cu_2S = 2 Ar Cu + Ar S

= 2 x108 + 32

= 216 + 32 = 248

$$n = \frac{massa}{Mr} = \frac{100000}{248} = 403{,}23\,mol$$

Perhatikan, pada reaksi perbandingan koefisien Cu_2S dan O_2 adalah 2: 3 jadi mol Cu_2S : mol O_2 = 2 : 3

$$n_{O_2} = \frac{3}{2} x n_{Cu_2S} = \frac{3}{2} x 403{,}23 = 604{,}84\,mol$$

For you to know

How is SO_2 waste recycled to make wallboard?

Steam locomotives in the 1950s burned coal containing sulphur which released sulphur dioxide into the atmosphere. Scrubbers could have removed SO_2 from flue gases by reaction with calcium carbonate, $CaCO_3$. What is this reaction?

SO_2 is usually removed by spraying the hot exhaust gases with a slurry of limestone, dolomite, or (less frequently) lime. The process is called 'wet scrubbing', and it involves many separate dissolution, oxidation, and neutralization processes. For wet scrubbing with $CaCO_3$ slurry, the most important reactions can be summarized by

$SO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow SO_2 \cdot H_2O(aq)$

$SO_2 \cdot H_2O(aq) + CaCO_3(s) \rightarrow CaSO_3(s) + H_2O(l) + CO_2(g)$

$CaSO_3(s) + 2\ H_2O(l) + 1/2\ O_2(g) \rightarrow CaSO_4 \cdot 2\ H_2O$

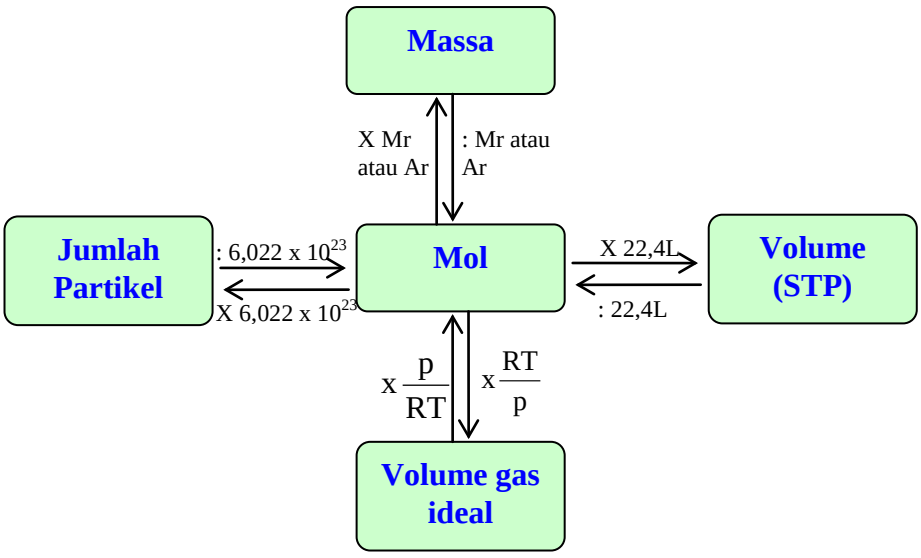
The final reaction produces gypsum, which has economic value. In fact, some power plants earn additional income by selling the gypsum to industry for use in plaster, wallboard, and Portland cement.

It's interesting to note that although wet scrubbing has been used since the 1920's and 1930's in Great Britain's coal-fired power plants, scrubbing didn't catch on in the United States until the Clean Air Act Amendments of 1970 and 1977, for economic reasons. (http://antoine.frostburg.edu/chem/senese)

Pahami kimia

Perhatikan reaksi pembuatan gypsum ($CaSO_4 \cdot 2\ H_2O$) di atas. Perkirakan volume SO_2 (STP) dan massa $CaCO_3$ yang digunakan agar dihasilkan 50 Kg $CaSO_4 \cdot 2\ H_2O$

Hubungan mol dengan satuan yang lain dapat dirangkum dalam bagan berikut



Pereaksi Pembatas

Aktivitas Kita

Diskusikan dengan kelompokmu lebih dalam hal berikut
Label suatu produk kopi instant menyarankan bahwa kopi yang memiliki rasa yang sesuai haruslah dibuat dengan perbandingan 1 sendok kopi instan: 1 sendok krim: 1 sendok gula: 100mL air panas (1 cangkir). Bila kalian memiliki kira kira 10 sendok kopi instan, 7 sendok gula, 8 sendok krim dan 2 Liter air panas. Berapa cangkirkah kopi yang dapat anda buat agar memiliki rasa yang sesuai dengan yang disarankan pada label kopi tersebut?
Dapatkah kita membuat 20 atau 10 cangkir kopi dengan rasa yang sesuai? Mengapa? Berapa cangkir kopikah yang dapat kita buat?
Laporkan hasilnya

Tidak selalu zat – zat yang bereaksi ada dalam jumlah yang tepat sesuai dengan kebutuhan hingga semuanya habis bereaksi membentuk produk. Kadang – kadang kita menemukan bahwa satu pereaksi terlalu banyak dibandingkan pereaksi yang lain sehingga kita mendapatkan sisa pereaksi setelah reaksi selesai. Pereaksi yang sudah habis sebelum pereaksi yang lain habis bereaksi disebut pereaksi pembatas, karena membatasi keberlangsungan reaksi

Pada contoh di atas, kita tidak dapat membuat 20 atau 10 atau bahkan 8 cangkir kopi yang disarankan. Hanya tujuh cangkir kopi yang bisa dibuat. Meskipun semua bahan tersedia, gula menjadi pembatas dari jumlah kopi yang dapat dibuat.

Contoh:

Dalam wadah tertutup, 23 gram etanol (Mr = 46) dibakar dengan 80 gram oksigen berdasarkan reaksi berikut

$$C_2H_5OH\ (l) + 3\ O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 3\ H_2O\ (l)$$

Tentukan pereaksi pembatas dalam reaksi tersebut!

Jawab:

jumlah mol etanol = $\mathrm{n\ C_2H_5OH} = \dfrac{\text{Massa } C_2H_5OH}{M_r\ C_2H_5OH} = \dfrac{23}{46} = 0{,}5$

jumlah mol oksigen = $\mathrm{nO_2} = \dfrac{\text{Massa } O_2}{M_r\ O_2} = \dfrac{80}{32} = 2{,}5$

perbandingan etanol : oksigen yang bereaksi adalah 1 : 3 atau 0,5 : 1,5. Jadi oksigen pada reaksi ini akan berlebih. Etanol akan habis terlebih dulu sehingga etanol disebut sebagai pereaksi pembatas

Pahami Kimia

Dengan kasus pembuatan gypsum dari limbah gas SO_2 di atas, bila direaksikan 10Kg $CaCO_3$ dan 224 L SO_2, dan dalam kondisi air dan oksigen yang berlimpah, berapakah jumlah gypsum yang terbentuk? Adakah yang bertindak sebagai pereaksi pembatas? Tunjukkan!

Rangkuman

Kimia tidak hanya mengenal perubahan zat secara kualitatif dari gejala-gejala yang dapat diindera tetapi juga dari segi kuantitatif yaitu berdasarkan besaran-besaran yang terukur. Untuk mempelajarinya dikenal beberapa hukum yang mendasarinya, yaitu **Hukum Kekekalan Massa** dari **Lavoisier, Hukum Perbandingan Tetap** dari **Proust, Hukum Perbandingan Berganda** dari **Dalton, Hukum Perbandingan Volume** dari **Gay – Lussac,** dan **Hipotesis Avogadro**

Kata-kata Kunci

Hukum Kekekalan Massa
Lavoisier,
Hukum Perbandingan Tetap
Proust,
Hukum Perbandingan Berganda
Dalton,
Hukum Perbandingan Volume
Gay – Lussac,
Hipotesis Avogadro