

# Dasar-dasar Ilmu Kimia

Dra. Hernani, M.Si.



## PENDAHULUAN

---

Tidak kita ragukan lagi bahwa zat kimia ada di mana-mana, banyak zat kimia terjadi secara alamiah ataupun diproduksi dengan proses tertentu. Ilmu kimia adalah bagian dari sains yang secara khusus mempelajari sejumlah aspek pada zat kimia, misalnya menjawab pertanyaan ”apa bahan penyusun dari suatu material/zat tertentu?”, dan “bagaimana perbandingan bahan tertentu dalam suatu material?”

Suatu bagian yang penting dari ilmu kimia tentu saja adalah mempelajari reaksi kimia, yaitu perubahan yang terjadi jika suatu zat kimia berinteraksi dengan yang lainnya untuk membentuk zat baru, perubahan tersebut sering kali melibatkan energi. Untuk seluruh keteraturan fenomena yang terjadi diperlukan penjelasan yang logis sehingga keteraturan tersebut menjadi landasan untuk berkembangnya ilmu kimia lebih lanjut.

Jadi, secara umum dapat didefinisikan bahwa ilmu kimia adalah bagian dari sains yang mempelajari tentang struktur materi, komposisi materi, sifat dan perubahan materi, serta energi yang terlibat pada perubahan materi. Struktur dan komposisi tertentu menghasilkan sifat materi yang tertentu pula, melalui proses kimia suatu materi dapat berubah struktur dan komposisinya menjadi materi lain yang sifatnya berbeda. Pada proses kimia tersebut sering kali terlibat energi dalam berbagai bentuk, seperti energi panas, energi listrik ataupun energi cahaya.

Berdasarkan pengertian tentang ilmu kimia di atas, pada Modul 1 ini kita akan mempelajari tentang dasar-dasar ilmu kimia untuk dapat diterapkan pada jenjang konsep kimia yang lebih tinggi. Adapun setelah mempelajari Modul 1 ini, secara khusus diharapkan Anda dapat:

1. membedakan perubahan fisika dan kimia yang terjadi pada suatu contoh fenomena tertentu;
2. menggolongkan suatu zat termasuk campuran, unsur atau senyawa;
3. menentukan cara yang tepat untuk memisahkan suatu campuran;

4. mengidentifikasi zat terlarut dan pelarut dari suatu larutan;
5. menghitung konsentrasi zat dalam satuan %b/b, % v/v, dan ppm;
6. menentukan suatu larutan bersifat elektrolit atau non-elektrolit;
7. mengetahui cara pembuatan suatu larutan dengan pelarut air;
8. membuktikan melalui perhitungan kebenaran hukum Lavoisier, Proust, dan Dalton;
9. mengaplikasikan hukum Lavoisier, Proust, dan Dalton dalam perhitungan kimia.

Kemampuan-kemampuan tersebut sangat penting untuk mempelajari ilmu kimia lebih lanjut, terutama dalam aspek kuantitatifnya (yang akan dibahas lebih mendalam pada Modul 3). Oleh karena itu, pelajarilah dasar-dasar ilmu kimia dengan baik agar Anda tidak mengalami kesulitan pada perkuliahan kimia lainnya yang tahapan konsepnya lebih tinggi.

Adapun pembahasan pada modul ini dibagi menjadi 3 kegiatan belajar yang dapat Anda pelajari secara lebih mendalam, meliputi pembahasan tentang:

1. materi dan perubahannya;
2. larutan dan sifat-sifatnya;
3. hukum-hukum dasar materi.

Hal yang harus diperhatikan, agar Anda berhasil dengan baik mempelajari modul ini adalah sebagai berikut.

1. Bacalah dengan cermat bagian pendahuluan modul ini, agar Anda betul-betul memahami keterkaitan materi yang dibahas pada setiap kegiatan belajar serta mengetahui kemampuan yang diharapkan dari pembelajaran modul ini.
2. Pelajarilah bagian demi bagian dari modul ini dan tandai konsep-konsep pentingnya sesuai dengan kemampuan yang diharapkan (jika perlu gunakan *stabilo*).
3. Kemampuan yang diharapkan dari modul ini tidak hanya sampai tingkatan kognitif pemahaman, tetapi dituntut tingkat yang lebih tinggi, seperti aplikasi, evaluasi ataupun analisis karena itu asahlah selalu kemampuan Anda dengan memperbanyak berlatih soal-soal.
4. Manfaatkanlah peluang pertemuan dengan tutor atau teman sejawat Anda untuk mendiskusikan hal-hal yang kurang Anda pahami ataupun menyelesaikan soal-soal yang dianggap sulit karena itu persiapkanlah

bahan sebelum Anda melaksanakan tutorial atau diskusi dengan teman sejawat Anda.

**Selamat belajar, semoga berhasil!**

## KEGIATAN BELAJAR 1

## Materi dan Perubahannya

Semua zat kimia yang terdapat di alam semesta merupakan contoh-contoh materi, misalnya zat-zat yang terdapat dalam pensil, buku, roti atau manusia. Materi didefinisikan sebagai segala sesuatu yang menempati ruang dan memiliki massa. Artinya, materi memiliki tempat hunian dengan volume tertentu serta mengandung sejumlah tertentu partikel di dalamnya. Pada praktik sehari-hari massa sering disamakan dengan berat sehingga untuk mengetahui massa dari suatu benda selalu diukur dengan neraca.

**A. SIFAT DAN PERUBAHAN MATERI**

Setiap materi/zat memiliki sifat tertentu yang khas, hal ini memudahkan kita untuk mengenal dan membedakan satu zat dengan zat lainnya. Sifat materi dapat dikelompokkan dalam dua kategori, yaitu sifat fisika dan sifat kimia. Kita dapat mengukur sifat fisika suatu zat tanpa mengubah ciri dan komposisi dari zatnya, sifat-sifat ini di antaranya warna, bau, kerapatan, titik beku, titik didih, dan kekerasan. Sedangkan sifat kimia merupakan kemampuan suatu zat untuk berubah atau bereaksi membentuk zat lain. Sebagai contoh, sifat kimia yang umum adalah “Flammabilitas”, kemampuan suatu zat untuk terbakar dengan bantuan oksigen.

Selain pembagian sifat menjadi sifat fisika dan sifat kimia, kita juga dapat membedakan sifat suatu zat berdasarkan ketergantungannya pada jumlah sampel yang diuji. Wujud fisik, titik leleh, titik lebur, dan kerapatan merupakan contoh sifat yang hasil pengukurannya tidak tergantung pada seberapa banyak sampel tersebut diukur, sifat seperti ini disebut sifat intensif. Sedangkan massa dan volume merupakan contoh sifat yang hasil pengukurannya sebanding dengan seberapa banyak sampel tersebut diukur, sifat seperti ini disebut sifat ekstensif.

Sifat intensif dapat juga diturunkan dari sifat ekstensif. Sebagai contoh adalah kerapatan, yaitu perbandingan massa suatu zat terhadap volumenya.

$$\text{Kerapatan } (\rho) = \frac{\text{Massa (g)}}{\text{Volume (mL)}}$$

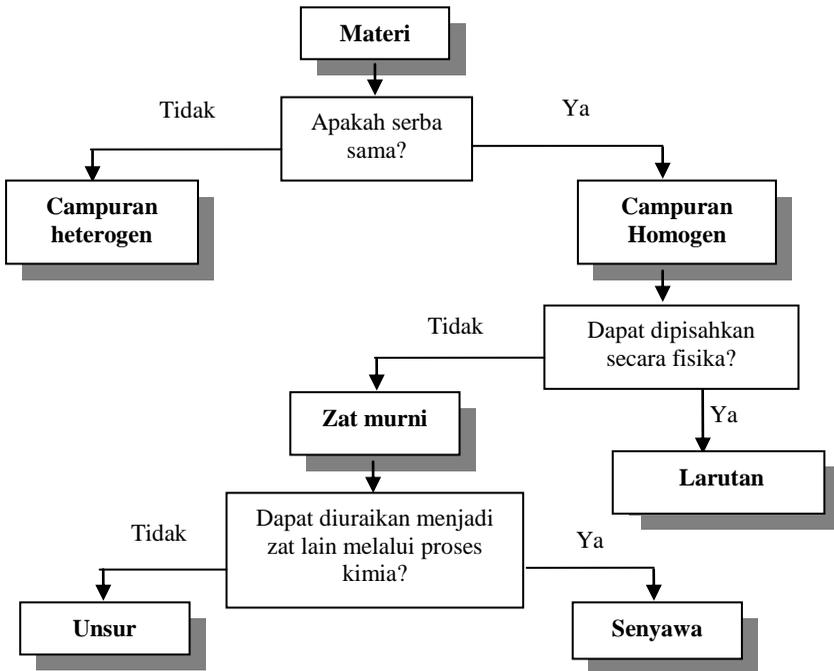
Air sebagai contoh, memiliki kerapatan 1,00g/mL (pada suhu 20°C). Hal ini berarti jika kita memiliki air sebanyak 1,0 g, berarti menempati volume 1,0 mL jika kita memiliki air 20,0g, berarti menempati volume 20,0 mL, tetapi harga  $\rho$  nya tetap, yaitu 1,0 g/mL.

Dengan mengenali keadaan awal suatu materi dengan keadaan akhirnya dalam suatu perubahan materi, kita dapat membedakan perubahan fisika dan perubahan kimia. Perubahan fisika adalah perubahan materi yang tidak disertai dengan pembentukan jenis zat yang baru. Contoh es mencair, perubahan ini tidak merubah zat kimia dalam air, padatan maupun cairannya tetap air. Contoh yang lain adalah kamper atau iodium menyublim. Sedangkan perubahan kimia adalah perubahan materi yang menghasilkan jenis dan sifat materi yang berbeda dari zat semula. Contoh perkaratan besi, besi murni hanya terdiri dari unsur-unsur logam besi (Fe), sedangkan karat besi merupakan oksida besi dengan kandungan sejumlah air ( $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ), karat besi tidak dapat berubah lagi menjadi besi murninya. Contoh yang lain adalah pembuatan arang dari kayu dan makanan yang membusuk. Secara mudah perubahan kimia dapat ditunjukkan dengan terbentuknya gas, terbentuknya endapan terjadi perubahan suhu dan adanya perubahan warna.

## B. PENGGOLONGAN MATERI

Secara fisika, materi dapat digolongkan berdasarkan wujudnya, yakni materi berwujud padat, cair, dan gas. Sedangkan secara kimia, umumnya materi dapat digolongkan menjadi unsur, senyawa, dan campuran. Untuk memahami secara lebih mendalam tentang penggolongan materi perhatikan Gambar 1.1.

Banyak penggolongan materi yang kita kenal, sebagai contoh udara yang kita hirup (gas), bahan bakar mobil (cair), dan ubin yang kita injak (padat) bukan merupakan zat kimia murni. Kita dapat memilah atau membagi jenis-jenis materi ke dalam zat murni yang berbeda. Zat murni (biasanya disederhanakan sebagai zat) adalah materi yang memiliki komposisi dan sifat tertentu. Sebagai contoh air dan padatan garam merupakan komponen dari air laut yang merupakan zat murni.



Gambar 1.1.  
Klasifikasi Materi

Kita dapat mengklasifikasikan zat menjadi unsur dan senyawa. Unsur adalah zat yang tidak dapat diuraikan lagi menjadi zat yang lebih sederhana. Tiap unsur hanya dibentuk dari sejumlah tertentu suatu atom. Senyawa, kebalikannya, tersusun dari dua atau lebih unsur, jadi senyawa adalah zat murni yang dapat terurai membentuk zat lain yang lebih sederhana. Setiap senyawa mengandung dua atau lebih jenis atom.

Sedangkan materi yang terkandung dalam campuran adalah zat-zat yang berbeda. Campuran adalah gabungan dari dua atau lebih zat dengan komposisi yang variatif dan masih memiliki ciri dan sifat zat kimia asalnya. Sebagai contoh, secangkir kopi manis dapat mengandung (sedikit atau banyak), gula, kopi, dan air sebagai komponen penyusunnya yang masih memiliki ciri dan sifatnya masing-masing.

Suatu campuran, seperti tanah, batuan, dan kayu, memiliki komponen penyusun yang masih tampak dan dapat dibedakan, campuran seperti ini

disebut campuran heterogen. Sedangkan campuran, seperti udara, air teh manis, air laut, memiliki komponen penyusun yang tidak dapat dibedakan satu dengan lainnya, tetapi sifat masing-masing komponennya masih tetap, campuran seperti ini disebut campuran homogen, yang juga biasa disebut larutan. Melalui cara penyaringan, destilasi, rekristalisasi, sublimasi, dan kromatografi campuran homogen dapat dibedakan menjadi komponen-komponen pembentuknya.

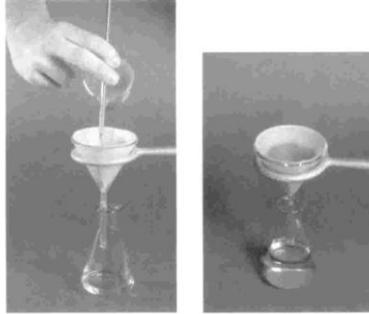
### C. PEMISAHAN CAMPURAN

Komponen-komponen yang membentuk suatu campuran dapat mempertahankan sifat-sifatnya sendiri karena itu kita dapat memisahkan komponen-komponen tersebut berdasarkan sifat khasnya tersebut. Sebagai contoh, campuran heterogen antara serpihan besi dan emas dapat dipisahkan satu sama lainnya dengan melihat perbedaan warnanya, atau lebih mudah lagi dengan menggunakan magnet untuk menarik serpihan besi, dan meninggalkan serpihan emas. Selain kedua cara tersebut, kita juga dapat memanfaatkan sifat kimia yang berbeda dari kedua jenis logam tadi berdasarkan perbedaan daya larutnya terhadap asam tertentu, beberapa asam dapat melarutkan besi, tetapi tidak melarutkan emas. Jadi jika kita memasukkan campuran serpihan besi dan emas ke dalam asam tertentu, besi akan larut, sedangkan emas tidak.

Cara pemisahan lain, misalnya untuk memisahkan campuran homogen (larutan) menjadi komponen-komponen pembentuknya, berupa pelarut dan zat terlarutnya, dapat dilakukan dengan cara menguapkan pelarutnya (air) yang mempunyai titik didih lebih rendah dari zat terlarutnya. Sebagai contoh, jika kita mendidihkan suatu larutan garam dalam suatu wadah, air akan teruapkan dan garam akan tertinggal tetap di wadahnya.

Berikut ini kita akan membahas secara lebih rinci, teknik-teknik pemisahan campuran.

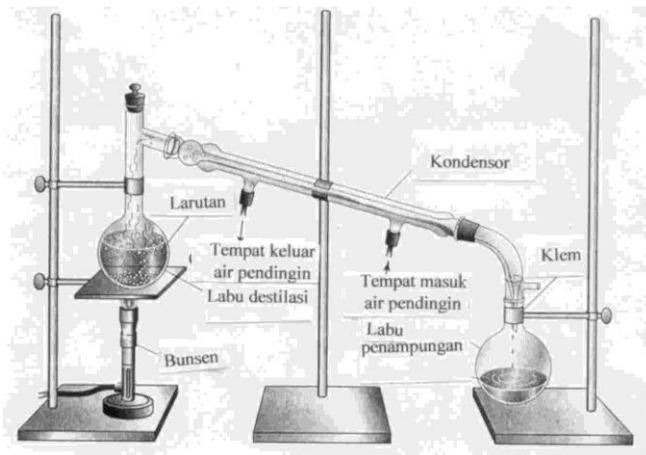
1. **Filtrasi**/penyaringan, yaitu pemisahan padatan dari larutan atau cairannya. Dalam reaksi kimia yang menghasilkan endapan, pemisahan endapan dari larutannya dilakukan dengan teknik ini. Perhatikan cara filtrasi pada Gambar 1.2 berikut:



Gambar 1.2.

Pemisahan dengan cara filtrasi, suatu campuran yang berupa padatan dan cairan dituangkan melalui media yang berpori (contoh kertas saring), cairan akan lolos melewati pori kertas saring, sedangkan padatan tertinggal di atas permukaan kertas saring

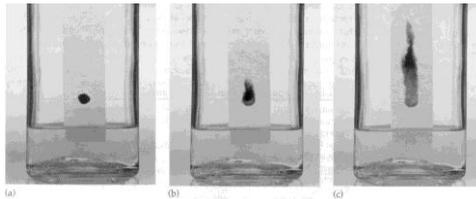
2. **Destilasi**, yaitu cara pemisahan berdasarkan perbedaan titik didih menggunakan peralatan penguapan yang dilengkapi dengan alat berdinding pendingin (kondensor), yang dapat mengubah uap kembali menjadi cairannya. Peralatan destilasi sederhana dapat dilihat pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3.

Peralatan destilasi sederhana, menggunakan kondensor berdinding “selimut air”, untuk memisahkan larutan berdasarkan perbedaan titik didih

3. **Rekristalisasi**, teknik ini biasa digunakan untuk memperoleh kristal murni yang tercampur dengan pengotornya, caranya adalah dengan melarutkan zat yang diinginkan tanpa melarutkan pengotornya, kemudian mengkristalkan kembali larutan tersebut.
4. **Sublimasi**, yaitu teknik untuk memperoleh kristal/padatan zat murni yang mudah menyublim (uapnya bisa dengan mudah mengkristal) dari pengotornya. Teknik ini dilakukan dengan cara menguapkan zat murninya pada wadah yang ditutup bagian atasnya dengan wadah berpendingin (misalnya air).
5. **Kromatografi**, yaitu teknik pemisahan berdasarkan perbedaan kemampuan suatu zat untuk melekat (dengan mekanisme tertentu) pada suatu permukaan padatan, seperti kertas atau kanji. Contoh pemisahan tinta secara kromatografi, dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4.

Pemisahan tinta menjadi komponen-komponennya dengan kromatografi kertas. (a) Air mulai bergerak ke atas. (b) Air bergerak memisahkan noda tinta, akibat perbedaan kecepatan kelarutan dari komponen tinta. (c) Air memisahkan tinta menjadi bagian-bagian komponennya yang berbeda

#### D. PARTIKEL-PARTIKEL MATERI

Bagian terkecil dari suatu materi dinamakan partikel. Partikel-partikel materi dapat dikelompokkan menjadi (1) Atom, merupakan partikel terkecil dari suatu unsur, (2) Molekul, merupakan gabungan dua atau lebih atom yang berasal dari unsur yang sama (disebut molekul unsur) atau dengan atom unsur yang berbeda (disebut molekul senyawa), dan (3) Ion, merupakan atom atau gugus atom yang bermuatan listrik.

Pembahasan lebih dalam tentang atom, molekul dan ion akan dipelajari pada Modul 2.



## LATIHAN

---

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Perhatikan bagian-bagian perubahan yang terjadi pada pembakaran lilin. Bedakan, apakah termasuk perubahan fisika atau perubahan kimia.
  - a) lilin meleleh, cairannya turun ke bawah dan memadat kembali;
  - b) sumbu pada lilin berubah menjadi berwarna hitam;
  - c) keluar gas berwarna putih;
  - d) timbul nyala api berwarna merah.
- 2) Pemanasan kuat tanpa oksigen pada zat A, suatu padatan berwarna putih, menghasilkan zat putih baru B dan gas C serta zat lain sebagai pengotor. Zat B jika dipanaskan meleleh pada suhu tertentu dan tidak menghasilkan zat lain. Sedangkan gas yang dihasilkan sifatnya sama dengan gas hasil dari pembakaran karbon dalam oksigen. Tentukan apakah zat A, B, dan C termasuk unsur, senyawa atau campuran?
- 3) Sebutkan partikel materi terkecil dari:
  - a) sukrosa, yang terdapat dalam gula pasir;
  - b) emas murni;
  - c) asam asetat, yang terdapat dalam cuka murni;
  - d) asam sulfat, yang terdapat dalam air aki.
- 4) Bahan bakar seperti minyak tanah, bensin, dan solar merupakan cairan yang berasal dari minyak bumi, terangkan bagaimana cara pemisahannya!
- 5) Suatu campuran diduga mengandung garam, bubuk tembaga, dan padatan kecil besi. Bagaimana cara memisahkan ketiga zat tersebut?

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Pahami betul perbedaan antara perubahan fisika dan perubahan kimia.
- 2) Unsur dan senyawa dapat dibedakan melalui kemampuan terurainya menjadi zat lain melalui reaksi kimia biasa. Sedangkan campuran dapat dibedakan dari unsur dan senyawa melalui wujudnya atau melalui proses fisika.
- 3) Cari rumus kimia dari materi yang ditanyakan dan pelajari sifatnya.

- 4) Fraksi-fraksi minyak bumi mempunyai perbedaan titik didih yang tajam sehingga cara pemisahannya berdasarkan perbedaan sifat ini.
- 5) Perhatikan sifat masing-masing zat, kemudian tentukan cara pemisahan yang sesuai.



## RANGKUMAN

---

1. Berdasarkan pengamatan pada keadaan awal dan keadaan akhir dari suatu perubahan, perubahan dapat dibedakan menjadi perubahan fisika dan perubahan kimia. Perubahan fisika adalah perubahan materi yang *tidak* disertai dengan pembentukan materi yang sifatnya berbeda, sedangkan perubahan kimia disertai dengan pembentukan materi baru yang sifatnya berbeda dari materi awal.
2. Materi dapat dikelompokkan menjadi unsur, senyawa dan campuran. Unsur adalah zat murni yang tidak dapat diuraikan lagi menjadi zat yang lebih sederhana. Senyawa adalah zat murni yang dengan proses kimia biasa masih dapat diuraikan menjadi zat lain yang lebih sederhana. Campuran adalah gabungan dari beberapa zat murni.
3. Berdasarkan sifat khas dari komponen penyusun campuran, kita dapat memisahkan komponen-komponen campuran dengan cara penyaringan/filtrasi, rekristalisasi, sublimasi, destilasi, dan kromatografi.
4. Partikel terkecil suatu materi dapat berupa atom, molekul, atau ion. Atom adalah partikel terkecil unsur. Molekul adalah gabungan atom-atom yang berasal dari unsur yang sama atau berbeda. Sedangkan ion adalah atom atau kelompok atom yang bermuatan listrik.



## TES FORMATIF 1

---

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Beberapa contoh perubahan materi yang sering kita alami dalam kehidupan sehari-hari adalah (1) fermentasi pada pembuatan tape, (2) besi berkarat, (3) fotosintesis, (4) bensin menguap, dan (5) kamper menyublim.  
Hal yang merupakan perubahan kimia adalah ....  
A. (1), (2), dan (3)  
B. (1), (3), dan (5)

- C. (2), (3), dan (5)  
D. (2), (4), dan (5)
- 2) Proses pemurnian gula dari zat lain dalam air tebu dilakukan melalui proses ....  
A. sublimasi  
B. filtrasi  
C. rekristalisasi  
D. destilasi
- 3) Iodin merupakan salah satu contoh zat yang memiliki perbedaan titik leleh dan titik didih yang tidak begitu besar sehingga pemurnian iodin dari pengotornya biasa dilakukan dengan cara ....  
A. rekristalisasi  
B. filtrasi  
C. kromatografi  
D. sublimasi
- 4) Di antara zat berikut, yang partikelnya berupa molekul adalah ....  
A. garam dapur  
B. gula pasir  
C. air aki  
D. soda kue
- 5) Di antara perubahan berikut, yang tidak menunjukkan terjadinya reaksi kimia adalah ....  
A. perubahan massa  
B. terjadi endapan  
C. perubahan warna  
D. timbul bau
- 6) Salah satu contoh materi yang merupakan campuran homogen adalah ...  
A. air lumpur  
B. udara  
C. alkohol murni  
D. besi
- 7) Air merupakan salah satu contoh senyawa. Berikut ini yang *bukan* merupakan alasan pendukung dari pernyataan tersebut adalah ....  
A. terbentuk dari unsur hidrogen dan oksigen  
B. air dapat terurai menjadi  $H_2$  dan  $O_2$  melalui proses elektrolisis

- C. air merupakan zat murni yang tidak dapat dipisahkan secara fisika  
 D. unsur pembentuknya, yaitu H<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> masih tampak
- 8) Berikut ini beberapa contoh perubahan materi ....  
 (1) pembuatan garam dari air laut  
 (2) pembuatan yoghurt dari susu  
 (3) pembuatan tepung dari beras  
 (4) pengembangan kue menggunakan soda  
 Termasuk perubahan kimia adalah ....  
 A. (1) dan (2)  
 B. (1) dan (3)  
 C. (2) dan (3)  
 D. (2) dan (4)
- 9) Di antara contoh zat berikut yang *bukan* merupakan unsur adalah ....  
 A. raksa  
 B. aluminium  
 C. perunggu  
 D. tembaga
- 10) Emas dan tembaga mempunyai warna yang hampir sama, apabila kita ingin memisahkan kedua logam tersebut, cara yang dapat dilakukan adalah ....  
 A. filtrasi  
 B. pelarutan  
 C. destilasi  
 D. kromatografi

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali  
 80 - 89% = baik  
 70 - 79% = cukup  
 < 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

## KEGIATAN BELAJAR 2

## Larutan dan Sifatnya

## A. PENGERTIAN LARUTAN

Salah satu bentuk campuran yang paling penting dalam kajian ilmu kimia adalah larutan, yaitu campuran homogen antara dua atau lebih zat yang komposisinya dapat diatur dan sifat masing-masing zat penyusunnya masih tampak. Komponen pembentuk larutan adalah pelarut dan zat terlarut.

Pelarut adalah zat yang digunakan sebagai media untuk melarutkan zat lain, biasanya (tidak selalu) memiliki jumlah lebih besar dari zat terlarutnya, dan wujudnya tetap. Sedangkan zat terlarut adalah zat yang melarut dalam suatu pelarut, biasanya (tidak selalu) memiliki jumlah lebih sedikit dari pelarutnya, dan wujudnya berubah. Sebagai contoh sirup meskipun dalam sirup air lebih sedikit dibanding gula, tetapi air tetap berwujud cair, sedangkan gula berubah dari padat menjadi larutan maka air tetap sebagai pelarut dan gula sebagai zat terlarut. Pada larutan yang berwujud cair, cairannya merupakan pelarut dan komponen lain yang berupa gas dan padatan merupakan zat terlarut.

Pengertian larutan tidak hanya terbatas pada sistem larutan yang berwujud cair, dapat juga berupa padatan atau gas. Sebagai contoh “alloy”, paduan logam, seperti kuningan dan perunggu, merupakan larutan yang berwujud padat; serta udara di sekitar kita merupakan larutan dari campuran gas nitrogen, oksigen, karbon dioksida, argon dan gas lainnya. Pada Tabel 1.1 berikut kita pelajari beberapa contoh larutan.

Tabel 1.1.  
Contoh-contoh Larutan

Wujud Larutan	Wujud Pelarut	Wujud Zat Terlarut	Contoh
Gas	Gas	Gas	Udara
Cair	Cair	Gas	Oksigen dalam air
Cair	Cair	Cair	Alkohol dalam air
Cair	Cair	Padat	Garam dalam air
Padat	Padat	Gas	Hidrogen dalam paladium
Padat	Padat	Cair	Raksa dalam perak
Padat	Padat	Padat	Perak dalam emas

## B. LARUTAN ELEKTROLIT DAN NON-ELEKTROLIT

Suatu zat padat yang dilarutkan dalam suatu pelarut tertentu, dalam larutannya dapat berbentuk molekul maupun ion. Sebagai contoh, garam dapur melarut dalam air membentuk ion-ion yang dapat bergerak bebas ke seluruh medium larutan. Sebaliknya gula pasir terlarut di air dalam bentuk molekulernya. Zat yang dalam air membentuk ion-ion dinamakan zat elektrolit dan larutannya disebut larutan elektrolit, sedangkan yang dalam air membentuk molekul dinamakan zat non-elektrolit dan larutannya disebut larutan non-elektrolit.

Untuk membedakan larutan elektrolit dan non-elektrolit dapat dilakukan dengan menguji sifat hantaran listriknya, dengan peralatan sederhana berupa uji nyala lampu. Peralatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.5. berikut.



Gambar 1.5.

Alat untuk menguji larutan elektrolit dan non-elektrolit: (a) larutan elektrolit ditandai dengan menyalnya lampu, dan (b) larutan non-elektrolit ditandai dengan tidak menyalnya lampu

## C. KONSENTRASI LARUTAN

Untuk mengetahui komposisi larutan, biasanya kita menyatakan secara kuantitatif kadar/konsentrasi suatu zat terlarut dalam larutannya, sedangkan secara kualitatif, kita biasa menggunakan istilah larutan pekat dan larutan encer. Larutan pekat adalah larutan yang konsentrasi zat terlarutnya relatif besar, sedangkan larutan encer konsentrasi zat terlarutnya relatif kecil.

Satuan untuk menyatakan konsentrasi zat terlarut dalam larutannya (yang tidak dikaitkan dengan satuan mol), di antaranya persen berat (%b/b), persen volume (%v/v), dan bagian per juta atau part per million (bpj/ppm). Adapun rumusan ketiga satuan tersebut adalah sebagai berikut.

$$\text{Persen berat zat A} = \frac{\text{Berat zat A}}{\text{Berat total (pelarut + zat terlarut)}} \times 100\%$$

$$\text{Persen Volum zat A} = \frac{\text{Volume zat A}}{\text{Volume total (pelarut + zat terlarut)}} \times 100\%$$

$$\text{Bpj/ppm zat A} = \frac{\text{Kadar zat A}}{\text{Kadar larutan}} \times 10^6$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan konsentrasi suatu larutan

*Contoh soal 1:*

Bagaimana cara Anda membuat larutan 5,0% (b/b) NaCl dalam air, jika diketahui massa jenis air = 1,0 g/mL?

*Penyelesaian:*

5,0%(b/b) NaCl berarti 5,0 g NaCl dalam 100,0 g larutan. Kita mengetahui bahwa massa/berat larutan adalah jumlah massa zat terlarut dan pelarutnya, jadi jika massa zat terlarut = 5,0 g maka massa pelarutnya = 95,0 g. Karena air berwujud cair maka biasanya pengukuran dengan satuan volume. Diketahui bahwa massa jenis air = 1,0 g/mL maka untuk 95,0 g air volumenya = 95,0 mL.

Jadi, untuk membuat larutan NaCl 5,0% (b/b) dilakukan dengan cara melarutkan 5,0 g NaCl murni dalam 95,0 mL air. ( biasanya menggunakan alat labu takar).

*Contoh soal 2:*

Apabila diketahui kadar ion fluorida di dalam air laut adalah 2,0 mg tiap 1000 g air laut, berapakah konsentrasi (dalam satuan ppm) ion tersebut?

*Penyelesaian:*

Kita mengetahui ppm/bpj adalah bagian per juta (tentu saja satuan jumlah zat yang dibandingkan harus sama). Jadi supaya satuannya sama, misalnya digunakan mg maka 1000 g = 1000.000 mg, jadi:

$$\text{Bpj/ppm ion F} = \frac{\text{Massa ion F}^-}{\text{masa air laut}} \times 10^6$$

$$= \frac{2,0 \text{ mg}}{1 \times 10^6} \times 10^6 = 2,0 \text{ ppm}$$

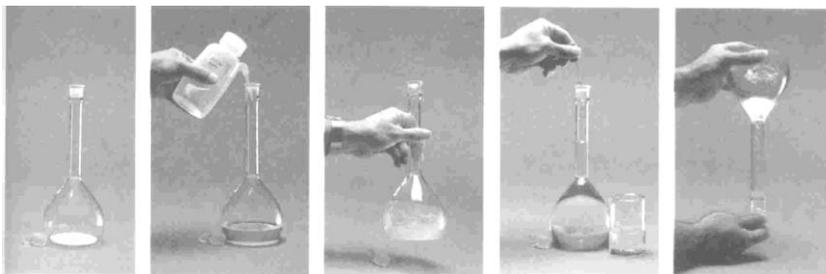
Jadi, konsentrasi ion  $\text{F}^-$  tersebut adalah 2,0 ppm.

#### D. PREPARASI LARUTAN

Setelah Anda mempelajari konsentrasi larutan dan contoh perhitungannya, salah satu kegiatan yang sangat berkaitan dengan konsep tersebut adalah preparasi larutan. Sebagian besar reaksi kimia berlangsung dalam bentuk larutan karena itu keterampilan dalam mempreparasi larutan merupakan hal yang sangat penting.

##### 1. Melarutkan Padatan

Umumnya konsentrasi larutan menyatakan perbandingan sejumlah tertentu zat terlarut dalam suatu larutan. Apabila zat terlarut berupa padatan maka langkah pekerjaan yang dilakukan adalah (a) menimbang secara akurat zat terlarut dengan neraca, (b) memasukkan zat terlarut ke dalam labu takar yang bersih dan kering (jika perlu dengan bantuan corong), (c) menambahkan aquades, (d) melarutkan zat terlarut dengan cara pengocokan, (e) setelah aquades ditambahkan sampai mendekati tanda batas, pipet tetes digunakan untuk membantu memasukkan aquades secara perlahan sampai volume larutan tepat pada tanda batas, (f) setelah ditutup rapat larutan dikocok sampai benar-benar homogen. Langkah-langkah tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.6. berikut.



Gambar 1.6.  
Preparasi Larutan dengan Cara Melarutkan Padatan

## 2. Mengencerkan dari Larutan yang Lebih Pekat

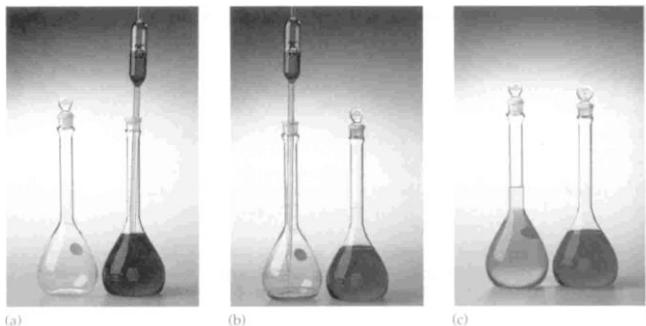
Apabila Anda akan membuat larutan dengan konsentrasi tertentu (yang lebih encer) dari larutan yang lebih pekat maka teknik pembuatannya adalah dengan cara mengencerkan, yaitu menambahkan sejumlah tertentu pelarut ke dalam larutan yang lebih pekat.

Bagaimana cara menentukan volume larutan pekat yang diambil dan volume pelarut yang ditambahkan?

Konsep utama untuk menjawab pertanyaan di atas adalah: mol larutan pekat = mol larutan encer, konsep mol akan Anda pelajari pada Modul 2.

Secara umum tahapan pekerjaan untuk proses pengenceran larutan adalah sebagai berikut.

- Memipet sejumlah tertentu larutan pekat (menggunakan pipet berskala/pipet gondok).
- Memasukkan larutan pekat ke dalam labu takar dengan volume tertentu.
- Mengencerkan dengan cara penambahan aquades sampai tanda batas, dan menghomogenkannya dengan cara dikocok. Langkah-langkah tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.7. berikut.



Gambar 1.7.  
Preparasi Larutan dengan Cara Pengenceran



## LATIHAN

---

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Tentukan zat terlarut dan pelarut dari contoh-contoh berikut:
  - a) baja
  - b) air sirup
  - c) cuka di pasaran
  - d) asap
  - e) air soda
- 2) Jelaskan cara pembuatan 1 L larutan glukosa,  $C_6H_{12}O_6$ , 25% b/b, jika diketahui massa jenis larutan adalah 1,05 g/mL!
- 3) Sebanyak 100 mL sampel air tanah ditemukan mengandung 21,6  $\mu\text{g}$  ion  $Zn^{2+}$ . Jika sampel tersebut massa jenisnya 1,05g/mL, tentukan konsentrasi  $Zn^{2+}$  dalam satuan ppm.
- 4) Jelaskan cara pembuatan 1 L sampel obat yang mengandung 2,0% v/v alkohol!
- 5) Kelompokkan larutan-larutan berikut menjadi larutan elektrolit dan non-elektrolit!
  - a) Larutan alkohol, yang digunakan untuk mengompres.
  - b) Larutan PK (kalium permanganat), yang digunakan untuk desinfektan.
  - c) Minyak goreng yang terbuat dari kelapa.
  - d) Minuman isotonik yang mengandung mineral-mineral.

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Tentukan komponen pembentuk larutannya, kemudian tentukan pelarut dan zat terlarutnya. Umumnya kadar pelarut dalam larutan lebih besar dari zat terlarutnya, tetapi yang utama bahwa sifat zat pelarut harus tetap.
- 2) Tentukan massa pelarut dengan cara mengkonversikan satuan volume dari larutan menjadi massa melalui massa jenis. Setelah didapat massa larutan, tentukan massa glukosa yang dibutuhkan agar didapat konsentrasi 25%. Setelah dihitung, timbang glukosa yang dibutuhkan kemudian larutkan sesuai prosedur D.1.

- 3) Ubah satuan volume larutan menjadi satuan massa ( $\mu\text{g}$ ). Kemudian gunakan rumusan konsentrasi ppm seperti pada bahasan bagian C.
- 4) Untuk 1 L larutan hitung volume alkohol yang dibutuhkan sehingga di dapat konsentrasi 2,0% v/v, kemudian larutkan seperti pada prosedur D.2.
- 5) Ingat bahwa senyawa molekular menghasilkan larutan non-elektrolit, sedangkan senyawa ionis menghasilkan larutan elektrolit.



## RANGKUMAN

---

1. Larutan dibentuk oleh pelarut, yang sifatnya tetap, dan zat terlarut, yang sifatnya berubah.
2. Larutan yang dibentuk oleh zat terlarut berupa senyawa molekular bersifat tidak dapat menghantarkan arus listrik, sedangkan jika zat terlarutnya senyawa ionis dapat menghantarkan arus listrik.
3. Konsentrasi larutan diantaranya dapat dinyatakan dengan %b/b, %v/v, dan ppm.
4. Secara umum pembuatan larutan dengan konsentrasi dan volume tertentu dilakukan dengan proses pelarutan padatan dan pengenceran.



## TES FORMATIF 2

---

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Larutan cuka yang dijual di pasaran, umumnya bertuliskan konsentrasi 25% v/v, apabila larutan tersebut volumenya 0,5L dan massa jenis cuka 1,0 g/mL maka pada pembuatan larutan cuka tersebut, massa asam cuka murni yang dilarutkan adalah ....
  - A. 2 g
  - B. 25 g
  - C. 50 g
  - D. 125 g
- 2) Berikut ini yang merupakan contoh larutan berwujud cair, berasal dari pelarut cair dan zat terlarut gas adalah ....
  - A. larutan cuka
  - B. larutan asam klorida

- C. elpiji (LPG), bahan bakar kompor di rumah tangga  
 D. larutan cuka
- 3) Suatu larutan alkohol dibuat dengan cara melarutkan 50 mL alkohol murni ke dalam 0,5 L aquades, %v/v larutan tersebut adalah ....  
 A. 0,1  
 B. 9,1  
 C. 9,9  
 D. 10
- 4) Peralatan gelas yang paling utama diperlukan pada pembuatan larutan dengan konsentrasi dan volume tertentu adalah ....  
 A. pipet volume  
 B. labu takar  
 C. corong  
 D. pipet tetes
- 5) Berikut ini yang termasuk contoh larutan non-elektrolit adalah ....  
 A. larutan gula  
 B. larutan kalium permanganat (PK)  
 C. larutan garam  
 D. larutan soda kue
- 6) Pada proses pembuatan larutan melalui pengenceran, satuan jumlah yang harus sama antara larutan pekat dan larutan encernya adalah ....  
 A. % b/b  
 B. % v/v  
 C. ppm  
 D. mol
- 7) Data percobaan pengujian elektrolit adalah sebagai berikut.

Sampel	Pengamatan Nyala Lampu
Air jeruk	Menyala redup
Minyak kelapa	Tidak menyala
Larutan garam	Menyala terang

Berikut ini adalah kesimpulan dari data pengamatan tersebut, *kecuali* ....

- A. minyak kelapa merupakan zat non-elektrolit  
 B. partikel pembentuk garam adalah molekul  
 C. larutan garam lebih dapat menghantarkan listrik dari pada air jeruk  
 D. air jeruk kurang bersifat elektrolit dibandingkan larutan garam

- 8) Jika kaporit sebanyak 3 mg dilarutkan dengan air sampai dihasilkan volume larutan 0,5 L dan massa jenis 1,0 g/mL maka dikatakan bahwa kadar kaporit dalam larutan adalah ....
- 1,5 ppm
  - 3,0 ppm
  - 4,5 ppm
  - 6,0 ppm
- 9) Materi berikut yang *bukan* larutan adalah ....
- air laut
  - gula pasir
  - perhiasan emas
  - perunggu
- 10) Suatu contoh batuan seberat 100 mg mengandung 25 mg perak dan 1 mg emas. Persen massa perak dan emas dalam batuan tersebut berturut-turut adalah ....
- 5% dan 1,25%
  - 12,5% dan 0,5%
  - 10% dan 2,5%
  - 25% dan 1%

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali  
 80 - 89% = baik  
 70 - 79% = cukup  
 < 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 3. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

## KEGIATAN BELAJAR 3

## Hukum-hukum Dasar Materi

## A. HUKUM KONSERVASI MASSA (HUKUM LAVOISIER)

Pernahkah Anda menimbang abu sisa pembakaran dari kayu?. Jika kita timbang abu tersebut maka massanya akan lebih ringan dari pada massa kayu sebelum dibakar. Benarkah demikian?

Kasus lain adalah jika kita punya sepotong besi yang dibiarkan di udara terbuka, pada suatu waktu kita menemukan bahwa besi itu telah berubah jadi karat besi. Jika kita timbang massa besi sebelum berkarat dan karat besi yang dihasilkan, ternyata massa karat besi lebih besar. Benarkah demikian?

Marilah kita telaah lebih dalam kedua kasus di atas. Benarkah dalam suatu reaksi kimia ada perbedaan massa zat sebelum dan sesudah reaksi?

*Penemuan Hukum Konservasi Massa*

Seorang kimiawan Perancis, Antoine Lavoisier, pada jamannya menemukan hal yang serupa dengan kasus di atas, yaitu ketika dia memanaskan raksa (Hg) dalam suatu wadah, ternyata dihasilkan zat berwarna merah dengan massa yang lebih besar daripada massa raksa sebelum dipanaskan. Pemanasan yang lebih kuat pada zat berwarna merah tersebut menghasilkan raksa kembali dengan massa seperti semula.

Hal ini mendorong ilmuwan tersebut untuk melakukan percobaan pemanasan raksa dalam labu tertutup yang berisi udara. Setelah beberapa hari, muncul zat berwarna merah tersebut, sedangkan massa udara yang tersisa berkurang. Berkurangnya massa udara sama persis dengan selisih massa raksa sebelum dipanaskan dan setelah dipanaskan. Dari percobaan tersebut juga diketahui bahwa udara sisa tidak dapat menyangga kehidupan (hewan mati bila dipaksa bernapas di dalamnya), dan tidak dapat digunakan untuk pembakaran (lilin tidak menyala di dalamnya). Jadi kalau begitu bagian dari udara itu ada yang bereaksi dengan raksa. Zat apakah itu? Sekarang kita tahu bahwa gas oksigen yang ada di udara bereaksi dengan raksa.

Dari percobaan tersebut, Lavoisier menemukan bahwa massa *zat-zat sebelum reaksi akan sama dengan massa zat-zat hasil reaksi*. Inilah yang disebut sebagai *hukum konservasi massa dari Lavoisier*.

Sebagai gambaran dari hukum konservasi massa, perhatikan data pembentukan natrium klorida, NaCl, dari logam natrium, Na, dan gas klor, Cl<sub>2</sub>, berikut.

1. 1,00 g Na + 1,54 g Cl<sub>2</sub> → 2,54 g NaCl
2. 2,00 g Na + 3,08 g Cl<sub>2</sub> → 5,08 g NaCl
3. 3,00 g Na + 4,62 g Cl<sub>2</sub> → 7,62 g NaCl

Bagaimana dengan kasus pertama yang telah dikemukakan di bagian awal kegiatan belajar ini, yaitu kasus pembakaran kayu?

Mengapa massa abu yang tersisa lebih rendah dari massa kayu yang dibakar?

Massa kayu + massa oksigen = massa abu sisa + massa gas CO<sub>2</sub> + massa gas hasil pembakaran lain.

*Catatan:*

Gas hasil pembakaran terlepas ke udara, jadi yang ditimbang hanya abunya saja.

Dapatkah Anda menjelaskan mengapa massa karat besi lebih tinggi dari massa besi? Berlakukah hukum konservasi massa?

**B. HUKUM PERBANDINGAN TETAP (HUKUM PROUST)**

Pada tahun 1799, seorang ahli kimia Perancis, Joseph Louis Proust (1754-1826) mencoba menggabungkan hidrogen dan oksigen untuk membentuk air. Hasilnya dirangkum seperti pada tabel 1.2. berikut:

Tabel 1.2.  
Data yang Membuktikan Kebenaran Hukum Proust

Massa Hidrogen (gram)	Massa Oksigen (gram)	Massa Air yang terbentuk (gram)	Massa H : Massa O dalam air
1	8	9	1 : 8
2	16	18	1 : 8
3	24	27	.....
4	32	36	.....

Dari Tabel 1.2. terlihat, bahwa setiap 1 gram gas hidrogen bereaksi dengan 8 gram gas oksigen menghasilkan 9 gram air, setiap 2 gram gas hidrogen bereaksi dengan 16 gram gas oksigen membentuk 18 gram air, dst. Hal ini menggambarkan bahwa massa hidrogen dan massa oksigen yang terkandung dalam air memiliki perbandingan massa yang tetap yaitu 1:8, berapa pun banyaknya air yang terbentuk.

Dari percobaan yang dilakukannya, Proust mengemukakan teorinya yang terkenal dengan sebutan *hukum perbandingan tetap*. Perbandingan massa unsur-unsur penyusun suatu senyawa adalah tetap, tidak tergantung pada asal-usul senyawa tersebut atau cara pembuatannya.

Jika kita mereaksikan 3 gram hidrogen dengan 30 gram oksigen, apakah massa air yang terbentuk 33 gram?

$\text{H}_2$	+	$\text{O}_2$	$\rightarrow$	$2 \text{H}_2\text{O}$
1 g		8 g		9 g
2 g		16 g		18 g
3 g		24 g		27 g
3 g		30 g		? g
oksigen berlebih				

Massa hidrogen: massa oksigen yang dicampurkan adalah 3 : 30, padahal dalam air perbandingan massa hidrogen dan oksigen adalah 1:8. Artinya untuk 3 gram hidrogen diperlukan  $3 \times 8$  gram oksigen = 24 gram. Untuk kasus ini oksigen yang dicampurkan tidak bereaksi

semuanya, melainkan bersisa sebanyak  $30 - 24 \text{ gram} = 6 \text{ gram}$ . Berapa banyak air yang terbentuk dari 3 gram hidrogen dan 24 gram oksigen? Tentu saja 27 gram.

Contoh lain, jika terhadap 1,00 g natrium jumlah gas klor yang direaksikan sebanyak 4,00 g, apakah jumlah natrium klorida yang dihasilkan adalah 5,00 g? Ternyata jumlah natrium klorida yang dihasilkan adalah 2,54 g, berarti jumlah gas klor yang bereaksi dengan natrium hanya  $2,54 \text{ g} - 1,00 \text{ g} = 1,54 \text{ g}$ . Jadi perbandingan massa natrium dan gas klor tetap 1,00 g : 1,54 g atau jika dinyatakan dengan persen massa tetap 39,0 % : 61,0%.

*Contoh soal:*

Perbandingan massa karbon (C) dan massa oksigen (O) dalam senyawa  $\text{CO}_2$  adalah 3: 8 jika tersedia 6 gram karbon,

- berapa gram oksigen yang diperlukan?
- berapa gram karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang dihasilkan?

*Penyelesaian:*

Menurut Proust, perbandingan massa unsur-unsur yang membentuk suatu senyawa adalah tetap. Pada senyawa  $\text{CO}_2$  perbandingan massa karbon dan oksigen adalah 3 : 8, jadi jika tersedia 6 gram karbon

- Massa oksigen yang diperlukan adalah:  $\frac{8}{3} \times 6 \text{ g} = 16 \text{ g}$ .
- Massa  $\text{CO}_2$  yang dihasilkan (sesuai hukum kekekalan massa) adalah: massa sebelum reaksi (massa C + massa O) = massa setelah reaksi (massa  $\text{CO}_2$ )  
Jadi massa  $\text{CO}_2 = (6 + 16) \text{ g} = 22 \text{ g}$

### C. HUKUM PERBANDINGAN BERGANDA (HUKUM DALTON)

Komposisi kimia ditunjukkan oleh rumus kimianya. Dalam jenis senyawa yang sederhana, seperti air misalnya, dua unsur bergabung, masing-masing menyumbangkan jumlah atom tertentu untuk membentuk suatu senyawa. Lambang  $\text{H}_2\text{O}$  untuk air memperlihatkan bahwa satu molekul air mengandung 2 atom hidrogen dan 1 atom oksigen.

Para ahli kimia menemukan bahwa dua unsur sering bergabung dengan proporsi yang berbeda-beda, membentuk lebih dari satu macam senyawa. Misalnya, unsur hidrogen dan oksigen, di samping membentuk air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) juga membentuk senyawa lain, yaitu hidrogen peroksida ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Tabel 1.3 berikut memperlihatkan perbandingan massa hidrogen dan oksigen dalam dua senyawa yang berbeda tersebut.

Tabel 1.3.  
Data yang Mendukung Hukum Dalton

Unsur	Massa dalam $\text{H}_2\text{O}$	Massa dalam $\text{H}_2\text{O}_2$
Hidrogen	1 g	1 g
Oksigen	8 g	16 g

Untuk sejumlah massa hidrogen yang sama (misalnya 1 gram) maka perbandingan massa oksigen dalam kedua senyawa,  $H_2O$  dan  $H_2O_2$  adalah 8 : 16 atau sama dengan 1 : 2.

Contoh lain: Unsur nitrogen (N) dan unsur oksigen (O) di antaranya dapat membentuk senyawa NO dan  $NO_2$ . Pada massa N yang sama, misalnya 14 gram didapat perbandingan seperti pada tabel berikut.

Unsur	Massa dalam NO	Massa dalam $NO_2$
Nitrogen	14 g	14 g
Oksien	16 g	32 g

Pada massa N yang sama (misalnya 14 gram), ternyata perbandingan massa O dalam kedua senyawa tersebut adalah 16 : 32 atau sama dengan 1 : 2.

Dari temuan-temuan seperti itu, John Dalton (1766-1844) merumuskan suatu teori, yang disebut *Hukum Perbandingan Berganda* yaitu: Apabila dua unsur membentuk beberapa senyawa, perbandingan massa dari satu unsur yang bergabung dengan massa tertentu dari unsur lainnya merupakan perbandingan bilangan bulat.

*Contoh soal:*

Logam merkuri dan klor dapat bereaksi membentuk dua macam senyawa berikut: Senyawa 1, terbentuk dari 0,669 g merkuri dengan 0,118 g klor dan Senyawa 2, terbentuk dari 1,00 g merkuri dengan 0,355 g klor. Apakah data di atas sesuai dengan hukum perbandingan berganda?

*Penyelesaian:*

Menurut hukum perbandingan berganda jika dua unsur dapat membentuk beberapa senyawa maka massa satu unsur yang bergabung dengan massa tertentu unsur lain merupakan bilangan bulat.

Untuk Senyawa 1

Jika massa merkuri dibuat 1,00 g maka massa klor =

$$\frac{1}{0,669} \times 0,118g = 0.176g$$

Jadi untuk sejumlah massa merkuri yang sama (1,00 g).

massa klor (senyawa 1) : massa klor (senyawa 2) = 0,176 : 0,355 atau 1 : 2

Jadi, perbandingannya merupakan bilangan bulat.

## D. HUKUM PERBANDINGAN VOLUME DAN TEORI AVOGADRO

Penelitian terhadap sifat-sifat gas telah dilakukan para ahli pada awal abad ke-19. Di antaranya oleh ahli kimia Perancis, Joseph Louis Gay Lussac (1778-1850), yang telah melakukan serangkaian percobaan untuk mengukur volume gas-gas bereaksi.

Temuan Gay Lussac dikenal sebagai *Hukum Perbandingan Volume*, yang berbunyi: Pada temperatur dan tekanan yang sama, perbandingan volume gas-gas yang bereaksi dan volume gas hasil reaksi merupakan perbandingan bilangan bulat dan sederhana.

Pertanyaannya sekarang, mengapa demikian?

Untuk menjawab pertanyaan di atas, Amadeo Avogadro, seorang ahli fisika dari Italia mengajukan hipotesisnya yang terkenal (sekarang disebut Teori Avogadro).

*Teori Avogadro* berbunyi: Gas-gas yang volumenya sama, jika diukur pada temperatur dan tekanan yang sama mengandung jumlah molekul yang sama.

Sebagai contoh kasus dari percobaan, ditemukan bahwa volume gas hidrogen, gas oksigen, dan uap air yang dihasilkan memiliki perbandingan 2 : 1 : 2. Menurut Avogadro hal itu mesti terjadi karena perbandingan jumlah molekulnya juga sama.

*Contoh soal:*

Pada suhu dan tekanan tertentu, 6 L gas hidrogen,  $H_2$ , bereaksi dengan 2 L gas nitrogen,  $N_2$ , membentuk 4 L gas amoniak,  $NH_3$ .

- a. Apakah data di atas sesuai dengan hukum Gay Lussac?
- b. Jika gas nitrogen yang bereaksi (dengan sejumlah tertentu gas hidrogen) sebanyak  $12,044 \times 10^{23}$  molekul, berapakah jumlah molekul amoniak yang terbentuk?

*Penyelesaian:*

Menurut hukum Gay Lussac, pada temperatur dan tekanan yang sama, perbandingan volume gas-gas yang bereaksi dan volume gas hasil reaksi merupakan perbandingan bilangan bulat dan sederhana.

Sedangkan menurut teori Avogadro gas-gas yang volumenya sama, jika diukur pada temperatur dan tekanan yang sama mengandung jumlah molekul yang sama.

- a. perbandingan volume  $H_2 : N_2 : NH_3 = 6 : 2 : 4 = 3 : 1 : 2$  Jadi perbandingan volumenya merupakan bilangan bulat sesuai hukum Gay Lussac.
- b. Perbandingan volume  $N_2 : NH_3 = 1 : 2$ , jadi jika molekul gas  $N_2$  sebanyak  $12,044 \times 10^{23}$  maka molekul  $NH_3$  sebanyak:
- $$\frac{2}{1} \times 12,044 \times 10^{23} = 24,088 \times 10^{23} \text{ molekul}$$



### LATIHAN

---

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Pada pembakaran magnesium dengan oksigen membentuk magnesium oksida, 1,52 g magnesium tepat bereaksi dengan 1,00 g oksigen. Berapa gram magnesium oksida yang terbentuk jika magnesium yang dibakar sebanyak 7,6 g?
- 2) Tiga macam sampel zat padat terbentuk dari unsur X dan Y. Sampel 1 mengandung 4,31 g X dan 7,69 g Y; sampel 2 mengandung 35,9% X dan 64,1% Y; sampel 3 dihasilkan dari reaksi 0,718 g X dengan Y untuk membentuk 2,00 g sampel. Jelaskan bagaimana data tersebut dapat mendukung hukum komposisi tetap!
- 3) Belerang membentuk dua macam senyawa dengan flour. Pada salah satu senyawa ditemukan bahwa 0,447 g belerang bereaksi dengan 1,06 g flour, dan pada senyawa yang lain 0,438 g belerang bereaksi dengan 1,56 g flour. Tunjukkan bahwa data ini mendukung hukum perbandingan berganda!
- 4) Gas belerang dioksida,  $SO_2$ , bereaksi dengan gas oksigen,  $O_2$ , membentuk gas belerang trioksida,  $SO_3$ , dengan perbandingan volume berturut-turut sebesar 2 : 1 : 2. Jika gas  $SO_2$  yang direaksikan volumenya 2,24 L,
  - a) Berapakah volume gas  $SO_3$  yang dihasilkan pada suhu dan tekanan yang sama?

- b) Berapa jumlah molekul gas  $\text{SO}_3$  jika pada volume 22,4 L gas  $\text{SO}_2$  tersebut di atas setara dengan  $6,02 \times 10^{22}$  molekul gas  $\text{SO}_2$ ?

*Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Ingat hukum kekekalan massa bahwa massa zat sebelum dan setelah reaksi sama.
- 2) Perhatikan hukum Proust bahwa perbandingan massa zat yang menyusun suatu senyawa adalah tetap.
- 3) Perhatikan hukum Dalton bahwa jika unsur-unsur tertentu dapat membentuk dua macam senyawa atau lebih maka perbandingan massa unsur lain pada keadaan massa salah satu unsur tetap merupakan bilangan bulat dan sederhana.
- 4) a) Ingat bahwa menurut hukum perbandingan volume, pada temperatur dan tekanan yang sama, perbandingan volume gas-gas yang bereaksi dan volume gas hasil reaksi merupakan perbandingan bilangan bulat dan sederhana.  
b) Ingat bahwa menurut Avogadro, gas-gas yang volumenya sama, jika diukur pada temperatur dan tekanan yang sama mengandung jumlah molekul yang sama.



**RANGKUMAN**

---

1. Adanya perubahan pada suatu materi/zat *tidak* disertai dengan perubahan massa atau dengan kata lain massa zat sebelum reaksi sama dengan massa zat setelah reaksi, hal ini dikenal dengan hukum konservasi massa yang dikemukakan oleh Lavoisier.
2. Perbandingan massa unsur-unsur dalam suatu senyawa selalu tetap. Pernyataan ini dikenal dengan hukum perbandingan tetap yang dikemukakan oleh Proust.
3. Bunyi dari hukum perbandingan berganda yang dicetuskan oleh Dalton adalah apabila dua unsur membentuk beberapa senyawa, perbandingan massa dari satu unsur yang bergabung dengan massa tertentu dari unsur lainnya merupakan perbandingan bilangan bulat.
4. Hukum dasar tentang materi berwujud gas yang dikemukakan oleh Gay Lussac berbunyi “pada temperatur dan tekanan yang sama, perbandingan volume gas-gas yang bereaksi dan volume gas hasil

reaksi merupakan perbandingan bilangan bulat dan sederhana”, sedangkan Avogadro mengemukakan bahwa “Gas-gas yang volumenya sama, jika diukur pada temperatur dan tekanan yang sama mengandung jumlah molekul yang sama”.



### TES FORMATIF 3

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Berikut ini pasangan senyawa yang sesuai dengan hukum perbandingan berganda adalah ....
  - A.  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{H}_2\text{S}$
  - B.  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CCl}_4$
  - C.  $\text{SO}_2$  dan  $\text{SO}_3$
  - D.  $\text{NH}_3$  dan  $\text{PH}_3$
  
- 2) Perbandingan massa kalsium dan oksigen yang membentuk kalsium oksida adalah 71,47% : 28,53%. Jika massa oksigennya 5,7 g maka massa kalsium adalah ....
  - A. 28,60 g
  - B. 14,30 g
  - C. 7,15 g
  - D. 2,80 g
  
- 3) Data berikut yang tidak mengikuti hukum kekekalan massa, pada reaksi antara besi dan belerang menjadi besi(II) sulfida adalah .... (Ar Fe=56, S=32).

	Fe (gram)	S (gram)	FeS (gram)
A	7	4	11
B	28	20	48
C	21	12	33
D	42	24	66

- 4) Dua macam senyawa, yaitu  $\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dapat dibentuk oleh unsur H dan O. Hal ini sesuai dengan hukum ....
  - A. konservasi massa
  - B. Avogadro
  - C. perbandingan tetap
  - D. perbandingan berganda

- 5) Jika diketahui komposisi massa natrium, Na, dan klor, Cl, yang membentuk natrium klorida berturut-turut adalah: 39,34% dan 60,66% maka massa Cl yang bereaksi dengan 6 g Na adalah ....
- 37,00 g
  - 27,75 g
  - 18,50 g
  - 9,25 g
- 6) Reaksi di bawah ini yang *tidak* mengikuti hukum kekekalan massa adalah ....
- 2 g hidrogen bereaksi dengan 16 g oksigen membentuk 18 g air
  - 32 g belerang bereaksi dengan 64 g tembaga membentuk 96 g tembaga sulfida
  - 7 g besi bereaksi dengan 4 g belerang membentuk 11 g besi sulfida
  - 24 g magnesium bereaksi dengan 28 g nitrogen membentuk 52 g magnesium nitrida.
- 7) Pembentukan tembaga sulfida dari serbuk tembaga dan belerang sesuai dengan data berikut.

	Massa Tembaga (g)	Massa Belerang (g)	Massa Tembaga Sulfida (g)
1.	2,5	1,2	3,6
2.	3,0	1,5	4,5
3.	4,0	2,0	6,0

Data di atas sesuai dengan hukum ....

- Avogadro
  - Proust
  - Dalton
  - Gay Lussac
- 8) Berdasarkan data pada tabel soal nomor 7 maka perbandingan massa tembaga dan belerang adalah ....
- 2 : 1
  - 1 : 2
  - 1 : 3
  - 3 : 1

- 9) Pada P dan T tertentu 11,2 L gas  $O_2$  mengandung  $3,01 \times 10^{23}$  molekul  $O_2$  maka pada kondisi yang sama 22,4 L gas  $N_2$  mengandung  $6,02 \times 10^{23}$  molekul  $N_2$ . Hal ini sesuai dengan hukum ....
- Gay Lussac
  - Avogadro
  - Dalton
  - Lavoisier
- 10) Jika diketahui pada P dan T tertentu 2 L gas hidrogen bereaksi dengan gas klor membentuk 4 L gas hidrogen klorida maka volume gas klor adalah ....
- 1 L
  - 2 L
  - 4 L
  - 6 L

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 3 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 3.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali  
 80 - 89% = baik  
 70 - 79% = cukup  
 < 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

## Kunci Jawaban Tes Formatif

### *Tes Formatif 1*

- 1) A. Pada (1), (2) dan (3) terjadi perubahan sifat kimia zat.
- 2) C. Gula dilarutkan dan dipisahkan dari pengotornya kemudian dikristalkan
- 3) D. Lodin mudah menyublim.
- 4) B. Gula pasir tidak terbentuk dari ion-ion.
- 5) A. Perubahan massa bukan merupakan ciri terjadinya reaksi kimia.
- 6) B. Udara dibentuk dari beberapa macam gas yang sifat masing-masing gas masih ada.
- 7) D. Unsur-unsur pembentuk senyawa sifat asalnya tidak tampak lagi.
- 8) D. Pada 2 dan 4 terbentuk zat baru yang sifatnya berbeda dari asalnya .
- 9) C. Perunggu merupakan alloy dari dua macam logam.
- 10) B. Logam-logam mempunyai kelarutan yang berbeda pada pelarut tertentu.

### *Tes Formatif 2*

- 1) B. Massa jenis 1 g/mL maka  $25\% \text{ v/v} = 25\% \text{ g/V}$ ,  
jadi: massa =  $25\% \times 500 \text{ mL} = 125 \text{ g}$ .
- 2) B. Pada suhu ruangan HCl murni berwujud gas, air berwujud cair
- 3) D.  $\frac{50\text{mL}}{550\text{mL}} \times 100\% = 9,1\% \text{ v/v}$  .
- 4) B. Labu takar berfungsi untuk mengukur volume dan wadah untuk mengocok.
- 5) A. Gula tidak terionisasi di dalam air.
- 6) D. Mol zat terlarut tetap.
- 7) B. Dapat menghantarkan arus listrik adalah yang bersifat ionis.
- 8) D.  $\frac{3\text{mg}}{500.000\text{mg}} \times 10^6 = 6\text{ppm}$  .
- 9) B. Gula pasir murni merupakan senyawa.
- 10) D.  $\frac{25\text{mg}}{100\text{mg}} \times 100\% = 25\%$   $\frac{1\text{mg}}{100\text{mg}} \times 100\% = 1\%$  .

*Tes Formatif 3*

- 1) C. Perbandingan banyaknya O yang membentuk  $\text{SO}_2$  dan  $\text{SO}_3$  merupakan bilangan bulat.
- 2) B.  $\frac{71,47}{28,53} \times 5,7\text{g} = 14,3\text{g}$ .
- 3) B. Hukum kekekalan massa untuk pembentukan senyawa dari unsur-unsurnya akan terbukti jika perbandingan massa unsur-unsur pembentuknya sudah tertentu.
- 4) D. Perbandingan massa O pada kedua senyawa merupakan bilangan bulat.
- 5) D.  $\frac{60,66}{39,34} \times 6\text{g} = 9,25\text{g}$ .
- 6) D. Lihat komentar no. 3).
- 7) B. Hukum perbandingan tetap dikemukakan oleh Proust.
- 8) A. 2 : 1.
- 9) B. Pada P dan T sama, perbandingan volume gas sama dengan perbandingan jumlah molekulnya.
- 10) B. Perbandingan mol  $\text{H}_2$  dan  $\text{Cl}_2$  untuk membentuk  $\text{HCl}$  sama sehingga volumenya sama.

## Glosarium

Campuran	: gabungan dua atau lebih zat yang masih memiliki sifat kimia masing-masing zat pembentuknya.
Hipotesis	: penjelasan tentative terhadap satu seri hasil observasi atau fenomena alam.
Hukum komposisi tetap	: hukum yang menjelaskan bahwa komposisi unsur dalam senyawa murni selalu sama.
Hukum konservasi massa	: hukum yang menyatakan bahwa total massa hasil reaksi kimia sama dengan total massa pereaksinya; massa zat dalam reaksi kimia adalah konstan.
Massa	: ukuran jumlah materi dalam suatu objek; satuan standar internasional massa ditentukan dalam kg.
Materi	: segala sesuatu yang memiliki massa dan menempati ruang
Senyawa	: zat yang dibentuk dari dua atau lebih unsur yang disatukan secara kimia dalam perbandingan tertentu.
Unsur	: zat yang tidak dapat dibagi lagi menjadi zat yang lebih sederhana melalui reaksi kimia biasa.

## Daftar Pustaka

- Brady J.E. (1990). *General Chemistry Principles and Structure*. 5<sup>th</sup> Ed. New York: John Wiley & Sons.
- Brown T.L., LeMay H.E Jr. & Bursten B.E. (1997). *Chemistry The Central Science*. 7<sup>th</sup> Ed. London: Prentice-Hall International Inc.
- Gallagher R., Ingram P. & Whitehead P. (1996). *Co-Ordinated Science Chemistry*. 2<sup>nd</sup> Ed. New York: Oxford University Press.
- Oxtoby, David W., Nachtrieb & Norman H. (1987). *Principles Of Modern Chemistry*. 2<sup>nd</sup> Ed. Philadelphia: Saunders Golden Sunburst Series.
- Stanitski C.L., Eubanks L.P., Middlecamp C.H. & Stratton W.J. (2000). *Chemistry in Context Applying Chemistry to Society*. 3<sup>rd</sup> Ed. Boston: Mc Graw Hill.
- Sunarya, Y. *Kimia Dasar I Prinsip-prinsip Kimia Terkini*. 1<sup>st</sup> Ed. Bandung: Alkemi Grafisindo Press.
- \_\_\_\_\_. *Kimia Dasar II Berdasarkan Prinsip-prinsip Kimia Terkini*. 2<sup>nd</sup> Ed. Bandung: Alkemi Grafisindo Press.