

Larutan

Dra. Marheni M. Sc.



PENDAHULUAN

Banyak reaksi kimia yang penting berlangsung dalam lingkungan air. Karena itu kita perlu mengetahui dan mempelajari sifat larutan dalam air. Larutan adalah campuran homogen dari dua macam zat atau lebih. Bila larutan dibuat dengan melarutkan sedikit zat dalam air yang jumlahnya lebih banyak maka zat yang ada dalam jumlah sedikit disebut *zat terlarut*, sedangkan air yang jumlahnya lebih banyak disebut *pelarut*.

Larutan tidak hanya ada dalam bentuk cairan tetapi terdapat juga dalam bentuk gas, misalnya udara (udara merupakan campuran homogen dari beberapa gas seperti oksigen, nitrogen, karbon dioksida dan lain-lain), larutan berwujud padat misalnya logam campur. Larutan yang berbentuk cair seperti zat padat yang dilarutkan dalam air atau dua zat cair yang dicampurkan lebih banyak kita temui disekitar kita. Larutan yang berbentuk cair sangat penting bagi kita.

Modul 1 ini diberi judul '*Larutan*' yang terbagi dalam tiga (3) Kegiatan Belajar (KB), yaitu:

KB 1 : Larutan

Di dalamnya dibahas air sebagai pelarut universal, proses melarut, dan beserta contohnya.

KB 2 : Konsentrasi Larutan

Di dalamnya dibahas persen massa, persen volume, molaritas, molalitas, fraksi mol, bagian perjuta, cara mengubah satuan konsentrasi, dan contohnya.

KB 3 : Sifat Koligatif Larutan

Di dalamnya dibahas penurunan tekanan uap larutan, kenaikan titik didih larutan, penurunan titik beku larutan, tekanan osmosis larutan, sifat koligatif larutan elektrolit, dan contohnya.

Secara umum setelah mempelajari modul ini, Anda diharapkan dapat menjelaskan konsep larutan, konsentrasi dan sifat larutan. Lebih khusus, Anda diharapkan dapat:

- a. menjelaskan konsep tentang larutan dan memberi contoh larutan yang mempunyai wujud cair, padat dan larutan dalam wujud gas.
- b. menjelaskan konsep pelarut, zat terlarut, larutan pekat.
- c. menyebutkan dan menjelaskan 4 macam konsentrasi larutan.
- d. menghitung konsentrasi larutan dengan satuan M, m, %, X, ppm dan mengubahnya menjadi satuan konsentrasi yang diperlukan.
- e. memilih satuan konsentrasi yang tepat untuk larutan yang sangat encer, atau konsentrasi yang tidak dipengaruhi oleh suhu.
- f. menerangkan apa yang dimaksud dengan sifat koligatif larutan.
- g. menerangkan dengan diagram mengapa terjadi kenaikan titik didih dan penurunan titik beku larutan.
- h. menerangkan mengapa tekanan uap larutan lebih rendah dari tekanan uap pelarut.
- i. menerangkan mengapa sifat koligatif larutan elektrolit berbeda dengan sifat koligatif larutan non elektrolit.
- j. menjelaskan apa yang dimaksud dengan selaput semi permiabel, osmosis dan tekanan osmosis.

Dalam Modul 1 ini juga dilengkapi dengan soal-soal latihan beserta petunjuk jawaban latihan, rangkuman, tes formatif beserta kunci jawaban tes formatif yang diletakkan pada bagian akhir dari modul ini. Agar Anda dapat menguasai materi yang ada dalam Modul 1 ini dengan baik, silakan Anda baca semua materi modul ini serta mengerjakan soal-soal latihan dan tes formatif yang ada pada akhir modul ini.

Selamat belajar ! semoga Anda sukses !

KEGIATAN BELAJAR 1**Larutan**

Ada dua komponen penting larutan yaitu *zat terlarut* dan pelarut. Komponen yang jumlahnya lebih sedikit dinamakan zat terlarut (*solute*) sedang yang jumlahnya lebih banyak dinamakan pelarut. Larutan yang menggunakan air sebagai pelarut dinamakan larutan dalam air atau *aqueous*. Larutan yang mengandung zat terlarut dalam jumlah banyak dinamakan larutan pekat. Jika jumlah zat terlarut sedikit, dinamakan larutan encer. Istilah larutan biasanya mengandung arti pelarut cair dengan zat terlarut berbentuk padat, cair atau gas. Anda tentu tidak asing dengan contoh larutan yang berbentuk cair seperti bensin (campuran beberapa hidrokarbon cair), air laut (larutan yang mengandung garam NaCl dan garam lainnya dalam air) dan beberapa contoh lain.

Larutan dapat pula berbentuk padat dan gas. Contoh terbaik untuk larutan gas adalah udara yang terdiri dari gas N₂, O₂, CO₂, Ar dan gas lain dalam jumlah sedikit.

Dalam larutan padat, pelarutnya adalah zat padat. Campuran dari dua logam atau lebih yang membentuk larutan yang serba sama /homogen disebut *aliansi*. Suatu aliansi dibuat karena sifat-sifat yang sering menguntungkan diantaranya titik lebur, kekerasan, hantaran listrik dan tahan korosi. Anda tentu kenal dengan emas 22 karat atau 18 karat yang merupakan campuran antara emas murni dengan sedikit tembaga. Perunggu merupakan campuran dari tembaga dan timah, kuningan campuran homogen dari tembaga dan seng. Mata uang perak merupakan campuran dari perak dan tembaga, dan banyak contoh yang lain.

A. AIR SEBAGAI PELARUT UNIVERSAL

Air mempunyai fungsi yang sangat penting dalam kehidupan dan merupakan pelarut yang sangat baik. Air yang terdapat di danau, sungai, dan laut banyak mengandung zat yang terlarut di dalamnya. Air laut mengandung sekitar 3% zat padat terlarut yang berasal dari daratan dan dibawa aliran sungai dan erosi sejak ratusan bahkan ribuan tahun yang lalu. Zat yang larut umumnya berupa macam-macam garam yang mengandung ion natrium, kalsium, magnesium, sulfat, klorida, karbonat dan sejumlah ion lainnya. Ion-

ion ini sangat penting artinya bagi pertumbuhan makhluk hidup (tumbuhan dan air) yang hidup di air.

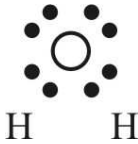
Kemampuan air untuk melarutkan banyak zat merupakan sifat air paling penting. Daya larut yang baik itu disebabkan oleh sifat molekul air yang mudah memasuki celah-celah atau ruang antara molekul dari zat-zat yang dilarutkannya. Kemampuan air untuk melarutkan berbagai zat ini yang menyebabkan air dapat membawa zat yang sangat penting seperti mineral, garam, asam amino atau zat organik lainnya ke dalam sel atau jaringan tubuh. Air dapat membawa zat terlarut di dalamnya melalui membran ke jaringan yang memerlukannya kemudian kembali dengan membawa zat yang sudah tidak diperlukan. Demikian juga tumbuhan tidak dapat menyerap mineral yang diperlukannya dari dalam tanah tanpa air. Oksigen dan karbondioksida yang dibutuhkan oleh hewan air tawar atau hewan laut diambilnya dari larutan air.

B. PROSES MELARUT

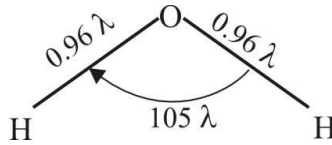
Kelarutan zat dalam suatu pelarut sangat bervariasi, karena itu akan lebih mudah bila kita mengetahui aturan umum yang dapat dipakai untuk meramalkan larutnya suatu zat dalam pelarut tertentu. Hingga saat ini aturan demikian masih belum ada, tetapi ada satu pegangan yang banyak digunakan untuk meramalkan sifat melarutnya zat-zat yang dikenal dengan "*like dissolves like*" atau partikel sejenis melarutkan partikel sejenis.

Yang dimaksud dengan "*like dissolves like*" adalah suatu pelarut yang polar akan lebih mudah melarutkan zat yang polar. Sedangkan pelarut yang nonpolar lebih mudah melarutkan zat yang nonpolar.

Molekul polar adalah suatu molekul yang distribusi muatan listriknya tidak simetri dan karenanya mempunyai momen dipole. Sebagai contoh misalnya molekul air (H_2O)



Gambar 1.1.
Menunjukkan struktur elektron dari air



Gambar 1. 2 Memperlihatkan 2 ikatan kovalen O - H yang membentuk sudut 105°.

Karena atom O lebih elektronegatif dari atom H, maka 2 pasang elektron ikatan lebih tertarik kearah atom O. Akibatnya atom O menjadi lebih negatif dan atom H menjadi lebih positif (seakan-akan kehilangan elektron). Karena molekul H₂O tidak simetri (dalam satu garis lurus) maka molekul H₂O menjadi berkutub atau polar.

CCl₄ adalah zat cair yang tidak polar, maka ia akan larut dengan baik dalam pelarut benzene (C₆H₆) yang juga tidak polar, tetapi sulit larut dalam air atau etanol yang polar. Hal ini disebabkan karena antara molekul-molekul polar terdapat gaya tarik antara satu dengan yang lain, sedangkan antara molekul nonpolar gaya tarik demikian dapat dianggap tidak ada. Bila dalam suatu campuran terdapat molekul polar dan nonpolar maka molekul-molekul polar akan saling menarik dan terpisah dari molekul tak polar. Sekarang Anda dapat menjelaskan mengapa berbagai lemak dan minyak tak dapat larut dalam air .

Senyawa dengan ikatan ion umumnya melarut dengan baik dalam pelarut yang polar. Untuk mengetahui polaritas suatu senyawa kita dapat melihat dari tetapan dielektriknya (lihat Tabel 1.1). Tetapan dielektrik bagi air sangat tinggi, berarti air sangat polar dan besar kemampuannya untuk melarutkan senyawa ion atau senyawa kovalen polar.

Tabel 1.1. Tetapan dielektrik beberapa pelarut.

Pelarut	Tetapan Dielektrik (D)
Air	80
Metanol	33,1
Aseton	21,4
Amonia	15,5
Klorobenzena	5,94
Toluen	2,38
Benzena	2,28

Disamping kepolaran pelarut, ada faktor lain yang dapat mempengaruhi kelarutan zat terlarut yaitu a) suhu dan b) tekanan.

Pada umumnya kenaikan suhu dapat menambah kelarutan zat-zat padat dalam pelarut air. Dengan naiknya suhu larutan, maka energi kinetik partikel/molekul-molekul di dalam larutan bertambah. Kelarutan gas pada umumnya berkurang dengan kenaikan temperatur. Sebab gas yang melarut di dalam air atau pelarut apapun membentuk kesetimbangan dengan gas yang berada diluar larutan. Kenaikan suhu menyebabkan gas meninggalkan larutan sehingga jumlah gas terlarut menjadi berkurang.

Larutan yang terbentuk dari gas-gas di dalam zat cair sangat dipengaruhi oleh tekanan. Seorang ahli kimia dan fisika Inggris William Henry menyatakan: kelarutan suatu gas di dalam suatu cairan berbanding langsung dengan tekanan parsial (tekanan bagian) dari gas tersebut di atas cairan. Contoh, bila tekanan bagian suatu gas dibuat 2 x lipat, maka kelarutannya di dalam cairan menjadi 2 x lipat. Sebaliknya bila tekanan parsial nya diperkecil menjadi separuhnya, maka kelarutannya akan berkurang menjadi separuh dari semula. Hal ini bisa Anda temukan sehari-hari, bila Anda membuka minuman ringan yang mengandung gas CO_2 , gas tersebut keluar dari larutan berbentuk gelembung gas. Mengapa ?



LATIHAN

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

1. Apa yang dimaksud dengan larutan, larutan encer dan larutan pekat ?
2. Apakah larutan hanya terdapat dalam wujud cair? Beri contoh 5 macam larutan cair, sebutkan zat terlarut dan pelarutnya!
3. Mengapa molekul air menjadi polar?
4. Apa yang dimaksud dengan “*like dissolves like*”?
5. Mengapa minyak tanah tidak dapat larut dalam air ?
6. Bila kita membuka minuman ringan yang mengandung gas CO_2 , akan keluar gelembung gas CO_2 dari dalam botol, mengapa ?

Petunjuk Jawaban Latihan

1. Anda tahu jawabannya bukan? Ya ini berhubungan dengan komponen larutan yaitu zat terlarut dan pelarut juga banyaknya zat yang terlarut
2. Anda tentu tidak kesulitan menjawab dan memberikan contoh, carilah contoh di lingkungan Anda seperti larutan teh, kopi, larutan gula/sirup, larutan garam, larutan cuka, alkohol, coca-cola, obat batuk dan masih banyak contoh yang lain.
3. Baca lagi modul di subbab proses melarut
4. *Like dissolves like* artinya suatu pelarut yang polar akan lebih mudah melarutkan zat yang polar, sedangkan pelarut nonpolar lebih mudah melarutkan zat yang non polar.
5. Anda tahu jawabannya bukan? Ini berhubungan dengan soal nomor. 4
6. Gas yang terlarut dalam minuman ringan yang mengandung gas CO_2 yang tertutup, tekanan parsial CO_2 nya tinggi. Bila tutup dibuka, maka tekanan parsial CO_2 langsung turun karena keluar dari botol (tekanan udara di luar lebih rendah). Karena tekanan parsial CO_2 turun maka kelarutan CO_2 berkurang dan sebagian keluar dari larutan berbentuk gelembung gas CO_2

**RANGKUMAN**

Secara fisik campuran ada yang homogen dan heterogen. Campuran yang homogen disebut larutan. Komponen larutan yang jumlahnya sedikit disebut zat terlarut, dan komponen yang jumlahnya lebih banyak disebut pelarut. Bila jumlah zat yang dilarutkan (zat terlarut) banyak dikatakan larutan pekat, sedang bila zat terlarutnya sedikit disebut larutan encer. Air disebut pelarut universal sebab air dapat melarutkan bermacam-macam zat.

Sifat melarutnya zat-zat dikenal dengan sebutan “partikel sejenis melarutkan partikel sejenis atau *like dissolves like*“, artinya pelarut yang polar akan lebih mudah melarutkan zat yang polar, sedangkan pelarut yang nonpolar lebih mudah melarutkan zat yang nonpolar juga. Larutan-larutan padat seperti aliase dibuat karena sifat-sifatnya yang menguntungkan diantaranya titik leburnya, kekerasan, hantaran listrik dan tahan korosi.

TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Yang *bukan* campuran homogen adalah
 - A. air dalam alkohol
 - B. oksigen dalam air
 - C. gula dalam bensin
 - D. garam dalam air

- 2) Adakalanya di pagi hari kita melihat kabut, yang merupakan campuran antara
 - A. gas dengan gas
 - B. gas dengan padat
 - C. cair dengan cair
 - D. cair dengan gas

- 3) Larutan *Coca-cola* yang kita minum merupakan larutan
 - A. gas dan padat dalam cair
 - A. padat dalam cair
 - C. gas dalam air
 - D. cair dan padat dalam cair

- 4) Air dinamakan pelarut universal karena
 - A. sebagian permukaan bumi ditutupi air
 - B. harganya murah dan mudah diperoleh
 - C. air mempunyai daya larut yang baik
 - D. air mempunyai molekul yang polar

- 5) Pernyataan yang *salah* di bawah ini adalah
 - A. larutan itu selalu jernih
 - B. larutan ada yang berbentuk gas
 - C. partikel zat terlarut dapat berbentuk ion
 - D. air hujan dapat dipakai sebagai pelarut

- 6) Yang *bukan* contoh larutan padat adalah
 - A. perunggu
 - B. kuningan
 - C. tembaga
 - D. baja

- 7) Diantara senyawa berikut, yang mudah larut dalam air adalah ...
- A. C_2H_5OH
 - B. C_6H_6
 - C. CCl_4
 - D. C_8H_{18}
- 8) Yang dimaksud dengan *like dissolved like* adalah ...
- A. cara menentukan pelarut
 - B. partikel sejenis mudah larut dalam partikel sejenis
 - C. pelarut polar dapat melarutkan zat yang polar dan nonpolar
 - D. pelarut nonpolar sukar melarutkan zat

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

Konsentrasi Larutan

Mempelajari larutan tidak cukup dengan memberi contoh dan menyebutkan komponen-komponen larutan saja. Ada aspek kuantitatif larutan yang penting kita ketahui yaitu konsentrasi larutan. Konsentrasi suatu larutan menyatakan jumlah zat terlarut dalam sejumlah larutan. Dalam kimia dikenal beberapa satuan konsentrasi dengan kelebihan dan kekurangannya. Berikut ini akan dibahas satuan konsentrasi yang dinyatakan dengan *persen massa*, *persen volume*, *molaritas*, *molalitas* fraksi mol, dan bagian perjuta.

1. Persen (%) massa :

Persen massa atau persen berat menyatakan massa zat terlarut per massa larutan

$$\% \text{ massa zat terlarut} = \frac{\text{Massa zat terlarut}}{\text{Masa larutan}} \times 100 \%$$

Contoh :

Bila 0,892 g kalium klorida (KCl) dilarutkan dalam 54,6 g air, berapa konsentrasi larutan dinyatakan dengan % massa ?

$$\% \text{ massa KCl} = \frac{\text{Massa KCl}}{\text{Masa larutan}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ massa KCl} = \frac{0,892 \text{ g}}{0,892 \text{ g} + 54,6 \text{ g}} \times 100 \% = 1,61 \%$$

2. Persen (%) volume

Persen Volume menyatakan volume zat terlarut per volume larutan.

$$\% \text{ volume zat terlarut} = \frac{\text{volume zat terlarut}}{\text{volume larutan}} \times 100 \%$$

Contoh :

Sejumlah 50 ml alkohol dicampur dengan 50 ml air menghasilkan 96,54 ml larutan

Hitung % volume alkohol!

$$\% \text{ volume. alkohol} = \frac{50 \text{ ml}}{96,54 \text{ ml}} \times 100 \% = 51,79 \%$$

3. Molaritas (M)

Konsentrasi molar atau molaritas merupakan salah satu konsentrasi yang banyak dipakai. Molaritas menyatakan jumlah mol zat terlarut yang terdapat dalam 1 L larutan.

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{Mol zat terlarut}}{\text{L larutan}}$$

Contoh :

Berapa molaritas larutan yang mengandung 4 g NaOH dalam 500 mL larutan?

$$\text{Mol NaOH} = 4 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} = 0,1 \text{ mol NaOH}$$

$$\text{molaritas larutan NaOH} = \frac{0,1 \text{ mol}}{0,5 \text{ L}} = 0,2 \text{ mol / L} = 0,2 \text{ M}$$

4. Molalitas (m)

Konsentrasi molal atau molalitas menyatakan jumlah mol zat terlarut yang terdapat dalam 1000 g (1 kg) *pelarut*.

$$\text{Molalitas (m)} = \frac{\text{Mol zat terlarut}}{\text{Massa (kg) larutan}}$$

Konsentrasi ini tidak dipengaruhi suhu karena merupakan perbandingan jumlah zat terlarut dan massa pelarut (massa zat tidak dipengaruhi suhu)

Contoh :

Hitung molalitas larutan asam sulfat yang mengandung 24,4 g asam sulfat dalam 198 g air. Massa molar asam sulfat = 98,08 g.

$$\text{Mol asam sulfat} = 24,4 \text{ g} \times \frac{0,1 \text{ mol}}{98,08 \text{ g}} = 0,24 \text{ mol}$$

$$\text{massa larutan} = (24,4 + 198) \text{ gram} = 222,4 \text{ gram} = 0,2224 \text{ kg}$$

$$\text{molalitas (m) asam sulfat} = \frac{\text{mol H}_2\text{SO}_4}{\text{massa larutan}} = \frac{0,24 \text{ mol}}{0,222 \text{ kg}} = 1,26 \text{ m}$$

5. Fraksi mol (X)

Menyatakan perbandingan jumlah mol satu komponen (zat terlarut atau pelarut) dengan jumlah mol total yang terdapat dalam larutan (mol zat terlarut + mol pelarut)

$$\text{Fraksi mol zat terlarut (Xzt)} = \frac{\text{Mol zat terlarut}}{\text{jumlah mol semua komponen}}$$

6. Bagian perjuta (bpj = ppm)

Satuan konsentrasi ini dipakai untuk larutan yang sangat encer. Karena larutan sangat encer, maka rapatan/massa jenis larutan dapat dianggap = 1. Konsentrasi ini dinyatakan dengan :

$$\text{ppm} \frac{\text{Massa zat terlarut (mg)}}{\text{Massa larutan (10}^6 \text{ mg)}} = \frac{\text{Massa zat terlarut (mg)}}{\text{Massa larutan (kg)}} = \frac{\text{Massa zat terlarut (mg)}}{\text{liter larutan}}$$

Selain satuan di atas, ada satu satuan yang sekarang jarang dipakai yaitu normalitas. Satuan ini menyatakan jumlah ekivalen zat yang terdapat dalam tiap liter larutan.

$$\text{Normalitas} = N = \frac{\text{Jumlah ekivalen zat}}{\text{Liter larutan}}$$

Dalam hal ini ekivalen menyatakan jumlah elektron yang dilepas atau diterima.

$$1 \text{ mol Al} = 3 \text{ ekivalen Al}$$

$$1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4 = 2 \text{ ekivalen. (dapat menghasilkan 2 mol ion H}^+ \text{)}$$

Bagaimana konsentrasi suatu larutan bila larutan tersebut diencerkan ? Pengenceran suatu larutan berarti penambahan pelarut ke dalam suatu larutan (jumlah mol zat terlarut tetap, jumlah pelarut bertambah). Pengenceran menyebabkan konsentrasi larutan menjadi lebih kecil. Perubahan molaritas dapat dihitung dengan :

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$V_1 M_1$: keadaan sebelum pengenceran

$V_2 \cdot M_2$: keadaan sesudah pengenceran.

Sebagai contoh misalnya : 100 mL larutan NaOH 0,5 M ditambah air sebanyak 400 mL. maka konsentrasi larutan setelah diencerkan adalah :

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$100 \text{ mL} \cdot 0,5 \text{ M} = 500 \text{ mL} \cdot M_2$$

$$M_2 = \frac{50 \text{ ml M}}{500 \text{ ml}} = 0,1 \text{ M}$$

Selain pengenceran, perubahan konsentrasi dapat terjadi karena beberapa larutan yang sejenis dicampurkan. Konsentrasi larutan yang seperti ini dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_{\text{camp}} \cdot M_{\text{camp}} = V_1 M_1 + V_2 M_2 + V_3 M_3 + \dots$$

$$M_{\text{camp}} = \frac{V_1 M_1 + V_2 M_2 + V_3 M_3}{V_1 + V_2 + V_3}$$

Contoh :

Sejumlah 25 mL larutan NaOH 0,4 M dicampur dengan 175 mL larutan NaOH 0,2 M. Konsentrasi campuran tersebut adalah :

$$M_{\text{camp}} = \frac{25 \text{ mL} \cdot 0,4 \text{ M} + 175 \text{ mL} \cdot 0,2 \text{ M}}{(25+175) \text{ ml}} = 0,225 \text{ M}$$

Mengubah satuan konsentrasi

Masing-masing satuan konsentrasi dipakai untuk keperluan yang berbeda-beda. Konsentrasi yang dinyatakan dengan fraksi mol, umumnya dipakai untuk menghitung tekanan parsial gas dan yang berhubungan dengan tekanan uap larutan (dibahas dalam sifat koligatif larutan). Kelebihan konsentrasi molar terutama karena bagi kita lebih mudah mengukur volume larutan dengan teliti dari pada menimbang beratnya, konsentrasi ini banyak dipakai dalam analisis volumetri.

Satuan konsentrasi yang tidak dipengaruhi suhu adalah molalitas, konsentrasi ini dinyatakan dengan mol zat terlarut dan massa pelarut. Sama dengan molalitas, konsentrasi yang dinyatakan dengan persen massa juga tidak dipengaruhi suhu. Untuk keperluan eksperimen ada kalanya kita harus mengubah satuan konsentrasi larutan, dalam hal ini kita memerlukan satu faktor pengubah yaitu massa jenis atau rapatuan larutan.

Pendekatan umum bagi kita dalam konversi/mengubah konsentrasi larutan adalah dengan mengetahui : a) satuan konsentrasi awal, b) kuantitas yang diperlukan dalam satuan konsentrasi akhir, c) faktor tambahan yang mungkin diperlukan, seperti rapatan /masa jenis larutan

Contoh :

Larutan etanol dibuat dengan melarutkan 10 mL etanol, C_2H_5OH (rapatan = 0,789 g/mL) dengan air secukupnya dalam labu ukur sampai menghasilkan 100 mL larutan etanol dengan rapatan 0,982 g/mL. Berapa konsentrasi larutan ini dinyatakan dengan :

- persen volume
- persen massa
- molaritas
- molalitas
- fraksi mol

Jawab :

$$a. \text{ persen (\%) volume etanol} = \frac{10 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} \times 100 \% = 10 \%$$

- b. persen (%) massa etanol :

$$\text{massa 10 mL etanol} = 10 \text{ mL} \times \frac{0,789 \text{ g}}{1 \text{ mL}} = 7,89 \text{ g}$$

$$\text{massa 100 mL larutan etanol} = 100 \text{ mL} \times \frac{0,982 \text{ g}}{1 \text{ mL}} = 98,2 \text{ g}$$

$$\text{persen (\%) massa larutan etanol} = \frac{7,89 \text{ g}}{98,2 \text{ g}} \times 100 \% = 8,03 \%$$

- c. Molaritas etanol :

Di bagian (b) di atas dapat dihitung massa 10 mL etanol = 7,89 g

Massa rumus etanol, $C_2H_5OH = 46 \text{ g}$

$$\text{Mol 10 mL etanol} = 7,89 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{46 \text{ g}} = 0,171 \text{ mol}$$

$$\text{Konsentrasi molar (molaritas) 100 mL larutan etanol} = \frac{0,171 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}}$$

$$= 1,71 \text{ M}$$

d. Molalitas etanol

Dari bagian b) didapat massa 10 mL etanol = 7,89 g

Massa 100 mL larutan etanol = 98,2 g

Massa air yang ditambahkan = massa larutan – massa etanol = (98,2 - 7,89) g = 90,3 g air = 0,0903 kg

Mol 10 mL etanol = 0,171 mol (lihat bagian. c di atas)

Molalitas larutan = mol etanol / kg pelarut = 0,171 mol / 0,0903 kg air = 1,89 m

e. Fraksi mol etanol

Mol etanol = 0,171 mol (lihat bagian c di atas)

Massa air / pelarut = 90,3 g (lihat bagian d di atas)

Jumlah mol air = 90,3 / 18 = 5,02 mol

$$X_{\text{etanol}} = \frac{\text{Mol etanol}}{\text{Mol etanol} + \text{mol air}} = \frac{0,171 \text{ mol}}{0,171 \text{ mol} + 5,02 \text{ mol}} = 0,0329$$



LATIHAN

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

1. Suatu larutan KOH mengandung 5,6% massa KOH. Bila massa jenis/rapatan larutan = 1,1 g/mL, berapa:
 - a. molaritas larutan
 - b. molalitas larutan
 - c. fraksi mol larutan
2. 25 mL larutan HCl 0,1 M dicampur dengan 225 mL larutan HCl 0,2M. Berapa konsentrasi campuran larutan sekarang?
3. Suatu larutan dibuat dengan melarutkan 22,4 g MgCl₂ dalam 0,2 L air. Jika rapatan air murni 1,00 g/mL dan rapatan larutan yang dihasilkan 1,089 g/mL, hitung fraksi mol, molaritas dan molalitas larutan MgCl₂ ini!

Petunjuk Jawaban Latihan

- KOH dengan konsentrasi 5,6 % massa berarti larutan tersebut mengandung 5,6 g KOH dalam 100 g larutan. $M_r \text{ KOH} = 56$
Lakukan analisis soal, molaritas menyatakan mol/liter larutan, jadi :
Ubah 5,6 g KOH dalam mol
Ubah massa 100 g larutan menjadi volume dengan memakai rapatannya
Hasilnya adalah 1,1 M. b) 1,06 m dan c) $X_{\text{KOH}} = 0,018$
- Untuk soal ini Anda tinggal masukkan dalam rumus yang ada di halaman. 14
Konsentrasi larutan HCl setelah dicampur adalah 0.19 M
- Untuk menghitung fraksi mol, Anda hitung dulu mol MgCl_2 dan mol H_2O bila massa rumus $\text{MgCl}_2 = 95$ dan $M_r \text{ H}_2\text{O} = 18$.
Didapat $\text{MgCl}_2 = 0,235$ mol dan $\text{H}_2\text{O} = 11,1$ mol
Sekarang Anda sudah dapat menghitung $X_{\text{MgCl}_2} = 0,0207$.
Untuk menghitung molaritas, hitung dulu massa larutan = 22,4 g MgCl_2 + 200 g $\text{H}_2\text{O} = 222,4$ g
Kemudian ubah massa larutan menjadi volume dengan memakai rapatannya, dari perhitungan didapat volume larutan = 222,4 g / 1,089 gL⁻¹ = 204 mL
Di atas Anda sudah menghitung mol $\text{MgCl}_2 = 0,235$ mol
Molaritas $\text{MgCl}_2 = 0,235 \text{ mol} / 0,204 \text{ L} = 1,15 \text{ M}$
Molalitas = mol MgCl_2 / kg air = 0,235 mol / 0,2 kg = 1,18 mol/kg

**RANGKUMAN**

- Molaritas (M) = jumlah mol zat terlarut dalam 1 liter larutan
- Molalitas (m) = jumlah mol zat terlarut dalam 1000 g pelarut
- Persen massa = jumlah gram zat terlarut tiap 100 gram larutan
- Persen volume = jumlah mL zat terlarut dalam 100 mL larutan
- $$M_{\text{camp}} = \frac{V_1 M_1 + V_2 M_2 + V_3 M_3}{V_1 + V_2 + V_3}$$

**TES FORMATIF 2**

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Jika ke dalam 50 mL larutan NaOH 0,2M ditambah 150 mL air maka molaritas larutan sesudah diencerkan adalah
 - A. 0,066 M
 - B. 0,05 M
 - C. 0,55 M
 - D. 0,08 M

- 2) Larutan yang terjadi bila 1 mol zat dilarutkan dalam 100 gram pelarut disebut larutan
 - A. 0,1 molal
 - B. 1 molal
 - C. 0,1 molar
 - D. 1 ppm

- 3) Konsentrasi larutan yang dinyatakan dengan ppm atau bpj menunjukkan
 - A. gram zat terlarut per liter larutan
 - B. mg zat terlarut per ml larutan
 - C. gram zat terlarut per 100 mL larutan
 - D. mg zat terlarut per liter larutan

- 4) Suatu campuran terdiri dari 7,8 gram C_6H_6 dan 36 gram CCl_4 maka fraksi mol CCl_4 ($Mr C_6H_6 = 72$ dan $Mr CCl_4 = 154$) adalah
 - A. 0,863
 - B. 0,683
 - C. 0,386
 - D. 0,369

- 5) Larutan urea, $(NH_2)_2CO$ mengandung 20% berat urea, jumlah air yang terdapat dalam 1 kg larutan adalah
 - A. 600 gram
 - B. 400 gram
 - C. 200 gram
 - D. 100 gram

- 6) Berapa mL air yang harus ditambahkan ke dalam larutan HCl 0,5 M supaya dihasilkan 500 mL HCl 0,2 M?

- A. 100 mL
 B. 200 mL
 C. 300 mL
 D. 400 mL
- 7) Larutan HCl dengan konsentrasi 0,02 M bila dinyatakan dengan ppm adalah
 (Mr HCl = 36,5)
 A. 7300 ppm
 B. 730 ppm
 C. 3700 ppm
 D. 370 ppm
- 8) Fraksi mol C₂H₅OH dan H₂O dalam larutan alkohol yang konsentrasinya 46% massa adalah (Mr H₂O = 18 dan Mr C₂H₅OH = 46)
 A. fraksi mol alkohol = 0,75 ; fraksi mol air = 0,25
 B. fraksi mol alkohol = 0,65 ; fraksi mol air = 0,35
 C. fraksi mol alkohol = 0,35 ; fraksi mol air = 0,65
 D. fraksi mol alkohol = 0,25 ; fraksi mol air = 0,75

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

Sifat Koligatif Larutan

Beberapa sifat penting larutan ditentukan oleh jumlah zat terlarut dan tidak tergantung pada macam zat terlarut. Sifat ini disebut sifat koligatif (dari bahasa Latin *colligare*, “mengumpul bersama”) sebab sifat-sifat itu bergantung pada efek kolektif jumlah partikel terlarut, bukan pada sifat partikel. Sifat-sifat ini meliputi: Penurunan tekanan uap larutan, peningkatan titik didih, penurunan titik beku dan tekanan osmotik larutan.

1. Penurunan tekanan uap larutan

Jika suatu zat yang tidak mudah menguap (misalnya gula) dilarutkan dalam sebuah pelarut misalnya air, ternyata tekanan uap larutan lebih rendah dari tekanan uap pelarut, atau $P < P^o$. Hal ini disebabkan karena molekul-molekul gula (zat terlarut) menghalangi gerak molekul-molekul air (pelarut) dari bentuk cair ke bentuk uap.

Pada tahun 1887 Raoult menyatakan secara kuantitatif hubungan antara penurunan tekanan uap dengan fraksi mol zat terlarut sebagai berikut :

$$P = P^o \cdot X_A \quad \text{di mana} \quad \begin{array}{l} P = \text{tekanan uap larutan} \\ P^o = \text{tekanan uap pelarut} \\ X_A = \text{fraksi mol pelarut} \end{array}$$

Kita tahu bahwa $X_A + X_B = 1$ atau $X_A = 1 - X_B$

Dengan mensubstitusi persamaan di atas, dapat diturunkan rumus untuk menghitung penurunan tekanan uap larutan :

$$\begin{aligned} P &= P^o \cdot X_A \\ &= P^o \cdot (1 - X_B) \\ &= P^o - P^o \cdot X_B \\ P^o - P &= P^o X_B \quad \text{atau} \end{aligned}$$

$$\Delta P = P^o X_B \quad \text{di mana} \quad \begin{array}{l} \Delta P = \text{penurunan tekanan uap larutan} \\ P^o = \text{tekanan uap pelarut} \\ X_B = \text{fraksi mol zat terlarut} \end{array}$$

Jika dalam suatu pelarut dilarutkan beberapa zat terlarut, maka penurunan tekanan uapnya dapat dihitung dengan :

$$\Delta P = P^o (X_B + X_C + \dots X_n)$$

Untuk larutan yang sangat encer, rumus tersebut dapat dipakai untuk menentukan Mr zat terlarut :

$$\Delta P = P^{\circ} X_B \quad \text{di mana } X_B = \text{fraksi mol zat terlarut}$$

$$X_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

Dalam larutan yang encer, $n_B < n_A$ sehingga $X_B = \frac{n_B}{n_A}$ dan penurunan tekanan uap larutan dapat dihitung sebagai :

$$\begin{aligned} \Delta P &= P^{\circ} \frac{n_B}{n_A} \\ &= P^{\circ} \frac{W_B}{M_A} \times \frac{M_B}{W_A} \\ M_B &= \frac{P^{\circ}}{\Delta P} \cdot \frac{W_B}{W_A} \cdot M_A \end{aligned}$$

Contoh 1 :

Sejumlah 10 gram paraffin $C_{20}H_{42}$ dilarutkan dalam 50 gram benzene C_6H_6 . Tekanan uap benzene murni pada $50^{\circ}C$ adalah 300 mmHg. Berapa tekanan uap larutan pada suhu tersebut ?

Jawab : Mr $C_{20}H_{42} = 282$ dan Mr $C_6H_6 = 78$

$$\text{Mol paraffin} = 10 \text{ g} \times 1 \text{ mol} / 282 \text{ g} = 0,035 \text{ mol}$$

$$\text{Mol benzene} = 50 \text{ g} \times 1 \text{ mol} / 78 \text{ g} = 0,640 \text{ mol}$$

$$X_{\text{pelarut}} = X_{C_6H_6} = \frac{0,640 \text{ mol}}{0,675 \text{ mol}} = 0,948$$

$$\begin{aligned} P_{\text{larutan}} &= X_{\text{pelarut}} \times P^{\circ}_{\text{pelarut}} \\ &= 0,948 \times 300 \text{ mmHg} = 284 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

Contoh 2 :

Tekanan uap eter (Mr = 74) pada temperatur 293 K adalah 442 mmHg. Jika 3 gram senyawa A dilarutkan ke dalam 50 gram eter pada suhu ini, tekanan uap menjadi 426 mmHg. Hitung massa molekul relatif, (Mr) senyawa A tersebut?

Jawab :

$$\begin{aligned} M_r &= \frac{P^o}{\Delta P} \cdot \frac{W_B \cdot M_A}{W_A} \\ &= \frac{442}{(442 - 426)} \times \frac{3 \times 74}{50} = 122,6. \end{aligned}$$

Larutan yang mengandung beberapa zat yang mudah menguap.

Larutan yang mengandung C_6H_6 dan CCl_4 , keduanya (zat terlarut dan pelarut) cenderung mudah menguap. Dalam hal ini uap mengandung molekul-molekul zat terlarut dan pelarut. Oleh karena itu tekanan uap larutan merupakan jumlah dari tekanan parsial masing-masing komponen.

Suatu larutan yang mengandung komponen A dan komponen B yang keduanya mudah menguap, tekanan parsialnya adalah :

$$P_A = X_A \cdot P^o_A$$

$$P_B = X_B \cdot P^o_B$$

di mana :

P_B = tekanan parsial komponen B dalam larutan

P^o_B = tekanan uap B murni

X_B = fraksi mol B

$$\begin{aligned} \text{Tekanan total : } P_{\text{tot}} &= P_A + P_B \\ &= X_A \cdot P^o_A + X_B \cdot P^o_B \end{aligned}$$

Contoh 3 :

Suatu campuran mengandung 50 g CCl_4 dan 50 g $CHCl_3$. Tekanan uap CCl_4 murni pada $50^\circ C$ = 317 mmHg. Sedangkan tekanan uap $CHCl_3$ murni = 526 mmHg. Berapa tekanan uap campuran pada $50^\circ C$?

Jawab :

Untuk mengetahui tekanan uap campuran, kita harus mengetahui tekanan parsial masing-masing komponen, dengan menentukan fraksi mol masing-masing komponen. $M_r CCl_4 = 153,8$ dan $M_r CHCl_3 = 119,4$

$$50 \text{ g } CCl_4 = 50 \text{ g} \times 1 \text{ mol} / 153,8 \text{ g} = 0,325 \text{ mol}$$

$$50 \text{ g } CHCl_3 = 50 \text{ g} \times 1 \text{ mol} / 119,4 \text{ g} = 0,419 \text{ mol}$$

$$\text{jumlah mol komponen} = (0,325 \text{ mol} + 0,419 \text{ mol}) = 0,744 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned}
 X_{\text{CCl}_4} &= 0,325 \text{ mol} / 0,744 \text{ mol} = 0,437 \\
 X_{\text{CHCl}_3} &= 0,419 \text{ mol} / 0,744 \text{ mol} = 0,563 \\
 P_{\text{CCl}_4} &= X_{\text{CCl}_4} \times P^\circ_{\text{CCl}_4} \\
 &= 0,437 \times 317 \text{ mm Hg} = 139 \text{ mm Hg}
 \end{aligned}$$

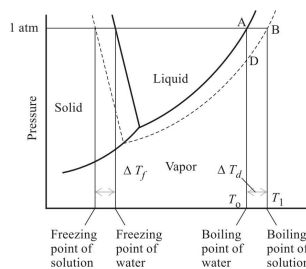
$$\begin{aligned}
 \text{Tekanan total} &= P_{\text{CCL}_4} + P_{\text{CHCL}_3} \\
 &= 139 \text{ mm Hg} + 296 \text{ mmHg} = 439 \text{ mmHg}
 \end{aligned}$$

2. Kenaikan Titik Didih Larutan

Bila air murni dipanaskan pada tekanan udara 1 atmosfer, maka air itu akan mendidih pada suhu 100°C , karena pada suhu itu tekanan uapnya sama dengan tekanan udara luar. Sekarang bila kita larutkan gula ke dalam air, maka pada suhu 100°C larutan itu belum mendidih. Larutan itu memerlukan suhu yang lebih tinggi lagi untuk mendidih. Hal ini disebabkan molekul-molekul gula menghalangi penguapan sebagian molekul-molekul air sehingga tekanan uapnya belum mencapai tekanan udara luar. Untuk ini diperlukan pemanasan yang lebih tinggi. Selisih antara titik didih larutan dengan titik didih air murni disebut kenaikan titik didih (ΔT_d)

Dengan percobaan dapat diamati bahwa larutan gula tebu (sacharosa) dan larutan glukosa yang konsentrasinya sama, akan mendidih pada suhu yang sama pula. Jika konsentrasinya tidak sama, maka kenaikan titik didihnya sebanding dengan konsentrasinya. Pengaruh konsentrasi pada kenaikan titik didih hanya tergantung pada jenis zat pelarutnya dan tidak pada jenis zat yang dilarutkan.

Perhatikan diagram di bawah ini :



Gambar 1.3. Diagram fasa yang menggambarkan penurunan titik beku dan kenaikan titik didih larutan.

Pada suhu di mana air mendidih ($A = T$), larutan (pada titik D) belum mendidih sebab tekanan uapnya masih lebih rendah dari tekanan udara luar (atmosfir).

Tekanan uap larutan akan sama dengan tekanan udara luar pada suhu yang lebih tinggi (B), ini berarti larutan akan mendidih pada suhu yang lebih tinggi yaitu T_1 .

Dari diagram terlihat bahwa titik didih larutan lebih tinggi dari air, selisih titik didih ini dinyatakan dengan ΔT_d , yang besarnya adalah :

$$\Delta T_d = T_d - T^{\circ}d$$

di mana :

T_d = titik didih larutan

$T^{\circ}d$ = titik didih pelarut

Untuk mengukur titik didih larutan Anda perlu hati-hati dalam memilih satuan konsentrasi zat terlarut. Dalam hal ini kita berhubungan dengan sistem (larutan) di mana suhunya tidak tetap, jadi kita tidak dapat menyatakan konsentrasi dengan satuan molar sebab molaritas dipengaruhi suhu. Untuk mengukur titik didih larutan dipakai konsentrasi molal (m).

Kenaikan titik didih yang disebabkan oleh 1 mol zat terlarut dalam 1000 gram pelarut ternyata mempunyai harga tetap dan disebut *tetapan kenaikan titik didih molal* (Kd). Masing-masing pelarut mempunyai Kd yang tertentu. Misalnya Kd air = $0,52^{\circ}\text{C}$ sedangkan Kd alkohol = $1,19^{\circ}\text{C}$

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa :

Untuk 1 mol zat dalam 1000 g pelarut, $\Delta T_d = Kd$

Untuk 2 mol zat dalam 1000 g pelarut, $\Delta T_d = 2 \times Kd$

Untuk m mol zat dalam 1000 g pelarut, $\Delta T_d = m \times Kd$

Jadi : $\Delta T_d = m \times Kd$

Dimana : ΔT_d = kenaikan titik didih larutan

m = konsentrasi molal zat terlarut

Kd = tetapan kenaikan titik didih molal pelarut

Kenaikan titik didih larutan dapat dipakai untuk menentukan massa rumus/massa molekul zat terlarut. Anda tentu masih ingat bahwa m (molalitas) larutan menyatakan :

$$m = \frac{\text{Mol zat terlarut}}{1000 \text{ g pelarut}} = \frac{W_B}{M_{rB}} = \frac{1000}{W_A}$$

W_B = massa zat terlarut

M_{rB} = massa molekul zat terlarut

W_A = massa pelarut

Sehingga untuk menghitung massa rumus zat terlarut, maka rumus di atas dapat ditulis sebagai:

$$\Delta T_d = K_d \cdot \frac{W_B}{M_{rB}} = \frac{1000}{W_A}$$

$$\text{Jadi : } M_{rB} = K_d \cdot \frac{W_B}{\Delta T_d} = \frac{1000}{W_A}$$

3. Penurunan Titik Beku Larutan

Titik beku larutan lebih rendah dari titik beku pelarutnya. Larutan gula misalnya, membeku di bawah suhu 0°C . Selisih antara titik beku larutan dengan titik beku pelarut disebut penurunan titik beku larutan, dinyatakan dengan ΔT_b . Penurunan titik beku larutan ini juga sebanding dengan konsentrasi zat terlarut. Hubungan ini dapat dinyatakan dengan rumus :

$$\Delta T_b = m \times K_b$$

di mana :

ΔT_b = penurunan titik beku larutan

m = konsentrasi molal zat yang dilarutkan

K_b = tetapan penurunan titik beku molal pelarut.

Seperti halnya dengan kenaikan titik didih, maka penurunan titik beku larutan ini juga dapat dipakai untuk menentukan massa molekul zat yang dilarutkan yaitu :

$$\Delta T_b = K_b \cdot \frac{W_B}{M_{rB}} \times \frac{1000}{W_A}$$

$$\text{Jadi : } M_{rB} = K_b \cdot \frac{W_B}{\Delta T_b} \times \frac{1000}{W_A}$$

Contoh 1:

Suatu larutan yang dibuat dengan melarutkan 1 gram senyawa dalam 30 gram benzena membeku pada $3,8^\circ\text{C}$. Titik beku benzena murni $5,50^\circ\text{C}$. Hitung massa molekul relatif zat terlarut. K_b benzene 5,12

Jawab :

$$\Delta T_b = m \times K_b$$

$$m = \frac{\Delta T_b}{K_b} = \frac{5,5 - 3,8}{5,12} = 0,332$$

$$m = \frac{\text{Mol zat}}{\text{kg pelarut}}$$

$$0,332 = \frac{1 / M_r}{0,030 \text{ kg}}$$

$$M_r = \frac{1}{0,332 \times 0,030} = 100$$

Contoh 2 :

Hitung titik beku air dalam radiator mobil yang berisi cairan dengan perbandingan 88 gram etilen glikol, ($\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) dan 160 gram air.

Jawab :

$$M_r \text{ etilen glikol} = 62$$

$$\text{Mol etilen glikol} = 88 / 62 = 1,4$$

$$\text{Molalitas larutan} = 1,4 \text{ mol} / 0,16 \text{ kg} = 8,8 \text{ m}$$

$$\Delta T_b = m \times K_b$$

$$= 8,8 \times 1,86 = 16$$

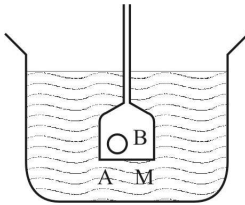
$$\text{titik beku larutan} = -16^\circ\text{C}$$

4. Tekanan Osmosis Larutan

Jika buah-buahan kering seperti kismis, kita masukkan ke dalam air, maka buah tersebut akan mengembang. Hal ini disebabkan karena air yang masuk menembus kulit buah lebih banyak dibandingkan air yang keluar kembali. Sedangkan molekul-molekul gula dari buah ini tidak bisa keluar menembus kulit buah. Peristiwa ini menyebabkan terjadinya tekanan dari dalam terhadap kulit buah sehingga buah-buahan mengembang. Kulit buah ini merupakan selaput semi permeable dan peristiwa ini disebut osmosis.

Secara umum, osmosis dinyatakan sebagai peristiwa mengalirnya pelarut dari larutan yang lebih encer ke larutan yang lebih pekat melalui suatu membran semi permeable. Sedangkan membran semi permeable adalah membran yang dapat dilalui oleh molekul pelarut, tetapi tidak dapat dilalui oleh partikel zat terlarut.

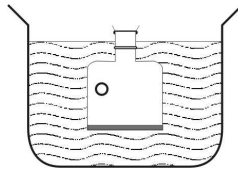
Corong seperti Gambar 1.4 di bawah ini bagian bawahnya ditutup dengan selaput yang mempunyai sifat semi permeable, yang dibuat dari kertas perkamen. Sebelum dimasukkan ke dalam bak yang berisi air, corong tersebut diisi dengan larutan gula. Setelah corong dicelupkan ke dalam bak, maka akan terjadi perpindahan air dari bak ke dalam corong. Ini dapat dilihat dari permukaan air dalam tangkai osmometer yang naik perlahan-lahan.



Keterangan :
 A = air
 M = Selaput semi permeable
 O = Osmometer

Gambar 1.4 : Osmometer

Perpindahan air ke dalam osmometer dapat dicegah dengan menggunakan suatu gaya. Dengan beban di atasnya, (lihat Gambar 1.4) maka aliran air ke dalam osmometer dapat dicegah. Gaya yang diperlukan untuk mengimbangi desakan air ke atas disebut tekanan osmotik larutan.



Keterangan :
 B = beban

Gambar 1.5. Osmometer dengan beban

Van't Hoff menyatakan bahwa ada hubungan antara sifat gas dan larutan.

Bila hukum gas dapat dinyatakan dengan : $P \cdot V = n R T$

Untuk larutan : $\pi V = n R T$

π = tekanan osmotik suatu larutan yang mengandung n mol zat terlarut dalam volume V liter pada suhu T karena $n/V = M$ (molar)

maka persamaan di atas dapat ditulis : $\pi = M R T$

di mana : R = tetapan yang besarnya $0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Contoh :

Suatu larutan mengandung 5,0 g protein dalam 0,2 L air mempunyai tekanan osmotik 0,0237 atm pada 27°C. Hitung Mr protein!

Jawab :

$$\pi = 0,0237 \text{ atm}$$

$$R = 0,082 \text{ L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1}$$

$$T = (273 + 27) = 300^{\circ}\text{K}$$

$$\pi = M \cdot R \cdot T$$

$$0,0237 \text{ atm} = \frac{5 \text{ g} / M_r}{0,2\text{L}} \times 0,082 \text{ L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} \times 300 \text{ K}$$

$$0,0237 \text{ atm} \times 0,2\text{L} = \frac{5}{M_r} \text{ mol} \times 0,082 \text{ L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} \times 300 \text{ K}$$

$$M_r = \frac{5 \text{ mol} \times 0,082 \text{ L atm K}^{-1}\text{mol}^{-1} \times 300 \text{ K}}{0,0237 \text{ atm} \times 0,2\text{L}} = 25949$$

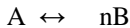
5. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

Larutan asam, basa dan garam menunjukkan penurunan titik beku dan kenaikan titik didih yang abnormal. Artinya titik beku dan titik didih yang kita tentukan dengan eksperimen lebih besar bila dibandingkan dengan titik beku dan titik didih yang dihitung menurut rumus : $\Delta T_d = m \times K_d$

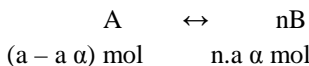
atau : $\Delta T_b = m \times K_b$

Hal ini disebabkan karena elektrolit itu terurai menjadi ion-ion, sehingga banyaknya partikel-partikel di dalam larutan menjadi bertambah. Dengan demikian penurunan titik beku dan kenaikan titik didih larutan menjadi lebih besar.

Sebagai contoh misalnya elektrolit A yang mengion sebagai berikut :



Bila derajat ionisasi A = α dan jumlah molekul A mula-mula adalah a mol, maka pada kesetimbangan terdapat :



Zat A yang tidak terurai : $(a - a\alpha) \text{ mol}$

Zat B yang terbentuk : $n.a\alpha \text{ mol}$

Banyaknya zat sesudah ionisasi = $(a - a\alpha + n.a\alpha) \text{ mol}$

Perbandingan banyaknya zat sesudah dan sebelum ionisasi adalah :

$$\frac{\text{Banyaknya zat sesudah ionisasi}}{\text{Banyaknya zat sebelum ionisasi}} = \frac{a - a\alpha + n.a\alpha}{a} = i$$

$$i = \frac{a [1 + (n - 1) \alpha]}{a} = 1 + (n-1) \alpha$$

i disebut juga *factor van't Hoff*

Karena sifat koligatif larutan dipengaruhi oleh banyaknya partikel-partikel zat terlarut, maka untuk larutan elektrolit berlaku :

$$\begin{aligned} \Delta T_d &= m \times K_d \times i \\ &= m \times K_d \times [1 + (n-1) \alpha] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_b &= m \times K_b \times i \\ &= m \times K_b \times [1 + (n-1) \alpha] \end{aligned}$$

$$\pi = M R T i$$

factor van't Hoff dapat dipakai untuk mencari harga α

$$i = 1 + (n-1) \alpha$$

$$i - 1 = (n - 1) \alpha$$

$$\text{maka: } \alpha = \frac{i-1}{(n-1)}$$

Contoh 1 :

Tentukan titik beku larutan yang mengandung 10,4 gram BaCl_2 dalam 250 gram air bila diketahui derajat ionisasi BaCl_2 adalah 0,85 dan K_b air = $1,86^\circ\text{C/molal}$.

$\text{Ar Ba} = 137$ dan $\text{Cl} = 35,5$

Jawab : $\text{BaCl}_2 \leftrightarrow \text{Ba}^{2+} + 2 \text{Cl}^-$

Dari reaksi di atas terlihat, BaCl_2 mengion dan terbentuk ion Ba^{2+} dan 2 ion Cl^- , karenanya $n = 3$

$$\Delta T_b = m \times K_b \times [1 + (n-1) \alpha]$$

$$\begin{aligned} &= \frac{10,4/208 \text{ mol}}{0,25 \text{ kg}} \times 1,86 \times [1 + (3 - 1) 0,85] = 1,004 \end{aligned}$$

maka titik beku larutan = $-1,004^\circ\text{C}$

Contoh 2 :

faktor van't Hoff suatu asam lemah $HA = 1,5$

Tentukan derajat ionisasi asam

Jawab : ionisasi asam : $HA \leftrightarrow H^+ + A^-$

$$n = 2$$

$$i = 1,5$$

$$\alpha = \frac{i-1}{(n-1)} = \frac{1,5-1}{2-1} = 0,50$$



LATIHAN

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

1. Apa yang dimaksud dengan sifat koligatif larutan?
2. Berikan rumus untuk menghitung tekanan uap larutan bila:
 - a. pelarut dan zat terlarut tidak mudah menguap
 - b. pelarut dan zat terlarut mudah menguap
3. Amati diagram hubungan tekanan udara, tekanan uap, titik didih, titik beku air murni dan larutan air di halaman 25, dan jelaskan hal berikut:
 - a. Apa yang terjadi bila tekanan uap air murni = tekanan udara luar?
 - b. Mengapa terjadi kenaikan titik didih larutan?
4. Larutan A mengandung 1 m zat nonelektrolit (gula), sedangkan larutan B mengandung 1 m zat elektrolit misalnya garam. Walaupun konsentrasinya sama (1m) tetapi larutan B selalu mempunyai ΔT_d dan ΔT_b yang lebih besar. Mengapa?
5. Apa yang dimaksud dengan a) selaput semi permeable dan b) tekanan osmosa?
6. Hitung titik didih dan titik beku dari 50 gram gula, $C_{12}H_{22}O_{11}$ dalam 50 gram air. Diketahui $K_b = 1,86$ dan $K_d = 0,52$

Petunjuk Jawaban Latihan

1. Sifat koligatif larutan adalah sifat fisika larutan yang bergantung pada jumlah partikel dan tidak bergantung pada jenis/macam partikel yang

dilarutkan. Ada 4 sifat fisika larutan yaitu a) tekanan uap b) titik beku c) titik didih dan d) tekanan osmosa

2. a. $P \text{ larutan} = P^{\circ} \cdot X_A$ di mana P° = tekanan uap pelarut murni dan X_A = fraksi mol pelarut
- b. $P \text{ larutan} = P_A + P_B$ di mana P_A = tekanan uap parsial pelarut
 $= X_A \cdot P_A^{\circ}$ dan
 P_B = tekanan uap parsial zat terlarut = $X_B \cdot P_B^{\circ}$
3. Amati lagi digram pada gambar 1.3 tersebut! Anda tahu jawabnya bukan? Pada saat itu air mulai mendidih. Pada suhu dimana air mendidih, larutan belum mendidih karena tekanan uapnya masih lebih rendah dari tekanan udara luar. Jadi perlu suhu yang lebih tinggi supaya tekanan uapnya sama dengan tekanan udara luar, artinya larutan akan mendidih pada suhu yang lebih tinggi.
4. Baca kembali sifat koligatif larutan elektrolit, disitu Anda akan menemukan jawabannya (zat elektrolit terurai menjadi ion-ion sehingga jumlah partikel di dalam larutan itu bertambah)
5. Baca kembali materi tentang tekanan osmosis.
6. Cari dulu konsentrasinya, dalam hal ini molalitas.

$$\text{Molalitas} = \frac{50/342 \text{ mol}}{0,050 \text{ kg}} = 2,92 \text{ m}$$

$$\Delta T_d = m \cdot K_d = 2,92 \times 0,52 = 1,5^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Jadi titik didih larutan} = (100 + 1,5)^{\circ}\text{C} = 101,5^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_b = m \cdot K_b = 2,92 \times 1,86 = 5,43^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Jadi titik beku larutan} = - 5,43^{\circ}\text{C}$$



RANGKUMAN

- Sifat koligatif adalah sifat yang bergantung pada jumlah mol partikel zat terlarut, dan tidak bergantung pada macam /sifat zat terlarut.
- Sifat koligatif meliputi :
 - a. penurunan tekanan uap : $\Delta P = P^{\circ} \cdot X_B$
 di mana : P° = tekanan uap pelarut dan
 X_B = fraksi mol zat terlarut
 Anda ingat bahwa : $\Delta P = P^{\circ} - P$
 Di mana : P = tekanan uap larutan, yang bisa dihitung dengan :

$$P = P^{\circ} \cdot X_A \quad (X_A = \text{fraksi mol pelarut})$$

Catatan : Dalam modul ini notasi A untuk pelarut sedangkan Notasi B, C dan seterusnya untuk zat terlarut.

- b. Kenaikan titik didih : $\Delta T_d = m \cdot K_d$
 Di mana : ΔT_d = kenaikan titik didih larutan
 m = konsentrasi molal zat terlarut
 K_d = tetapan kenaikan titik didih molal pelarut (kenaikan titik didih jika konsentrasi larutan satu molal)
 T_d = Titik didih larutan (bila pelarutnya air
 $T_d = 100 + \Delta T_d$)
- c. Penurunan titik beku : $\Delta T_b = m \cdot K_b$
 Di mana : ΔT_b = penurunan titik beku larutan
 m = konsentrasi molal zat terlarut
 K_b = tetapan penurunan titik beku molal pelarut (penurunan titik beku jika konsentrasi larutan satu molal)
 T_b = Titik beku larutan (bila pelarutnya air
 $T_b = 0 - \Delta T_b$)
- d. Tekanan osmosis larutan : $\pi = M \cdot R \cdot T$
 Di mana : π = tekanan osmosis larutan (atm)
 M = molaritas larutan
 R = tetapan yang besarnya $0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
 T = suhu dalam Kelvin
- e. faktor van't Hoff (i) menyatakan perbandingan banyaknya zat sesudah dan sebelum ionisasi, yang besarnya $i = 1 + (n - 1) \alpha$



TES FORMATIF 3

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Tetapan kenaikan titik didih molal adalah kenaikan titik didih larutan jika jumlah zat terlarutnya
- 1 mol tiap 1000 gram pelarut
 - 1 mol tiap 1000 gram air
 - 1 gram tiap 1000 gram larutan
 - 1 gram tiap 1000 gram air

- 2) Satu mol suatu zat nonelektrolit dilarutkan dalam 9 mol suatu pelarut. Jika tekanan uap jenuh pelarut murni adalah P^0 mmHg, maka penurunan tekanan uap jenuh pelarut adalah
- $1/9 P^0$ mmHg
 - $0,1 P^0$ mmHg
 - $9/10 P^0$ mmHg
 - P^0 mmHg
- 3) Tekanan osmotik larutan yang mengandung 2 gram sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) dalam 100 mL larutan pada suhu $25^\circ C$ adalah ($k = 0,082$)
- 4,9 atm
 - 2,46 atm
 - 1,427 atm
 - 0,22 atm
- 4) Dalam 250 gram air terlarut 18 gram suatu zat. Bila titik didih larutan ini $100,208^\circ C$ dan K_d air = 0,52 maka M_r zat tersebut adalah
- 208
 - 180
 - 160
 - 120
- 5) Larutan 0,1 m NaCl mempunyai penurunan titik beku yang sama dengan larutan
- 0,1 m sukrosa
 - 0,1 m feri klorida
 - 0,1 m glukosa
 - 0,1 m kalium klorida
- 6) Larutan berikut yang mempunyai titik didih paling tinggi adalah
- 0,1 m NaCl
 - 0,1 m NaOH
 - 0,1 m Na_2SO_4
 - 0,1 m $C_6H_{12}O_6$
- 7) Hukum Raoult menyatakan hubungan antara konsentrasi larutan dengan
- tekanan osmotik
 - kenaikan titik didih
 - penurunan titik beku
 - tekanan uap larutan

- 8) Larutan glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dalam air ($27^\circ C$) mempunyai tekanan osmotik yang sama dengan larutan gula tebu ($C_{12}H_{22}O_{11}$) yang mengandung 6,48 gram gula tebu dalam 200 mL larutan pada $57^\circ C$. Konsentrasi larutan glukosa adalah
- A. 1,1 mol / L
 - B. 0,11 mol / L
 - C. 11,0 mol / L
 - D. 0,2 mol / 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. C Gula tidak larut dalam bensin, jadi bukan campuran homogen
2. D Kabut merupakan campuran antara fase cairan gas
3. A Anda tentu tahu coca-cola mengandung gas CO_2 , gula, air dan zat pengisi lain (zat yang memberikan rasa tertentu/*essense*)
4. B Air mempunyai daya larut yang baik
5. A Larutan tidak selalu jernih, ingat larutan padat.
6. C Tembaga adalah unsur dengan simbol Cu
7. D Ini adalah senyawa alkana yang nonpolar
8. B Lihat kembali materi tentang proses melarut

Tes Formatif 2

1. B Anda pakai rumus pengenceran larutan ($V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$)
2. A Ingat molal menyatakan mol/1000 g pelarut
3. D ppm dipakai untuk larutan yang sangat encer dimana kg larutan = L larutan
4. B Anda ingat rumusnya bukan?
5. C 20% berat berarti 20 g urea dalam 100 g larutan
6. C Mirip dengan nomor. 1 gunakan rumus $V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$
7. B Larutan 0,02M = 0,02 mol/L. Ubah satuan ini menjadi mg/L karena Anda diminta menghitung konsentrasi dalam ppm
8. D Larutan alkohol 46% massa berarti mengandung 46 g alkohol dalam 100 g larutan atau 46 g alkohol dalam 54 g air. Nah sekarang lebih mudah bukan?

Tes Formatif 3

1. A. Baca uraian tentang kenaikan titik didih larutan
2. A Gunakan rumus penurunan tekanan uap
3. C Gunakan rumus tekanan osmosis larutan
4. B Gunakan rumus titik didih larutan, ubah m menjadi Mr
5. D Ingat NaCl adalah elektrolit, diantara 4 jawaban yang termasuk elektrolit adalah B dan D, tapi yang harga ionnya sama dengan NaCl, adalah KCl jadi jawabnya adalah D

6. C Yang titik didihnya paling tinggi adalah zat elektrolit yang jumlah partikelnya lebih banyak, jadi jawabannya adalah C
7. D Anda tentu masih ingat Raoult meneliti tentang tekanan uap larutan
8. B Hitung dulu tekanan osmotik gula tebu = $0,1 \times 0,082 \times 330 = 2,71$
 $\text{atm } M = \pi / RT = 2,71 / 0,082 \times 300 = 0,11$

Daftar Pustaka

- Brady, J.E.. (1990). *General Chemistry*. 5th.ed. New York : John Willey & Sons.
- Brown, Theodore L ; LeMay H,Eugene ; Bursten , BE (1997). *Chemistry : The Central Science*. 7 th ed. Int. Ed. London : Prentice-Hall International, Inc.
- Chang, Raymond. (1991). *Chemistry*. 4th.ed. New York : McGraw Hill Inc.
- Harvey, David. (2000). *Modern Analytical Chemistry*. Boston. McGraw Hill Co.
- Oxtoby, D.W.; Gillis H.P.; Nachtrieb NH. (2001). *Prinsip-Prinsip Kimia Modern*. Edisi 4 jilid 1. Alih bahasa Suminar S. Achmadi. Jakarta : Erlangga
- Sastrawijaya, T dkk. (1999). *Kimia Dasar II*. PIPA 3334. Jakarta : Universitas Terbuka.
- Sastrohamidjojo, H. (2001). *Kimia Dasar*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Silberberg, Martin S. (2003). *Chemistry: The Molecular Nature of Matter an Change*. 3rd ed.New York McGraw Hill Co.