



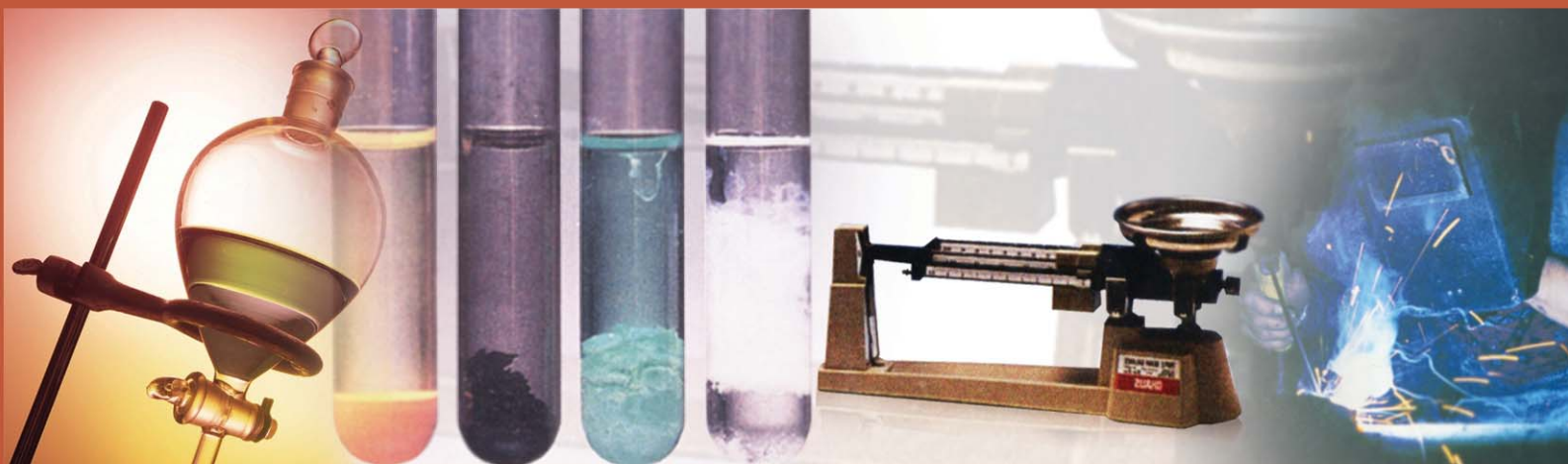
Praktis Belajar

# Kimia

untuk Kelas XII  
Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah  
Program Ilmu Pengetahuan Alam

Iman Rahayu

# 3



**Pusat Perbukuan**  
Departemen Pendidikan Nasional

# B a b 1

## Sifat Koligatif Larutan



Sumber: [www.rjautoworks.com](http://www.rjautoworks.com)

Pada bab ini, Anda akan diajak untuk menjelaskan sifat-sifat koligatif larutan nonelektrolit dan elektrolit dengan cara menjelaskan penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku larutan, dan tekanan osmosis termasuk sifat koligatif larutan, serta membandingkan antara sifat koligatif larutan nonelektrolit dan sifat koligatif larutan elektrolit yang konsentrasinya sama berdasarkan data percobaan.

Telah Anda pahami pada pelajaran Kimia di Kelas XI sebelumnya, apa yang disebut larutan, sifat larutan asam dan basa, larutan penyangga, dan hidrolisis larutan garam. Sifat larutan lainnya yang akan kita selidiki dalam bab ini adalah sifat yang berhubungan dengan perubahan fisika, seperti tekanan uap, titik didih, titik beku, dan tekanan osmotik. Sifat-sifat tersebut merupakan sifat koligatif larutan.

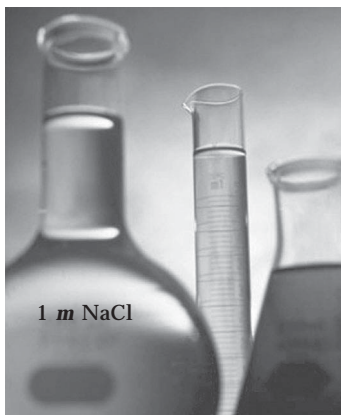
Jika Anda memasukkan suatu zat misalnya gula atau garam dapur ke dalam pelarut seperti air, larutannya akan memiliki titik didih yang lebih tinggi dibandingkan dengan titik didih air murni pada kondisi yang sama. Begitu juga dengan titik beku dan tekanan uapnya akan berbeda dengan air murni. Menurut Anda, mengapa dapat terjadi demikian? Pelajarilah bab ini dengan baik dan Anda akan mengetahui jawabannya.

- A. Molalitas dan Fraksi Mol**
- B. Sifat Koligatif Larutan Nonelektrolit**
- C. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit**



## Soal Pramateri

1. Berapakah volume air yang dibutuhkan untuk membuat 5M NaCl dari 29 gram NaCl?
2. Apakah yang dimaksud dengan larutan elektrolit dan larutan nonelektrolit?
3. Apakah perbedaan antara sifat fisika dan sifat kimia suatu senyawa?



Sumber: [www.innovationcanada.ca](http://www.innovationcanada.ca)

### Gambar 1.1

Satuan konsentrasi molalitas memegang peranan penting dalam aktivitas di laboratorium.

## Anda Harus Ingat

Molalitas adalah jumlah mol zat terlarut per kilogram pelarut.

$$m = \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{p}$$

### You Must Remember

*Molality is total mole of solute per kilogram solvent.*

$$m = \frac{\text{mass}}{M_r} \times \frac{1.000}{p}$$

## A Molalitas dan Fraksi Mol

Dalam larutan, terdapat beberapa sifat zat yang hanya ditentukan oleh banyaknya partikel zat terlarut. Sifat ini disebut sebagai sifat koligatif larutan. Oleh karena sifat koligatif larutan ditentukan oleh banyaknya partikel zat terlarut, bab ini akan diawali dengan pembahasan mengenai konsentrasi larutan.

### 1. Molalitas (*m*)

Pada pelajaran sebelumnya, kita menyatakan konsentrasi dengan persentase (%) dan molaritas (*M*). Dalam perhitungan molaritas, kuantitas larutan didasarkan pada volume. Anda tentu ingat, volume merupakan fungsi suhu (zat akan memuai ketika dipanaskan). Oleh karena sifat koligatif larutan dipengaruhi suhu, diperlukan suatu besaran yang tidak bergantung pada suhu. Besaran tersebut dinyatakan berdasarkan massa karena massa tidak bergantung pada suhu, baik dari kuantitas zat terlarut maupun pelarutnya. Untuk itu, digunakan molalitas yang menyatakan jumlah partikel zat terlarut (mol) setiap 1 kg pelarut (bukan larutan). Larutan yang dibuat dari 1 mol NaCl yang dilarutkan dalam 1.000 g air dinyatakan sebagai larutan 1 molal dan diberi lambang 1 *m* NaCl. Molalitas didefinisikan dengan persamaan berikut.

$$\text{Molalitas } (m) = \frac{\text{Jumlah mol zat terlarut}}{\text{Jumlah kilogram pelarut}} \quad \text{atau} \quad m = \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{p}$$

Keterangan:

*m* = molalitas (mol/kg)

*M<sub>r</sub>* = massa molar zat terlarut (g/mol)

massa = massa zat terlarut (g)

*p* = massa zat pelarut (g)

Molalitas juga berguna pada keadaan lain, misalnya karena pelarut merupakan padatan pada suhu kamar dan hanya dapat diukur massanya, bukan volumenya sehingga tidak mungkin dinyatakan dalam bentuk molaritas. Perhatikanlah contoh soal penentuan molalitas berikut.

### Contoh 1.1

Sebanyak 30 g urea (*M<sub>r</sub>* = 60 g/mol) dilarutkan ke dalam 100 g air. Hitunglah molalitas larutan.

Jawab

$$\text{Mol urea} = \frac{\text{massa urea}}{M_r \text{ urea}} = \frac{30 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 0,5 \text{ mol}$$

$$\text{Massa pelarut} = 100 \text{ g} = \frac{100}{1.000} = 0,1 \text{ kg}$$

$$\text{Molalitas } (m) = \frac{0,5 \text{ mol}}{0,1 \text{ kg}} = 5 \text{ m}$$

Jadi, molalitas larutan urea adalah 5 *m*.

### Contoh 1.2

Berapa gram NaCl yang harus dilarutkan dalam 500 g air untuk menghasilkan larutan 0,15 *m*?

Jawab

Molalitas artinya jumlah mol zat terlarut per kilogram pelarut. 0,15 m berarti 0,15 mol NaCl dalam 1 kg (1.000 g) air.

0,15 mol NaCl dalam 1.000 g H<sub>2</sub>O

Untuk menghitung jumlah mol NaCl yang diperlukan untuk 500 g H<sub>2</sub>O, kita dapat menggunakan hubungan tersebut sebagai faktor konversi. Kemudian, kita dapat menggunakan massa molar NaCl untuk mengubah mol NaCl menjadi massa NaCl.

$$500 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{0,15 \text{ mol NaCl}}{1.000 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{58,44 \text{ g NaCl}}{1 \text{ mol NaCl}} = 4,38 \text{ g NaCl}$$

Jadi, massa NaCl yang harus dilarutkan pada 500 g air untuk menghasilkan larutan 0,15 m adalah 4,38 g.

## Buktikanlah oleh Anda

Gunakan rumus  $m = \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{p}$  untuk menjawab soal pada Contoh 1.1 dan

Contoh 1.2. Apakah hasil yang diperoleh sama?

kerjakanlah secara berkelompok dan presentasikan hasil yang diperoleh di depan kelas.

### Contoh 1.3

Berapakah kemolalan dari larutan 10% (w/w) NaCl? (w/w = persen berat)

Jawab

Larutan 10% (w/w), artinya  $\frac{10 \text{ g NaCl}}{100 \text{ g larutan NaCl}}$  w berasal dari kata weight.

Untuk mengetahui kemolalan, kita harus mengetahui jumlah mol NaCl.

10 g NaCl dapat diubah menjadi mol dengan menggunakan massa molar NaCl (58,44 g/mol). Untuk mengetahui massa air, dapat dilakukan dengan cara pengurangan 100 g larutan NaCl oleh 10 g NaCl.

massa air = 100 g - 10 g = 90 g

Untuk menentukan kemolalan, dapat dilakukan konversi sebagai berikut.

$$\frac{10 \text{ g NaCl}}{100 \text{ g larutan NaCl}} \times \frac{1 \text{ mol NaCl}}{58,44 \text{ g NaCl}} \times \frac{100 \text{ g larutan NaCl}}{90 \text{ g air}} \times \frac{1.000 \text{ g air}}{1 \text{ kg air}}$$

Jadi, larutan 10% (w/w) NaCl memiliki konsentrasi 1,9 m.

## 2. Fraksi Mol

Fraksi mol merupakan satuan konsentrasi yang semua komponen larutannya dinyatakan berdasarkan mol. Fraksi mol komponen i, dilambangkan dengan  $x_i$  adalah jumlah mol komponen i dibagi dengan jumlah mol semua komponen dalam larutan. Fraksi mol j adalah  $x_j$  dan seterusnya. Jumlah fraksi mol dari semua komponen larutan adalah 1.

$$x_i = \frac{\text{Jumlah mol komponen i}}{\text{Jumlah mol semua komponen dalam larutan}}$$

$$x_i = \frac{n_i}{n_i + n_j}$$

Total fraksi mol =  $x_i + x_j = 1$

## Kupas Tuntas

Molalitas suatu larutan 20% berat C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (M<sub>r</sub> = 46 g/mol) adalah ....

- A. 6,4 m
- B. 5,4 m
- C. 4,4 m
- D. 3,4 m
- E. 0,4 m

### Pembahasan

C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 20% artinya 20 g C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH dalam 80 g air.

$$m = \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{P} = \frac{20}{46} \times \frac{1.000}{80} = 5,4$$

Jadi, kemolalan larutan 20% berat C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH adalah (B) 5,4 m.

UMPTN 1998

## Kata Kunci

- Fraksi mol
- Konsentrasi molal
- Sifat koligatif



Perhatikanlah contoh soal penggunaan fraksi mol berikut.

### Contoh 1.4

Larutan glukosa dibuat dengan melarutkan 18 g glukosa ( $M_r = 180 \text{ g/mol}$ ) ke dalam 250 g air. Hitunglah fraksi mol glukosa.

Jawab

$$x_{\text{glukosa}} = \frac{\text{mol glukosa}}{\text{mol glukosa} + \text{mol air}} = \frac{\frac{18}{180}}{\frac{18}{180} + \frac{250}{18}} = \frac{0,1}{0,1 + 13,9} = 0,01$$

Jadi, fraksi mol glukosa adalah 0,01.

## Kupas Tuntas

Fraksi mol suatu larutan metanol  $\text{CH}_3\text{OH}$  dalam air adalah 0,50. Konsentrasi metanol dalam larutan ini dinyatakan dalam persen berat adalah ....

- 50%
- 60%
- 64%
- 57%
- 50%

#### Pembahasan

mol metanol = mol air  
(misalkan 1 mol)  
massa metanol  
= mol  $\times M_r$   
=  $1 \times 32 = 32$   
massa air = mol  $\times M_r$   
=  $1 \times 18 = 18$

$$\begin{aligned} \%w/w &= \frac{\text{massa metanol}}{\text{massa larutan}} \times 100\% \\ &= \frac{32g}{32g+18g} \times 100\% = 64\% \end{aligned}$$

Jadi, konsentrasi metanol dalam larutan dalam persen berat adalah (C) 64%

UMPTN 1998

### Contoh 1.5

Berapa fraksi mol dan persen mol setiap komponen dari campuran 0,2 mol  $\text{O}_2$  dan 0,5 mol  $\text{N}_2$ ?

Jawab

$$\begin{aligned} x_{\text{O}_2} &= \frac{\text{mol O}_2}{\text{mol O}_2 + \text{mol N}_2} \\ &= \frac{0,2 \text{ mol}}{0,2 \text{ mol} + 0,5 \text{ mol}} \end{aligned}$$

$$= \frac{0,2 \text{ mol}}{0,7 \text{ mol}} = 0,29$$

$$\begin{aligned} x_{\text{N}_2} &= \frac{\text{mol N}_2}{\text{mol O}_2 + \text{mol N}_2} \\ &= \frac{0,5 \text{ mol}}{0,2 \text{ mol} + 0,5 \text{ mol}} \end{aligned}$$

$$= \frac{0,5 \text{ mol}}{0,7 \text{ mol}} = 0,71$$

Fraksi mol  $\text{N}_2$  bisa juga dihitung dengan cara:

$$\begin{aligned} x_{\text{N}_2} &= 1 - x_{\text{O}_2} \\ &= 1 - 0,29 = 0,71 \end{aligned}$$

$$\% \text{ mol O}_2 = 0,29 \times 100\% = 29\%$$

$$\% \text{ mol N}_2 = 0,71 \times 100\% = 71\%$$

Jadi, fraksi mol  $\text{O}_2$  adalah 0,29 dan fraksi mol  $\text{N}_2$  adalah 0,71, sedangkan persen mol  $\text{O}_2$  adalah 29% dan persen mol  $\text{N}_2$  adalah 71%.

## Soal Penguasaan Materi 1.1

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

- Berapakah molalitas larutan yang mengandung 4 g  $\text{NaOH}$  ( $A_r \text{ Na} = 23 \text{ g/mol}$ ,  $A_r \text{ O} = 16 \text{ g/mol}$ , dan  $A_r \text{ H} = 1 \text{ g/mol}$ ) terlarut dalam 250 g air?
- Berapakah molalitas dari larutan  $\text{HCl}$  37% (w/w)? ( $A_r \text{ H} = 1 \text{ g/mol}$ ,  $A_r \text{ Cl} = 35,5 \text{ g/mol}$ )

## B Sifat Koligatif Larutan Nonelektrolit

Meskipun sifat koligatif melibatkan larutan, sifat koligatif tidak bergantung pada interaksi antara molekul pelarut dan zat terlarut, tetapi bergantung pada jumlah zat terlarut yang larut pada suatu larutan.

Sifat koligatif terdiri atas penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan tekanan osmotik. Apakah perbedaan di antara keempat sifat koligatif tersebut? Perhatikanlah uraian berikut.

### 1. Penurunan Tekanan Uap

Untuk mengetahui pengaruh zat terlarut yang sukar menguap terhadap tekanan uap pelarut, lakukanlah kegiatan berikut.

#### Selidikilah 1.1

Tujuan

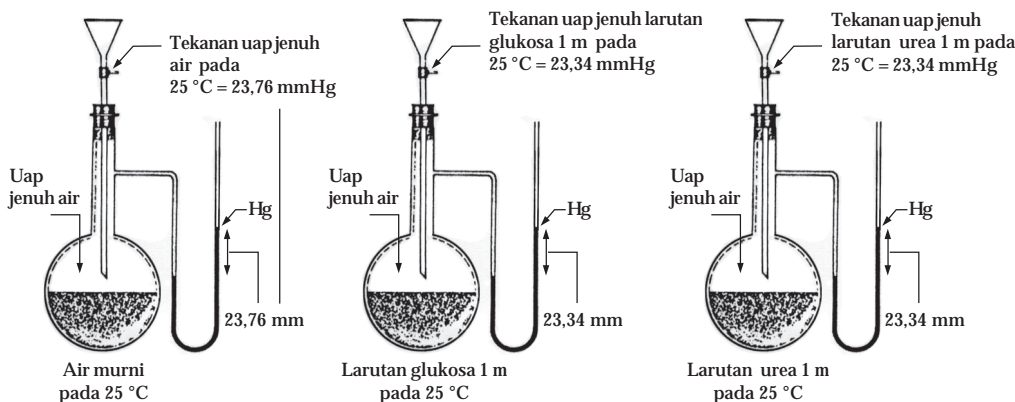
Mengamati pengaruh zat terlarut terhadap tekanan uap jenuh larutan

Alat dan Bahan

Data percobaan

Langkah Kerja

1. Perhatikan gambar hasil eksperimen berikut.



2. Pada buku latihan Anda, isilah tabel berikut.

Zat	Tekanan Uap Jenuh pada $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (mmHg)
Air	...
Larutan glukosa 1 m	...
Larutan urea 1 m	...

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Hitunglah selisih penurunan tekanan uap jenuh larutan glukosa dengan tekanan uap jenuh air.
2. Hitunglah selisih penurunan tekanan uap jenuh urea dengan tekanan uap jenuh air.
3. Mengapa selisihnya sama antara dua larutan dengan konsentrasi sama?
4. Apabila larutan sukrosa 1 m diamati, akankah nilainya sama?

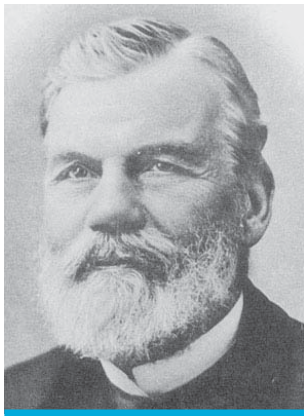
Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

#### Kata Kunci

- Larutan nonelektrolit
- Penurunan tekanan uap

## Legenda

### Kimia



#### Marie Francois Raoult (1830–1901)

adalah seorang ilmuwan Prancis. Pada awalnya, Raoult adalah seorang ilmuwan fisika yang meneliti fenomena pada sel volta. Kemudian, perhatiannya mulai teralihkan pada pertanyaan-pertanyaan yang mengarah pada kimia. Makalahnya yang pertama adalah mengenai tekanan pada titik beku suatu cairan dengan adanya zat terlarut yang dipublikasikan pada 1878. Dia melanjutkan penelitiannya pada berbagai pelarut seperti benzena dan asam asetat.

Raoult melakukan penelitian berulang-ulang sebelum menemukan keteraturan mengenai tekanan uap larutan. Keteraturan ini kemudian dikenal sebagai Hukum Raoult.

Sumber: <http://id.wikipedia.org>

Apakah yang dapat Anda simpulkan dari hasil kegiatan Selidikilah 1.1? Untuk memahami fenomena pada Selidikilah 1.1, pelajarilah uraian berikut.

Penguapan adalah peristiwa yang terjadi ketika partikel-partikel zat cair meninggalkan kelompoknya. Semakin lemah gaya tarik-menarik antarmolekul zat cair, semakin mudah zat cair tersebut menguap. Semakin mudah zat cair menguap, semakin besar pula tekanan uap jenuhnya.

Dalam suatu larutan, partikel-partikel zat terlarut menghalangi gerak molekul pelarut untuk berubah dari bentuk cair menjadi bentuk uap sehingga tekanan uap jenuh larutan menjadi lebih rendah dari tekanan uap jenuh larutan murni.

Dari eksperimen yang dilakukan Marie Francois Raoult (1878), didapatkan hasil bahwa melarutkan suatu zat terlarut menyebabkan penurunan tekanan uap larutan. Banyaknya penurunan tekanan uap ( $\Delta P$ ) terbukti sama dengan hasil kali fraksi mol zat terlarut ( $x_B$ ) dan tekanan uap pelarut murni ( $P_A^\circ$ ), yaitu:

$$\Delta P = x_B P_A^\circ$$

Pada larutan yang terdiri atas dua komponen, pelarut A dan zat terlarut B,  $x_A + x_B = 1$  maka  $x_B = 1 - x_A$ . Apabila tekanan uap pelarut di atas larutan dilambangkan  $P_A$ ,  $\Delta P = P_A^\circ - P_A$ .

Persamaan akan menjadi:

$$\Delta P = x_B P_A^\circ$$

$$P_A^\circ - P_A = (1 - x_A) P_A^\circ$$

$$P_A^\circ - P_A = P_A^\circ - x_A P_A^\circ$$

$$P_A = x_A P_A^\circ$$

Persamaan tersebut dikenal sebagai Hukum Raoult.

Tekanan uap pelarut ( $P_A$ ) sama dengan hasil kali tekanan uap pelarut murni ( $P_A^\circ$ ) dengan fraksi mol pelarut dalam larutan ( $x_A$ ).

Apabila zat terlarut mudah menguap, dapat pula ditulis:

$$P_B = x_B P_B^\circ$$

Tekanan uap total dapat ditulis:

$$P_{\text{total}} = P_A + P_B \\ = x_A P_A^\circ + x_B P_B^\circ$$

### Contoh 1.6

Hitunglah tekanan uap larutan 2 mol sukrosa dalam 50 mol air pada 300 °C jika tekanan uap air murni pada 300 °C adalah 31,80 mmHg.

Jawab

$$\text{Fraksi mol sukrosa} = \frac{\text{mol sukrosa}}{\text{mol sukrosa} + \text{mol air}} = \frac{2 \text{ mol}}{2 \text{ mol} + 50 \text{ mol}} \\ = 0,038$$

$$x_B = 0,038$$

$$x_A = 1 - 0,038 \\ = 0,962$$

$$P_A = x_A P_A^\circ$$

$$= 0,962 \times 31,8 \text{ mmHg} = 30,59 \text{ mmHg}$$

Jadi, tekanan uap larutan adalah 30,59 mmHg.

### Contoh 1.7

Berapakah tekanan uap parsial dan tekanan uap total pada suhu 25 °C di atas larutan dengan jumlah fraksi mol benzena (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) sama dengan jumlah fraksi mol toluena (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>)? Tekanan uap benzena dan toluena pada suhu 25 °C berturut-turut adalah 95,1 mmHg dan 28,4 mmHg.

Jawab

Jika larutan terdiri atas dua komponen dengan jumlah fraksi mol yang sama, fraksi mol keduanya adalah 0,5.

Tekanan uap parsial:

$$P_{\text{benzena}} = x_{\text{benzena}} \times P_{\text{benzena}}^\circ$$

$$= 0,5 \times 95,1 \text{ mmHg} = 47,6 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{toluena}} = x_{\text{toluena}} \times P_{\text{toluena}}^\circ$$

$$= 0,5 \times 28,4 \text{ mmHg} = 14,2 \text{ mmHg}$$

Tekanan uap total:

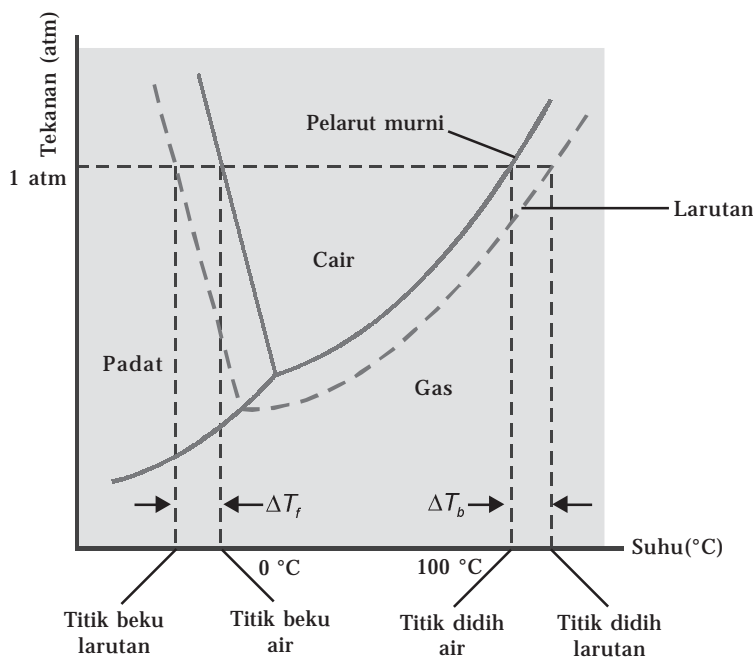
$$P_{\text{total}} = P_{\text{benzena}} + P_{\text{toluena}}$$

$$= 47,6 + 14,2 = 61,8 \text{ mmHg}$$

Jadi, tekanan uap parsial benzena dan toluena adalah 47,6 mmHg dan 14,2 mmHg, sedangkan tekanan uap total adalah 61,8 mmHg.

## 2. Kenaikan Titik Didih dan Penurunan Titik Beku

Adanya zat terlarut pada suatu larutan tidak hanya memengaruhi tekanan uap saja, tetapi juga memengaruhi titik didih dan titik beku. Pada larutan dengan pelarut air, kita dapat memahami hal tersebut dengan mempelajari diagram fase air pada Gambar 1.2 berikut.



## Kupas Tuntas

Sembilan gram zat nonelektrolit dan 360 g air dicampur, ternyata tekanan uap jenuhnya 40 mmHg. Jika tekanan uap jenuh air pada suhu yang sama adalah 40,1 mmHg,  $M_r$  zat tersebut adalah ....

- A. 90 g/mol
- B. 126 g/mol
- C. 180 g/mol
- D. 342 g/mol
- E. 360 g/mol

### Pembahasan

Diketahui:

Zat nonelektrolit = 9 gram

pelarut air (p) = 360 gram

$P^\circ = 40,1 \text{ mmHg}$

$P = 40 \text{ mmHg}$

Ditanyakan:  $M_r$ ?

Jawab:

$$P = x_p P^\circ$$

$$40 = x_p \times 40,1$$

$$x_p = 0,9975$$

$$n_p = \frac{360}{18} = 20 \text{ mol}$$

$$x_p = \frac{n_p}{n_t + n_p}$$

$$0,9975 = \frac{20}{20 + n_t}$$

$$19,95 + 0,9975 n_t = 20$$

$$0,9975 n_t = 20 - 19,95$$

$$n_t = 0,05 \text{ mol}$$

$$0,05 \text{ mol} = \frac{\text{massa}}{M_r} \rightarrow 0,05$$

$$= \frac{9 \text{ g}}{M_r}$$

$$M_r = \frac{9 \text{ g}}{0,05 \text{ mol}} = 180 \text{ g/mol}$$

Jadi, massa molar relatif zat tersebut adalah (C) 180 g/mol.

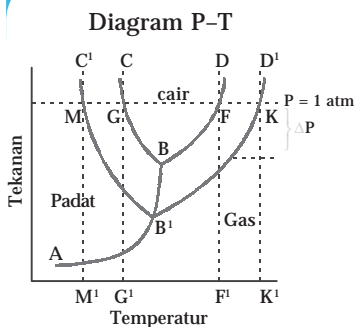
UN 2002

Gambar 1.2

Diagram fase air



## Kupas Tuntas



Berdasarkan Diagram P-T tersebut yang menggambarkan kenaikan titik didih larutan adalah ....

- $G^1M^1$
- $F^1K^1$
- $DD^1$
- $CC^1$
- $B^1D^1$

### Pembahasan

Berdasarkan Diagram P-T tersebut yang menggambarkan kenaikan titik didih larutan adalah (C)  $DD^1$ .

Alasannya, semakin tinggi tekanan temperatur awal, misalnya pada suhu  $100^\circ\text{C}$  ditunjukkan oleh grafik F pada larutan temperatur ditunjukkan oleh  $K^1$  (fasa gas).

Jadi, kenaikan titik didih ditunjukkan oleh (C)  $DD^1$ .

UN 2002

## Kata Kunci

Kenaikan titik didih

Adanya zat terlarut pada suatu larutan menyebabkan penurunan tekanan uap yang mengakibatkan terjadinya penurunan garis kesetimbangan antarfasa sehingga terjadi kenaikan titik didih dan penurunan titik beku.

### a. Kenaikan Titik Didih ( $\Delta T_b$ )

Titik didih zat cair adalah suhu tetap pada saat zat cair mendidih. Pada suhu ini, tekanan uap zat cair sama dengan tekanan udara di sekitarnya. Hal ini menyebabkan terjadinya penguapan di seluruh bagian zat cair. Titik didih zat cair diukur pada tekanan 1 atmosfer. Contohnya, titik didih air  $100^\circ\text{C}$ , artinya pada tekanan udara 1 atm air mendidih pada suhu  $100^\circ\text{C}$ .

Dari hasil eksperimen yang dilakukan pada penentuan titik didih larutan, ternyata titik didih larutan selalu lebih tinggi dari titik didih pelarut murninya. Hal ini disebabkan adanya partikel-partikel zat terlarut dalam suatu larutan menghalangi peristiwa penguapan partikel-partikel pelarut. Oleh karena itu, penguapan partikel-partikel pelarut membutuhkan energi yang lebih besar.

Perbedaan titik didih larutan dengan titik didih pelarut murni disebut kenaikan titik didih yang dinyatakan sebagai  $\Delta T_b$  (b berasal dari kata boil).

Titik didih suatu larutan lebih tinggi atau lebih rendah daripada titik didih pelarut, bergantung pada kemudahan zat terlarut itu menguap dibandingkan dengan pelarutnya. Jika zat terlarut tersebut tidak mudah menguap, misalnya larutan gula, larutan tersebut mendidih pada suhu yang lebih tinggi daripada titik didih pelarut air. Sebaliknya, jika zat terlarut itu mudah menguap misalnya etanol, larutan akan mendidih pada suhu di bawah titik didih air.

Hukum sifat koligatif dapat diterapkan dalam meramalkan titik didih larutan yang zat terlarutnya bukan elektrolit dan tidak mudah menguap. Telah ditentukan secara eksperimen bahwa 1,00 mol ( $6,02 \times 10^{23}$  molekul) zat apa saja yang bukan elektrolit dan tidak mudah menguap yang dilarutkan dalam (1.000 g) air akan menaikkan titik didih kira-kira  $0,51^\circ\text{C}$ . Perubahan pelarut murni ke larutan, yakni  $\Delta T_b$ , berbanding lurus dengan molalitas (m) dari larutan tersebut:

$$\Delta T_b \propto m \quad \text{atau} \quad \Delta T_b = K_b m$$

Tabel 1.1 Tetapan Kenaikan Titik Didih ( $K_b$ ) Beberapa Pelarut

Pelarut	Titik Didih ( $^\circ\text{C}$ )	$K_b$ ( $^\circ\text{C}/m$ )
Aseton	56,2	1,71
Benzena	80,1	02,53
kamfer	204,0	05,61
Karbon tetraklorida	76,5	04,95
Sikloheksana	80,7	02,79
Naftalena	217,7	05,80
Fenol	182	03,04
Air	100,0	00,52

Sumber: Chemistry Matter, and Its Changes, 2004

$K_b$  adalah tetapan kenaikan titik molal dari pelarut ( $^\circ\text{C}/m$ ). Kenaikan titik didih ( $\Delta T_b$ ) adalah titik didih larutan ( $T_b$ ) dikurangi titik didih pelarut murni ( $T_b^\circ$ ).

$$\Delta T_b = T_b - T_b^\circ$$

### Contoh 1.8

Hitunglah titik didih larutan yang mengandung 18 g glukosa,  $C_6H_{12}O_6$ , ( $A_r C = 12$  g/mol,  $A_r H = 1$  g/mol, dan  $A_r O = 16$  g/mol) dalam 250 g air. ( $K_b$  air =  $0,52$  °C/m)

Jawab

$$\begin{aligned} \text{Molalitas} &= \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{p} \\ &= \frac{18 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} \times \frac{1.000 \text{ g/kg}}{250 \text{ g}} \\ &= 0,4 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_b &= K_b m \\ &= 0,52 \text{ °C/m} \times 0,4 \text{ m} \\ &= 0,208 \text{ °C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik didih larutan} &= 100 + \Delta T_b \\ &= 100 \text{ °C} + 0,208 \text{ °C} \\ &= 100,208 \text{ °C} \end{aligned}$$

Jadi, titik didih larutan adalah 100,208 °C.

### Contoh 1.9

Titik didih larutan yang mengandung 1,5 g gliserin dalam 30 g air adalah 100,28 °C. Tentukan massa molekul relatif gliserin. ( $K_b$  air =  $0,52$  °C/m)

Jawab

$$\begin{aligned} \text{Titik didih larutan} &= 100 + \Delta T_b \\ 100,28 &= 100 + \Delta T_b \\ \Delta T_b &= 0,28 \text{ °C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_b &= K_b m \\ &= K_b \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{p} \end{aligned}$$

$$0,28 \text{ °C} = 0,52 \text{ °C/m} \times \frac{1,5 \text{ g}}{M_r} \times \frac{1.000 \text{ g/kg}}{30 \text{ g}}$$

$$M_r = 92,8 \text{ g/mol}$$

Jadi, massa molekul relatif gliserin adalah 92,8 g/mol.

### b. Penurunan Titik Beku ( $\Delta T_f$ )

Seperti halnya pada kenaikan titik didih, adanya zat terlarut dalam larutan akan mengakibatkan titik beku larutan lebih kecil daripada titik beku pelarutnya. Penurunan titik beku,  $\Delta T_f$  (f berasal dari kata freeze) berbanding lurus dengan molalitas (m) larutan:

$$\Delta T_f \propto m \quad \text{atau} \quad \Delta T_f = K_f m$$

dengan  $K_f$  adalah tetapan penurunan titik beku molal pelarut (°C/m). Penurunan titik beku ( $T_p$ ) adalah titik beku pelarut murni ( $T_f^\circ$ ) dikurangi titik beku larutan ( $T_p$ ).

### Kupas Tuntas

Sebanyak 75 g zat dengan rumus empiris ( $CH_2O$ ) ( $A_r H = 1$  g/mol,  $C = 12$  g/mol,  $O = 16$  g/mol) yang terlarut dalam 500 gram air, mendidih pada suhu  $100,52$  °C ( $K_b$  air =  $0,52$  °C/m). Zat tersebut termasuk ....

- A. triosa
- B. tetrosa
- C. pentosa
- D. heksosa
- E. heptosa

#### Pembahasan

$$\begin{aligned} \Delta T_b &= K_b \cdot \frac{1.000}{p} \cdot \frac{\text{massa}}{M_r} \\ 0,52 &= 0,52 \cdot \frac{1.000}{500} \cdot \frac{75}{M_r} \end{aligned}$$

$$M_r = 150$$

$$M_r (CH_2O) = 30$$

$$(CH_2O)_n = 150$$

$$30 n = 150$$

$$n = 5$$

$$(CH_2O)_5 = C_5H_{10}O_5$$

Senyawa karbonat dengan 5 atom c disebut dengan pentosa. Jadi, zat tersebut termasuk (C) pentosa.

SPMB 2004

### Tantangan Kimia

Diskusikan dengan kelompok Anda:

- a. Apa yang dimaksud dengan membeku?
- b. Bagaimana mekanisme penurunan titik beku pada suatu larutan?
- c. Apakah setiap zat dengan konsentrasi yang sama (molalitas) akan menyebabkan penurunan titik beku yang sama ketika dilarutkan?



$$\Delta T_f = T_f^\circ - T_f$$

Berikut ini adalah beberapa harga tetapan penurunan titik beku ( $K_f$ ) dari beberapa pelarut.

Tabel 1.2 Tetapan Penurunan Titik Beku ( $K_f$ ) Beberapa Pelarut

Pelarut	Titik Beku ( $^\circ\text{C}$ )	$K_f$ ( $^\circ\text{C}/m$ )
Aseton	-95,35	2,40
Benzena	5,45	5,12
Kamfer	179,8	39,7
Karbon tetraklorida	-23	29,8
Sikloheksana	6,5	20,1
Naftalena	80,5	6,94
Fenol	43	7,27
Air	0	1,86

Sumber: Chemistry Matter, and Its Changes, 2004

### Contoh 1.10

Berapakah titik beku larutan yang terbuat dari 10 g urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  dalam 100 g air? (massa molar urea 60 g/mol,  $K_f$  air = 1,86  $^\circ\text{C}/m$ )

Jawab

$$\text{Mol urea} = \frac{\text{massa urea}}{M_r \text{ urea}} = \frac{10 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 0,17 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \text{Molalitas urea} &= \frac{\text{mol urea}}{\text{massa air}} \\ &= \frac{0,17 \text{ mol}}{0,1 \text{ kg}} \\ &= 1,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_f &= K_f m \\ &= 1,86 \text{ }^\circ\text{C}/m \times 1,7 \text{ m} \\ &= 3,16 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Jadi, larutan tersebut memiliki titik beku 3,16  $^\circ\text{C}$  di bawah 0  $^\circ\text{C}$  atau pada -3,16  $^\circ\text{C}$ .

### Contoh 1.11

Hitunglah titik beku larutan yang terdiri atas 10 gram glukosa ( $M_r = 180 \text{ g/mol}$ ) dalam 500 g air ( $K_f$  air = 1,86  $^\circ\text{C}/m$ ).

Jawab

$$\begin{aligned} \text{Molalitas} &= \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{p} \\ &= \frac{10 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} \times \frac{1.000 \text{ g/kg}}{500 \text{ g}} \\ &= 0,11 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_f &= K_f m \\ &= 1,86 \text{ }^\circ\text{C}/m \times 0,11 \text{ m} \\ &= 0,20 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Titik beku larutan

$$\Delta T_f = T_f \text{ air} - T_f \text{ larutan}$$

## Kata Kunci

Penurunan titik beku

## Tantangan Kimia

Di Eropa, pada musim dingin untuk mencairkan salju yang mengganggu di jalan raya biasanya digunakan garam. Menurut Anda, bagaimana hal itu dapat terjadi? Diskusikanlah hal tersebut bersama teman Anda.

$0,20\text{ }^{\circ}\text{C} = 0 - T_f \text{ larutan}$   
 $T_f \text{ larutan} = -0,20\text{ }^{\circ}\text{C}$   
 Jadi, titik beku larutan adalah  $-0,20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Contoh 1.12

Hitunglah titik beku suatu larutan yang mengandung 2 g kloroform,  $\text{CHCl}_3$  ( $M_r = 119\text{ g/mol}$ ) yang dilarutkan dalam 50 g benzena ( $K_f \text{ benzena} = 5,12\text{ }^{\circ}\text{C/m}$ ,  $T_f \text{ benzena} = 5,45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Jawab

$$\text{Molalitas} = \frac{2\text{ g}}{119\text{ g/mol}} \times \frac{1.000}{50\text{ g}} = 0,34\text{ m}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_f &= K_f m \\ &= 5,12\text{ }^{\circ}\text{C/m} \times 0,34\text{ m} \\ &= 1,74\text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Titik beku larutan

$$\begin{aligned} \Delta T_f &= T_f \text{ benzena} - T_f \text{ larutan} \\ 1,74 &= 5,45 - T_f \text{ larutan} \\ T_f \text{ larutan} &= 3,71\text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Jadi, titik beku larutan tersebut adalah  $3,71\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### Contoh 1.13

Larutan yang dibuat dengan melarutkan 5,65 g suatu senyawa yang tidak diketahui dalam 110 g benzena membeku pada  $4,39\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Berapakah massa molar senyawa tersebut?

Jawab

Pada Tabel 1.2 diketahui titik beku benzena =  $5,45\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan  $K_f \text{ benzena} = 5,12\text{ }^{\circ}\text{C/m}$

$$\Delta T_f = 5,45\text{ }^{\circ}\text{C} - 4,39\text{ }^{\circ}\text{C} = 1,06\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_f = K_f m$$

$$m = \frac{\Delta T_f}{K_f} = \frac{1,06\text{ }^{\circ}\text{C}}{5,12\text{ }^{\circ}\text{C/m}} = 0,207\text{ m}$$

0,207 m artinya setiap kg benzena pada larutan mengandung 0,207 mol zat terlarut maka jumlah mol pada 110 g benzena dapat dihitung.

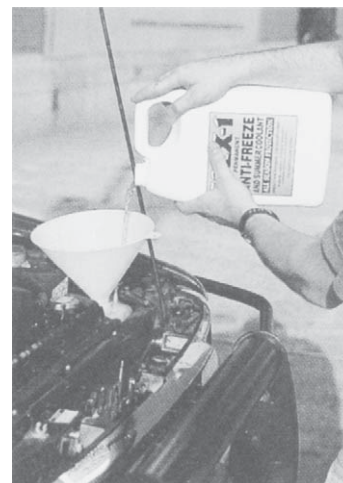
$$0,11\text{ kg benzena} \times \frac{0,207\text{ mol zat terlarut}}{1\text{ kg benzena}} = 0,023\text{ mol}$$

$$\text{massa molar zat terlarut} = \frac{5,65\text{ g}}{0,023\text{ mol}} = 245,65\text{ g/mol}$$

Jadi, massa 1 mol zat terlarut tersebut adalah 245,65 g.

Gejala penurunan titik beku juga memiliki terapan praktis di antaranya adalah penurunan titik beku air. Zat antibeku (biasanya etilen glikol) yang ditambahkan ke dalam sistem pendingin mesin mobil mencegah pembekuan air radiator pada musim dingin. Penggunaan  $\text{CaCl}_2$  dan  $\text{NaCl}$  untuk menurunkan titik leleh es juga sering diterapkan, misalnya untuk menyiapkan campuran pendingin dalam pembuatan es krim.

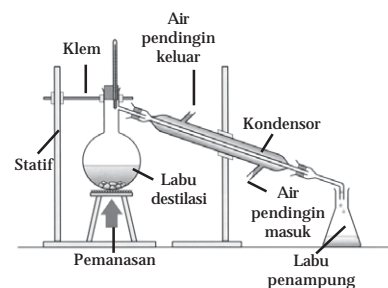
Contoh penerapan Hukum Raoult digunakan pada alat distilasi untuk memisahkan campuran berdasarkan perbedaan titik didihnya.



Sumber: Chemistry (Chang), 2002

### Gambar 1.3

Etilen glikol digunakan sebagai zat antibeku pada pendingin mesin mobil.



Sumber: Basic Concept of Chemistry, 2002

### Gambar 1.4

Alat distilasi dirancang dengan menggunakan prinsip hukum Raoult



### 3. Tekanan Osmotik

Osmosis adalah merembesnya partikel-partikel pelarut dari larutan yang lebih encer ke larutan yang lebih pekat melalui suatu membran semipermeabel. Membran semipermeabel hanya melewatkan molekul zat tertentu sementara zat yang lainnya tertahan.

Bagaimanakah peristiwa osmosis dapat terjadi? Untuk menyelidikinya, lakukanlah kegiatan berikut.

#### Selidikilah 1.2

##### Tekanan Osmotik

###### Tujuan

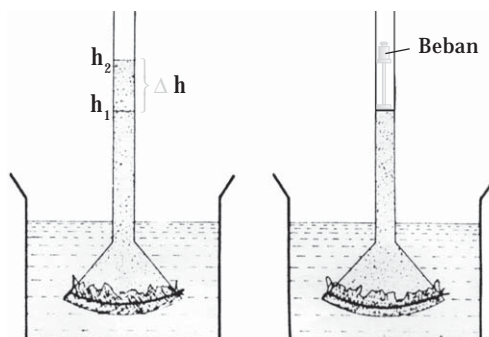
Mengamati peristiwa osmosis pada larutan elektrolit dan nonelektrolit

###### Alat dan Bahan

1. Corong
2. Kertas perkamen/selopan
3. Gelas kimia 1 L
4. Larutan gula
5. Larutan garam
6. Air

###### Langkah Kerja

1. Susunlah 2 buah alat seperti gambar berikut.



#### Kata Kunci

- Membran semipermeabel
- Osmosis
- Tekanan osmotik

2. Corong yang bagian bawahnya ditutup dengan kertas perkamen/selaput semipermeabel berisi larutan gula dimasukkan ke dalam bak (gelas kimia 1 L) yang berisi air.
3. Amatilah naiknya larutan dalam corong dari ketinggian  $h_1$  sampai  $h_2$ .
4. Ulangi langkah kerja 1-3.

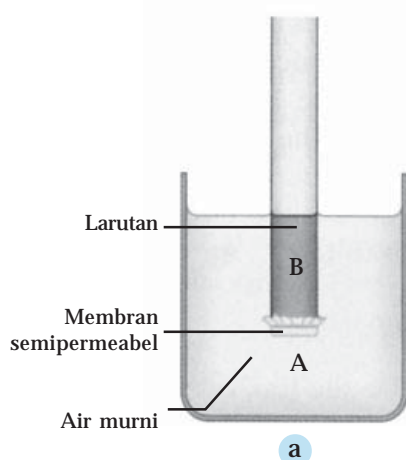
Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Mengapa air di dalam bak masuk ke dalam corong melalui selaput semipermeabel?
2. Mungkinkah larutan gula atau garam yang masuk ke dalam air? Mengapa?
3. Apabila corong diganti ukurannya, apakah naiknya zat cair dalam corong sama?
4. Samakah beban pada kedua corong yang berbeda?
5. Samakah  $\Delta H$  untuk larutan gula dan garam?

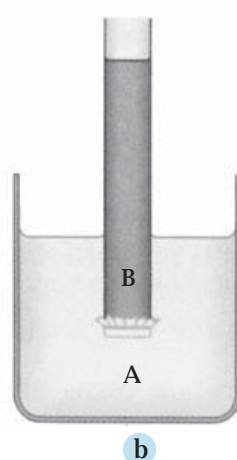
Kerjakanlah secara berkelompok dan diskusikanlah hasil yang Anda peroleh.

Kesimpulan apakah yang dapat Anda peroleh dari kegiatan Selidikilah 1.2? Untuk lebih memahami proses osmosis, pelajari uraian berikut.

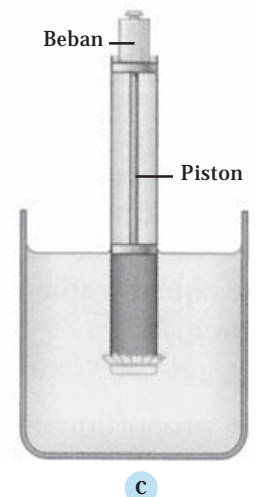
Perhatikanlah Gambar 1.5, gambar tersebut memperlihatkan larutan A dan larutan B dengan konsentrasi yang berbeda yang dipisahkan oleh suatu membran semipermeabel yang hanya dapat ditembus oleh molekul air.



a  
Keadaan awal, A (air murni) dan B (larutan) dipisahkan oleh membran semipermeabel.



b  
Setelah beberapa saat, peristiwa osmosis terjadi, ditandai dengan meningkatnya volume larutan pada tabung B.



c  
Tekanan balik dibutuhkan untuk mencegah terjadinya proses osmosis. Jumlah tekanan balik yang dibutuhkan merupakan tekanan osmotik larutan.

Sumber: Chemistry: Matter and Its Changes, 2004

Gambar 1.5 menggambarkan peristiwa osmosis. Pada Gambar 1.5a, diperlihatkan keadaan awal, kemudian setelah beberapa saat, tinggi air pada tabung naik (Gambar 1.5b) hingga kesetimbangan tercapai. Tekanan balik dibutuhkan untuk mencegah terjadinya proses osmosis (Gambar 1.5c). Jumlah tekanan balik yang dibutuhkan merupakan tekanan osmotik larutan.

Dua larutan yang memiliki tekanan osmotik sama disebut larutan isotonik. Jika salah satu larutan memiliki tekanan osmotik lebih tinggi dari larutan yang lainnya, larutan tersebut dinamakan hipertonik. Adapun jika larutan memiliki tekanan osmotik lebih rendah dari larutan yang lainnya, larutan tersebut dinamakan hipotonik.

Tekanan osmotik termasuk dalam sifat-sifat koligatif karena besarnya hanya bergantung pada jumlah partikel zat terlarut persatuan volume larutan. Tekanan osmotik tidak tergantung pada jenis zat terlarut. Persamaan berikut (dikenal sebagai Persamaan Van't Hoff) digunakan untuk menghitung tekanan osmotik dari larutan encer.

$$\pi = MRT$$

Keterangan:

- $\pi$  = tekanan osmotik (atm)
- R = tetapan gas (0,082 L atm/mol K)
- M = molaritas larutan
- T = suhu (Kelvin)

### Contoh 1.14

Berapakah tekanan osmotik pada 25 °C dari larutan sukrosa ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) 0,001 M?

Jawab

- Diketahui T = 25 °C = (25 + 273) K = 298 K
- M = 0,001 mol/L
- R = 0,082 L atm/mol K

### Gambar 1.5

Proses osmosis dengan membran semipermeabel

### Tantangan Kimia

Larutan glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) digunakan sebagai cairan infus. Larutan ini harus memiliki tekanan osmotik yang sama dengan tekanan osmotik sel darah. Diskusikanlah dengan kelompok Anda mengapa tekanan osmotik cairan infus harus sama dengan tekanan osmotik sel darah. Jika tekanan sel darah pada 25 °C adalah 7,7 atm, berapa konsentrasi glukosa dalam cairan infus?



$$\begin{aligned}\pi &= MRT \\ &= 0,001 \text{ mol/L} \times 0,082 \text{ L atm/mol K} \times 298 \text{ K} = 0,024 \text{ atm}\end{aligned}$$

Jadi, tekanan osmotik larutan tersebut adalah 0,024 atm.

### Contoh 1.15

Dalam larutan encer, 0,001 M gula dalam air dipisahkan dari air murni dengan menggunakan membran osmosis. Berapakah tekanan osmotik dalam torr pada suhu 25 °C?

Jawab

$$\begin{aligned}\pi &= MRT \\ &= (0,001 \text{ mol/L}) (0,0821 \text{ L atm/mol K}) (298 \text{ K}) = 0,0245 \text{ atm}\end{aligned}$$

$$\pi \text{ dalam torr} = 0,0245 \text{ atm} \times \frac{760 \text{ torr}}{1 \text{ atm}} = 18,6 \text{ torr}$$

Jadi, tekanan osmotik 0,001 M gula dalam air adalah 18,6 torr.

## Fakta Kimia

### Desalinasi Air Laut

Banyak tempat di berbagai pelosok di dunia yang berdampingan dengan lautan, tetapi penduduknya terancam kekurangan air tawar. Untuk itu, negara Arab Saudi menggunakan suatu metode pemisahan air tawar dari garam-garam pekat air laut. Membuang garam-garam yang terlarut dalam air disebut desalinasi.

Banyak penelitian dan pengembangan dipusatkan pada lima metode desalinasi, yaitu penyulingan, pembekuan, osmosis terbalik, elektro-dialisis, dan pertukaran ion.

Desalinasi osmosis terbalik merupakan metode yang ekonomis. Dalam metode ini, garam terpisah dari airnya oleh tekanan pada membran semipermeabel yang memisahkan sumber air (air laut) dari produknya (air tawar).

### Contoh 1.16

Suatu larutan dengan volume 100 mL mengandung 0,122 g zat nonelektrolit terlarut dan memiliki tekanan osmotik 16 torr pada suhu 20 °C. Berapakah massa molar zat terlarut tersebut?

Jawab

$$\begin{aligned}T \text{ dalam kelvin} &= (273 + 20) \\ &= 293 \text{ K}\end{aligned}$$

$$\pi \text{ dalam atm} = 16 \text{ torr} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ torr}} = 0,0211 \text{ atm}$$

$$\begin{aligned}\pi &= MRT \\ 0,0211 \text{ atm} &= (M) (0,082 \text{ L atm/mol K}) (298 \text{ K})\end{aligned}$$

$$M = 8,63 \times 10^{-4} \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{L larutan}}$$

$$M = \frac{n}{V}$$

$$n = M \times V$$

$$= 8,63 \times 10^{-4} \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{L larutan}} \times 0,1 \text{ L larutan} = 8,63 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$\text{massa molar zat terlarut} = \frac{0,122 \text{ g}}{8,63 \times 10^{-5} \text{ mol}} = 1,41 \times 10^3 \text{ g/mol}$$

Jadi, massa molar zat terlarut tersebut adalah  $1,41 \times 10^3$  g/mol.

### Contoh 1.17

Suatu larutan dibuat dengan melarutkan 1,08 g protein, yaitu serum albumin manusia yang diperoleh dari plasma darah (dalam 50 cm<sup>3</sup> air). Larutan menunjukkan tekanan osmotik 5,85 mmHg pada 298 K. Tentukan massa molekul relatif albumin.

Jawab

Tekanan osmotik ( $\pi$ ) dikonversikan terlebih dahulu menjadi atm.

$$5,85 \text{ mmHg} = \frac{5,85}{760} = 7,70 \times 10^{-3} \text{ atm}$$

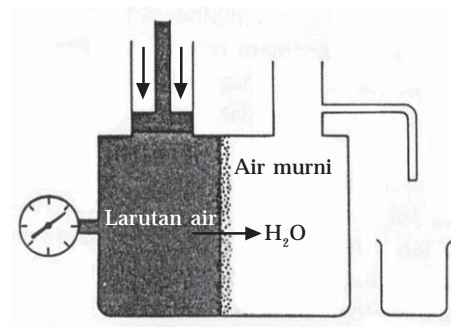
$$\pi = \frac{\left(\frac{\text{massa}}{M_r}\right)RT}{V}$$

$$M_r = \frac{\text{massa}RT}{\pi V} \\ = \frac{1,08 \text{ g} \times 0,082 \text{ atm/molK} \times 298 \text{ K}}{7,70 \times 10^{-3} \text{ atm} \times 0,05 \text{ L}} = 6,86 \times 10^4 \text{ g/mol}$$

Jadi, massa molekul relatif albumin adalah  $6,86 \times 10^4 \text{ g/mol}$ .

Jika tekanan mekanis pada suatu larutan melebihi tekanan osmotik, pelarut murni akan terperas ke luar dari suatu larutan lewat suatu membran semipermeabel (Gambar 1.6). Proses ini disebut osmosis terbalik (reverse osmosis) dan merupakan suatu cara untuk memulihkan pelarut murni dari dalam suatu larutan. Contoh penerapan osmosis balik adalah pemulihan air murni dari limbah industri dan menawarkan air laut (desalinasi).

Proses osmosis sangat penting bagi tanaman dan hewan karena dengan proses osmosis, air dibagikan ke semua sel organisme hidup. Dinding sel merupakan membran semipermeabel, membran sel hidup ini juga dapat ditembus oleh zat-zat terlarut tertentu sehingga bahan makanan dan produk buangan dipertukarkan lewat dinding sel ini. Permeabilitas dinding sel terhadap zat terlarut seringkali bersifat memilih-milih dan sampai batas tertentu tidak bergantung pada ukuran partikel zat terlarut dan konsentrasi mereka. Misalnya, ion magnesium yang terhidrasi praktis tidak menembus dinding saluran pencernaan, sedangkan molekul glukosa dapat melewati dinding sel.



Gambar 1.6

Osmosis terbalik, menunjukkan bahwa jika tekanan mekanis lebih besar daripada tekanan osmotik, pelarut dipaksa melewati membran semipermeabel dari dalam larutan menuju ke pelarut murni.

## Soal Penguasaan Materi 1.2

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

1. Bagaimanakah cara untuk mengetahui pengaruh zat terlarut yang sukar menguap terhadap tekanan uap jenuh larutan? Jelaskan.
2. Hitunglah tekanan uap suatu larutan 4 mol fruktosa dalam 60 mol air pada suhu  $310^\circ\text{C}$ . Jika tekanan uap air murni pada  $310^\circ\text{C}$  sebesar  $33,4 \text{ mmHg}$ .
3. Jika  $0,4$  molal gula pasir dilarutkan dalam air ( $K_b$  air =  $0,52^\circ\text{C/m}$ ), tentukan titik didih larutan gula tersebut.
4. Jika  $6,84 \text{ g}$  sukrosa ( $M_r = 342$ ) dilarutkan dalam air dan membentuk larutan bervolume  $100 \text{ mL}$  pada suhu  $27^\circ\text{C}$  ( $R = 0,082 \text{ L atm/mol K}$ ), tentukan tekanan osmotik larutan tersebut.

## C Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

Jika zat terlarut membentuk larutan bersifat asam, basa, dan garam, ternyata rumus-rumus sifat koligatif larutan memiliki nilai yang tidak sama dengan data percobaan. Harga-harga  $\Delta P$ ,  $\Delta T_b$ ,  $\Delta T_f$ , dan  $\pi$  dari larutan-larutan asam, basa, dan garam yang diamati melalui eksperimen selalu lebih besar daripada harga-harga yang dihitung menurut perhitungan ideal. Bagaimanakah menentukan perbandingan nilai sifat koligatif larutan elektrolit dan nonelektrolit? Untuk mengetahuinya, lakukanlah kegiatan berikut.





## Selidikilah 1.3

### Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

#### Tujuan

Menentukan perbandingan nilai sifat koligatif larutan elektrolit dan nonelektrolit

#### Alat dan Bahan

Data hasil percobaan

#### Langkah Kerja

Amatilah data hasil percobaan berikut. Larutan yang diamati memiliki konsentrasi yang sama yaitu 0,005 m.

Larutan	$\Delta T_f$ (°C)
Glukosa	0,0093
NaCl	0,0183
KCl	0,0180
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,0275
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,0270

Jawablah pertanyaan berikut untuk menarik kesimpulan.

1. Hitunglah perbandingan nilai  $\Delta T_f$  NaCl terhadap  $\Delta T_f$  glukosa,  $\Delta T_f$  KCl terhadap  $\Delta T_f$  glukosa, dan seterusnya sampai dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
2. Manakah nilai perbandingan di antara keempat larutan terhadap glukosa yang bernilai hampir sama?
3. Bandingkanlah nilai perbandingan itu dengan jumlah ion masing-masing zat yang membentuk larutan elektrolit (NaCl memiliki ion Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup>).
4. Apakah nilai perbandingan tersebut sama dengan jumlah ionnya? Mengapa demikian?

Diskusikan hasil yang Anda peroleh dengan teman Anda.

## Kata Kunci

- Faktor Van't Hoff
- Larutan elektrolit

Apakah kesimpulan yang Anda peroleh? Untuk lebih memahami sifat koligatif larutan elektrolit, pelajari penjelasan berikut.

Menurut Arrhenius, suatu zat elektrolit yang dilarutkan dalam air akan terurai menjadi ion-ion penyusunnya sehingga jumlah partikel zat pada larutan elektrolit akan lebih banyak dibandingkan dengan larutan nonelektrolit yang konsentrasinya sama. Hal ini menyebabkan sifat koligatif pada larutan elektrolit lebih besar daripada larutan nonelektrolit.

Perilaku elektrolit dapat digambarkan dengan memerhatikan fenomena di atas. Penurunan titik beku  $\Delta T_f$  larutan 0,005 m NaCl 1,96 kali (2 kali)  $\Delta T_f$  glukosa sebagai zat nonelektrolit, demikian juga  $\Delta T_f$  untuk K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hampir 3 kali dari  $\Delta T_f$  glukosa. Keadaan ini dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$\Delta T_f \text{ elektrolit} = i \times \Delta T_f \text{ nonelektrolit}$$

Hubungan sifat koligatif larutan elektrolit dan konsentrasi larutan dirumuskan oleh Van't Hoff, yaitu dengan mengalikan rumus yang ada dengan bilangan faktor Van't Hoff yang merupakan faktor penambahan jumlah partikel dalam larutan elektrolit.

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

#### Keterangan:

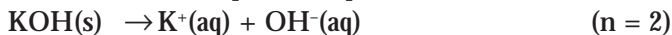
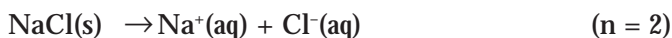
$i$  = faktor yang menunjukkan bagaimana larutan elektrolit dibandingkan dengan larutan nonelektrolit dengan molalitas yang sama.

Faktor  $i$  inilah yang lebih lanjut disebut faktor Van't Hoff.

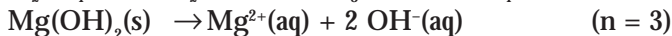
$n$  = jumlah ion dari elektrolit

$\alpha$  = derajat ionisasi elektrolit

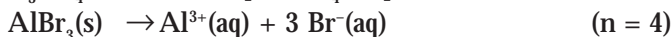
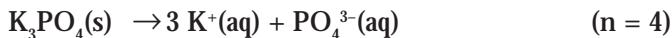
Contoh elektrolit biner:



Contoh elektrolit terner:



Contoh elektrolit kuarterner:



Untuk larutan elektrolit berlaku Hukum Van't Hoff

## Anda Harus

### Ingat

Sifat koligatif larutan elektrolit bergantung pada faktor Van't Hoff.

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

### You Must Remember

Colligative properties of electrolyte solution depends on Van't Hoff factor.

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

## 1. Penurunan Tekanan Uap Jenuh

Rumus penurunan tekanan uap jenuh dengan memakai faktor Van't Hoff hanya berlaku untuk fraksi mol zat terlarutnya saja (zat elektrolit yang mengalami ionisasi), sedangkan pelarut air tidak terionisasi. Oleh karena itu, rumus penurunan tekanan uap jenuh untuk zat elektrolit adalah:

$$\Delta P = x_B P^\circ \{1 + (n - 1)\alpha\}$$

Perhatikanlah contoh soal penerapan rumus tekanan uap untuk zat elektrolit berikut.

### Contoh 1.18

Hitunglah tekanan uap larutan NaOH 0,2 mol dalam 90 gram air jika tekanan uap air pada suhu tertentu adalah 100 mmHg.

Jawab

$$\begin{aligned} X_{\text{NaOH}} &= \frac{\text{mol NaOH}}{\text{mol NaOH} + \text{mol air}} \\ &= \frac{0,2 \text{ mol}}{0,2 \text{ mol} + \frac{90 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}}} = 0,038 \end{aligned}$$

Karena NaOH merupakan elektrolit kuat ( $\alpha = 1$ ) dan  $n = 2$  maka

$$\begin{aligned} \Delta P &= P^\circ x_B \{1 + (n - 1)\alpha\} \\ &= 100 \times 0,038 \{1 + (2 - 1)1\} \\ &= 7,6 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tekanan uap larutan} &= 100 \text{ mmHg} - 7,6 \text{ mmHg} \\ &= 92,4 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

Jadi, tekanan uap larutan NaOH adalah 92,4 mmHg.

## Kata Kunci

- Faktor Van't Hoff
- Ionisasi

## 2. Kenaikan Titik Didih dan Penurunan Titik Beku

Seperti halnya penurunan tekanan uap jenuh, rumus untuk kenaikan titik didih dan penurunan titik beku untuk larutan elektrolit juga dikalikan dengan faktor Van't Hoff.

$$\Delta T_b = K_b m \{1 + (n - 1)\alpha\}$$

$$\Delta T_f = K_f m \{1 + (n - 1)\alpha\}$$



Perhatikanlah contoh-contoh soal berikut.

### Contoh 1.19

Sebanyak 4,8 gram magnesium sulfat,  $MgSO_4$  ( $M_r = 120$  g/mol) dilarutkan dalam 250 g air. Larutan ini mendidih pada suhu  $100,15$  °C.

Jika diketahui  $K_b$  air  $0,52$  °C/m,  $K_f$  air =  $1,8$  °C/m, tentukan:

- derajat ionisasi  $MgSO_4$ ;
- titik beku larutan.

Jawab

a. Reaksi ionisasi  $MgSO_4$  adalah  $MgSO_4(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$  ( $n = 2$ )

Kenaikan titik didih:

$$\begin{aligned} \Delta T_b &= T_b \text{ larutan} - T_b \text{ air} \\ &= 100,15 \text{ }^\circ\text{C} - 100 \text{ }^\circ\text{C} = 0,15 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\Delta T_b = K_b \cdot m \cdot i$$

$$= K_b \times \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{P} \times \{1 + (n - 1) \alpha\}$$

$$0,15 = 0,52 \text{ }^\circ\text{C/m} \times \frac{4,8 \text{ g}}{120 \text{ g/mol}} \times \frac{1.000 \text{ g/kg}}{250 \text{ g}} \times \{1 + (2 - 1) \alpha\}$$

$$\alpha = 0,8$$

Jadi, derajat ionisasi  $MgSO_4$  adalah 0,8.

- Untuk menghitung titik bekunya, kita cari dulu penurunan titik bekunya dengan rumus:

$$\Delta T_f = K_f \times \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{P} \times \{1 + (n - 1) \alpha\}$$

$$\begin{aligned} \Delta T_f &= 1,8 \text{ }^\circ\text{C/m} \times \frac{4,8 \text{ g}}{120 \text{ g/mol}} \times \frac{1.000 \text{ g/kg}}{250 \text{ g}} \times \{1 + (2 - 1) 0,8\} \\ &= 0,52 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_f \text{ larutan} &= T_f \text{ air} - \Delta T_f \\ &= 0 \text{ }^\circ\text{C} - 0,52 \text{ }^\circ\text{C} = -0,52 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Jadi, titik beku larutan tersebut adalah  $-0,52$  °C.

### Kupas Tuntas

Agar 10 kg air tidak membeku pada suhu  $-5$  °C perlu ditambahkan garam NaCl. Jika diketahui  $K_b$  air =  $1,86$  °C/m dan  $A_r$  H = 1 g/mol, O = 16 g/mol, Na = 23 g/mol, dan Cl = 35,5 g/mol maka pernyataan berikut benar, kecuali ....

- diperlukan NaCl lebih dari 786 gram
- larutan NaCl adalah elektrolit kuat
- bentuk molekul air tetrahedral
- NaCl dapat terionisasi sempurna
- dalam air terdapat ikatan hidrogen

#### Pembahasan

Molekul air berbentuk angular (huruf V).

Jadi, pernyataan yang salah adalah (C) bentuk molekul air tetrahedral.

SPMB 2004

## 3. Tekanan Osmotik

Tekanan osmotik untuk larutan elektrolit diturunkan dengan mengalikan faktor van't Hoff.

$$\pi = MRT \{1 + (n - 1) \alpha\}$$

Perhatikanlah contoh-contoh soal berikut.

### Contoh 1.20

Sebanyak 5,85 gram NaCl ( $M_r = 58,5$  g/mol) dilarutkan dalam air sampai volume 500 mL. Hitunglah tekanan osmotik larutan yang terbentuk jika diukur pada suhu  $27$  °C dan  $R = 0,082$  L atm/mol K.

Jawab

diketahui, NaCl ( $n = 2$ ) dan  $\alpha = 1$

$$\pi = MRTi$$

$$= \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{P} \times RT \times \{1 + (n - 1) \alpha\}$$

$$= \frac{5,85 \text{ g}}{58,5 \text{ g/mol}} \times \frac{1.000 \text{ mL/L}}{500 \text{ mL}} \times 0,082 \text{ L atm/mol K} \times 300 \text{ K} \times \{1 + (2 - 1)\}$$

$$= 9,84 \text{ atm}$$

Jadi, tekanan osmotik larutan tersebut adalah 9,84 atm.

### Contoh 1.21

Sebanyak 38 g elektrolit biner ( $M_r = 95 \text{ g/mol}$ ) dilarutkan dalam air sampai dengan volume 1 L pada suhu  $27^\circ\text{C}$  dan memiliki tekanan osmotik 10 atm. Hitunglah derajat ionisasi elektrolit biner tersebut.

Jawab

$$\pi = M R T \{1 + (n - 1) \alpha\}$$

$$10 = \frac{38 \text{ g}}{95 \text{ g/mol}} \times \frac{1.000}{1.000} \times 0,082 \text{ L atm/mol K} \times 300 \text{ K} \times \{1 + (2 - 1) \alpha\}$$

$$\alpha = 0,016$$

Jadi, derajat ionisasi larutan tersebut adalah 0,016.

## Kupas Tuntas

Jika diketahui tekanan osmotik larutan 10 gram asam benzoat,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ , dalam benzena adalah 2 atm pada suhu tertentu, larutan 20 gram senyawa binernya  $(\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH})_2$  dalam pelarut yang sama memiliki tekanan osmotik sebesar ...

- 0,5 atm
- 1,0 atm
- 2,0 atm
- 4,0 atm
- 8,0 atm

### Pembahasan

Oleh karena perbandingan massa/ $M_r$  sama, molaritas akan sama dan tekanan osmotik pun sama. Jadi, tekanan osmotiknya sebesar (A) 2 atm.

SPMB 2004

## Soal Penguasaan Materi 1.3

Kerjakanlah di dalam buku latihan Anda.

- Sebanyak 5 g NaCl ( $M_r = 58 \text{ g/mol}$ ) dilarutkan dalam 200 g air. Larutan ini mendidih pada suhu  $100,25^\circ\text{C}$ . Jika diketahui  $K_b$  air =  $0,52^\circ\text{C/m}$  dan  $K_f$  air =  $1,86^\circ\text{C/m}$ , tentukan derajat ionisasi NaCl dan titik beku larutannya.
- Hitunglah tekanan osmotik larutan yang mengandung 40 g  $\text{MgCl}_2$  ( $M_r = 94 \text{ g/mol}$ ) dengan volume larutan 2 L pada suhu  $27^\circ\text{C}$  dan  $R = 0,082 \text{ L atm/mol K}$ .

## Rangkuman

- Molalitas adalah besaran yang berguna untuk menghitung jumlah zat terlarut yang dinyatakan dalam mol dan jumlah pelarut dalam kilogram.

$$\text{Molalitas (m)} = \frac{\text{massa}}{M_r} \times \frac{1.000}{P}$$

- Fraksi mol merupakan satuan konsentrasi yang semua komponen larutannya dinyatakan berdasarkan mol. Total fraksi mol = 1

$$X_i = \frac{\text{mol komponen i}}{\text{Jumlah mol semua komponen dalam larutan}}$$

- Sifat koligatif bergantung pada jumlah zat yang terlarut pada larutan. Sifat koligatif terdiri atas penurunan tekanan uap ( $\Delta P$ ), kenaikan titik didih ( $\Delta T_b$ ) dan penurunan titik beku ( $\Delta T_f$ ), dan tekanan osmotik.

- Penurunan tekanan uap ( $\Delta P$ )

$$\Delta P = x_B \cdot P_A^0$$

$$P_B = x_B \cdot P_B^0$$

$$P_A = x_A \cdot P_A^0$$

$$P_{\text{total}} = P_A + P_B$$

$$= x_A P_A^0 + x_B P_B^0$$

- Kenaikan titik didih ( $\Delta T_b$ ) dan penurunan titik beku ( $\Delta T_f$ )

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

$$\Delta T_f = K_f \times m$$

$$\Delta T_b = T_b - T_b^0$$

$$\Delta T_f = T_f^0 - T_f$$

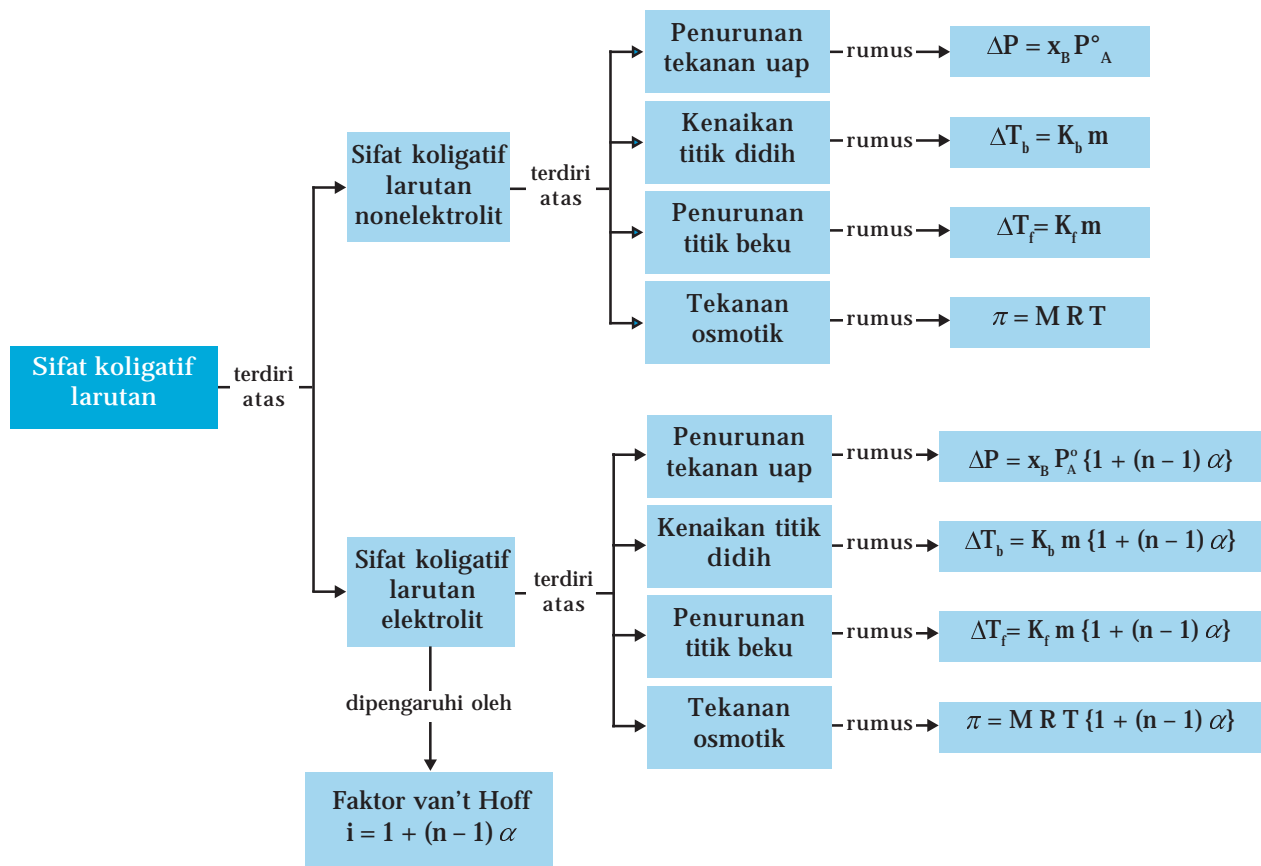
- Tekanan osmotik ( $\pi$ )

$$\pi = MRT$$

- Sifat koligatif larutan elektrolit bergantung pada bilangan faktor Van't Hoff. Jadi, perhitungan penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, dan tekanan osmotik dikalikan dengan faktor Van't Hoff (i).

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

# Peta Konsep



## Kaji Diri

Bagaimanakah pendapat Anda setelah mempelajari materi **Sifat Koligatif Larutan** ini? Menyenangkan, bukan? Banyak hal yang menarik tentang materi Sifat Koligatif Larutan ini. Misalnya, Anda akan mengenal berbagai perubahan sifat fisik dari larutan dan dapat membedakan antara larutan elektrolit dan nonelektrolit.

Tujuan Anda mempelajari bab ini adalah agar Anda dapat menjelaskan penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku larutan, dan tekanan osmotik termasuk sifat koligatif larutan, serta membandingkan antara sifat

koligatif larutan berdasarkan percobaan nonelektrolit dan sifat koligatif larutan elektrolit yang konsentrasinya sama. Apakah Anda dapat mencapai tujuan belajar tersebut? Jika Anda mengalami kesulitan dalam mempelajari materi tertentu pada bab ini, bertanyalah kepada guru kimia Anda. Anda pun dapat berdiskusi dengan teman-teman untuk memecahkan permasalahan-permasalahan yang berkenaan dengan materi Sifat Koligatif Larutan ini. Belajarlah dengan baik. Pastikanlah Anda menguasai materi ini.

## Evaluasi Materi Bab 1

A. Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat dan kerjakanlah pada buku latihan Anda.

- Molalitas larutan menyatakan banyaknya mol zat terlarut dalam ....  
A. 100 gram larutan  
B. 1.000 gram larutan  
C. 1 liter larutan  
D. 1.000 gram pelarut  
E. 1 liter pelarut
- Sebanyak 84 gram KOH ( $A_r K = 39 \text{ g/mol}$ ,  $A_r O = 16 \text{ g/mol}$ , dan  $A_r H = 1 \text{ g/mol}$ ) dilarutkan dalam 750 g air. Konsentrasi larutan adalah ....  
A. 2,0 M  
B. 1,5 M  
C. 1,0 M  
D. 2,0 m  
E. 1,5 m
- Jika bobot molekul fruktosa 180. Molalitas larutan fruktosa 10% ialah ....  
A. 0,82  
B. 0,72  
C. 0,62  
D. 0,52  
E. 0,42
- Larutan 1 molal NaOH ( $A_r Na = 23 \text{ g/mol}$ ,  $A_r O = 16 \text{ g/mol}$ , dan  $A_r H = 1 \text{ g/mol}$ ) terbuat dari 40 g NaOH dengan ....  
A. 960 gram air  
B. 1 liter air  
C. air sehingga volume larutan 1 liter  
D. 1.000 gram air  
E. 960 mL air
- Di antara larutan berikut yang memiliki fraksi mol terbesar adalah .... ( $A_r C = 12$ ,  $A_r O = 16$ ,  $A_r H = 1$ ,  $A_r N = 14$ ,  $A_r Na = 23$ ,  $A_r Cl = 35,5$ ,  $A_r Mg = 24$ ,  $A_r S = 32$ )  
A. larutan urea ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) 10%  
B. larutan glukosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) 20%  
C. larutan NaCl 10%  
D. larutan sukrosa ( $\text{C}_{11}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) 30%  
E. larutan  $\text{MgSO}_4$  20%
- Dalam 500 gram air terdapat 12 g urea  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  ( $A_r C = 12$ ,  $A_r N = 14$ ,  $A_r O = 16$ ,  $A_r H = 1$ ). Konsentrasi kemolalan larutan urea tersebut adalah ....  
A. 0,1 m  
B. 0,2 m  
C. 0,3 m  
D. 0,4 m  
E. 0,5 m
- Sebanyak 0,2 mol gula dilarutkan dalam air hingga diperoleh fraksi mol larutan gula sebesar 0,04. Jika  $M_r$  air 18, banyaknya air yang harus ditambahkan adalah ....  
A. 1,6 g  
B. 4,18 g  
C. 8,72 g  
D. 86,4 g  
E. 90 g
- Fraksi mol larutan 36 g glukosa ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) dalam 90 g air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) adalah .... ( $A_r C = 12 \text{ g/mol}$ ,  $A_r O = 16 \text{ g/mol}$ ,  $A_r H = 1 \text{ g/mol}$ )  
A. 0,960  
B. 0,400  
C. 0,040  
D. 0,038  
E. 0,004
- Suatu larutan X mendidih pada suhu  $100,13 \text{ }^\circ\text{C}$ . ( $K_b$  air =  $0,52 \text{ }^\circ\text{C/m}$  dan  $K_f$  air =  $1,86 \text{ }^\circ\text{C/m}$ ) Larutan tersebut akan membeku pada suhu ....  
A.  $-1,86 \text{ }^\circ\text{C}$   
B.  $-0,52 \text{ }^\circ\text{C}$   
C.  $-0,46 \text{ }^\circ\text{C}$   
D.  $-0,26 \text{ }^\circ\text{C}$   
E.  $-0,13 \text{ }^\circ\text{C}$
- Suatu larutan 3 g zat nonelektrolit dalam 100 g air ( $K_f = 1,86 \text{ }^\circ\text{C/m}$ ) membeku pada  $-0,279 \text{ }^\circ\text{C}$ . Massa molekul relatif zat tersebut adalah ....  
A. 95 g/mol  
B. 100 g/mol  
C. 175 g/mol  
D. 200 g/mol  
E. 300 g/mol
- Untuk menaikkan titik didih 250 mL air menjadi  $100,1 \text{ }^\circ\text{C}$  pada 1 atm ( $K_b = 0,5 \text{ }^\circ\text{C/m}$ ) maka jumlah gula ( $M_r = 342 \text{ g/mol}$ ) yang harus dilarutkan adalah ....  
A. 684 g  
B. 342 g  
C. 171 g  
D. 85 g  
E. 17 g
- Jika  $K_f$  air =  $1,86 \text{ }^\circ\text{C/m}$  maka larutan NaOH 4% ( $A_r Na = 23 \text{ g/mol}$ ,  $A_r O = 16 \text{ g/mol}$ ,  $A_r H = 1 \text{ g/mol}$ ) akan membeku pada suhu ....  
A.  $-1,86 \text{ }^\circ\text{C}$   
B.  $-1,94 \text{ }^\circ\text{C}$   
C.  $-3,72 \text{ }^\circ\text{C}$   
D.  $-3,88 \text{ }^\circ\text{C}$   
E.  $-7,442 \text{ }^\circ\text{C}$
- Suatu larutan urea dalam air memiliki penurunan titik beku  $0,372 \text{ }^\circ\text{C}$ . Jika  $K_b$  air =  $0,52 \text{ }^\circ\text{C/m}$  dan  $K_f$  air =  $1,86 \text{ }^\circ\text{C/m}$  maka kenaikan titik didih larutan urea tersebut adalah ....  
A.  $2,6 \text{ }^\circ\text{C}$   
B.  $1,04 \text{ }^\circ\text{C}$   
C.  $0,892 \text{ }^\circ\text{C}$   
D.  $0,104 \text{ }^\circ\text{C}$   
E.  $0,026 \text{ }^\circ\text{C}$
- Di antara larutan berikut ini yang titik bekunya paling tinggi adalah ....  
A.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,3 M  
B.  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,3 M  
C. glukosa 0,8 M  
D.  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  0,4 M  
E.  $\text{CuSO}_4$  0,2 M
- Di antara larutan-larutan 0,01 M berikut ini yang memiliki tekanan osmotik terbesar adalah ....  
A. NaCl  
B.  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$   
C.  $\text{BaCl}_2$   
D.  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$   
E.  $\text{Cr}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2$
- Larutan yang isotonis dengan NaCl 0,3 M adalah ....  
A.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,3 M  
B.  $\text{KNO}_3$  0,2 M  
C. urea 0,1 M  
D. glukosa 0,6 M  
E.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,4 M



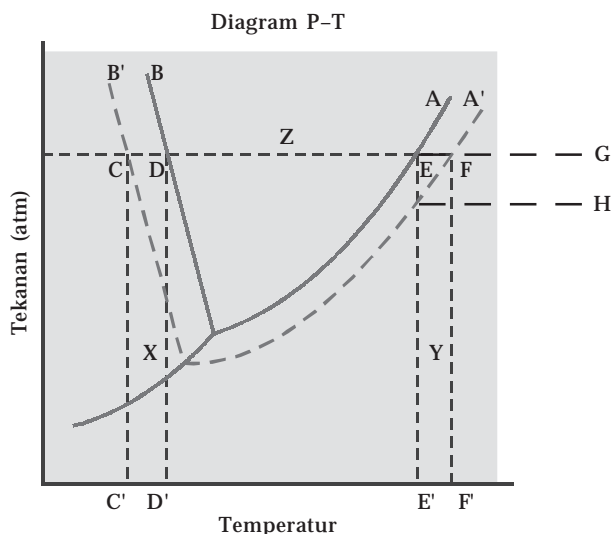
17. Tekanan osmotik suatu larutan yang terdiri atas 7,2 g glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) dalam 250 mL larutan pada suhu  $27^\circ C$  adalah ....  
( $A_r C = 12$  g/mol,  $A_r O = 16$  g/mol,  $A_r H = 1$  g/mol)
- A. 59,1 atm                      D. 3,94 atm  
B. 39,4 atm                      E. 1,97 atm  
C. 19,7 atm
18. Larutan 1,25 g zat X dalam 100 gram kamfer melebur pada suhu  $174,4^\circ C$ . Jika diketahui titik lebur kamfer murni  $178,4^\circ C$  dan  $K_f$  kamfer =  $40^\circ C/m$  maka massa molar ( $M_r$ ) zat X adalah ....
- A. 25                                  D. 500  
B. 125                                E. 250  
C. 1.250
19. Pernyataan yang benar tentang sifat koligatif larutan adalah ....
- A. titik didih larutan lebih tinggi dari titik didih pelarutnya  
B. titik beku larutan lebih tinggi dari titik beku pelarutnya
- C. tekanan uap larutan lebih tinggi dari tekanan uap pelarutnya  
D. tekanan osmotik larutan elektrolit sama dengan tekanan osmotik larutan nonelektrolit dengan konsentrasi yang sama  
E. titik beku larutan elektrolit lebih tinggi dari titik beku larutan nonelektrolit dengan konsentrasi yang sama.
20. Suatu larutan dibuat dari 2 mol  $K_2SO_4$  yang dilarutkan dalam 1.000 g air. Jika diketahui  $K_2SO_4$  terurai 90%, titik didih larutan adalah ....  
( $K_b$  air =  $0,5^\circ C/m$ )
- A.  $100,9^\circ C$   
B.  $101,4^\circ C$   
C.  $102,8^\circ C$   
D.  $103,0^\circ C$   
E.  $163,6^\circ C$

**B. Jawablah pertanyaan berikut dengan benar:**

1. Hitunglah tekanan uap suatu larutan 3 mol glukosa dalam 900 g air pada suhu  $300^\circ C$  jika tekanan uap air murni pada  $100^\circ C$  adalah 31,8 mmHg.
2. Sebanyak 3 g senyawa nonelektrolit dimasukkan ke dalam 50 g eter ( $M_r = 74$  g/mol). Larutan tersebut memiliki tekanan uap sebesar 426 mmHg. Jika tekanan uap eter murni pada suhu tersebut 442 mmHg, tentukan  $M_r$  senyawa nonelektrolit tersebut.
3. Suatu zat organik sebanyak 0,645 g dilarutkan dalam 50 g  $CCl_4$  memberikan  $\Delta T_b = 0,645^\circ C$ . Jika  $K_b$  pelarut =  $5,03^\circ C/m$ , tentukan massa molekul relatif zat itu.
4. Suatu zat nonelektrolit ( $M_r = 40$  g/mol) sebanyak 30 g dilarutkan ke dalam 900 g air, titik beku larutan ini adalah  $-1,550^\circ C$ . Berapa gram zat tersebut yang harus dilarutkan ke dalam 1,2 kg air agar diperoleh larutan dengan titik beku setengahnya dari titik beku di atas?
5. Sebanyak 11,7 g NaCl ( $M_r = 58,5$  g/mol) dilarutkan ke dalam air sampai volume 400 mL. Hitunglah tekanan osmotik larutan yang terbentuk jika diukur pada suhu  $27^\circ C$  dan  $R = 0,082$  L atm/mol K.

**Soal Tantangan**

1. Perhatikan Diagram P-T berikut.



Berdasarkan diagram P-T tersebut, tunjukkan

- kenaikan titik didih larutan;
- penurunan titik beku larutan;
- penurunan tekanan uap; dan
- tentukan fasa zat pada X, Y, dan Z.

2. Pernahkah Anda melihat penjual es potong? Mungkin juga, Anda pernah membelinya. Untuk membuat es potong tersebut, si penjual menaruh garam dapur bersama es balok di sekitar cetakan es. Menurut Anda, mengapa penjual es melakukan hal tersebut?