

LARUTAN DAN SIFAT KOLIGATIFNYA

Sulistyani M.Si
Email:sulistyani@uny.ac.id

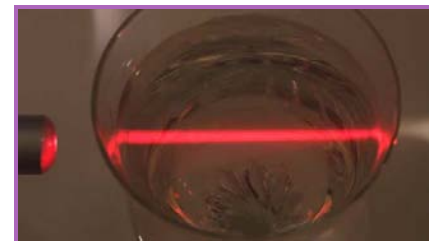
KONSEP MATERI



+



Larutan terdiri dari pelarut (solvent) dan zat terlarut (solute).



KONSENTRASI

Jumlah zat terlarut dalam suatu larutan dinyatakan dengan konsentrasi larutan.

Secara kuantitatif, konsentrasi larutan ada beberapa macam di antaranya:

- Kemolaran
- Kemolalan
- Fraksi mol
- Persen (%)
- Part per million (ppm) atau bagian per juta (bpj)

KEMOLARAN (MOLARITAS)

Kemolaran dari suatu larutan adalah banyaknya mol zat terlarut dalam setiap liter larutan.

$$M = \frac{\text{jumlah mol zat terlarut}}{\text{volum larutan dalam liter}}$$

M = konsentrasi larutan

Latihan 1.1

1. Jika kita melarutkan 9 gram gula ($C_{12}H_{22}O_{11}$) ke dalam 0,25 L air, coba tentukan molaritas larutan gula tersebut!
2. Seorang siswa akan membuat larutan NaOH 2 M. Jika dia ingin membuat larutan tersebut sebanyak 500 mL, berapa gram NaOH yang diperlukan?

KEMOLALAN (MOLALITAS)

Kemolalan adalah perbandingan mol zat terlarut dalam kilogram pelarut. Kemolalan diberi simbol m .

$$m = \frac{\text{jumlah mol zat terlarut}}{\text{massa pelarut dalam kilogram}}$$

Latihan 1.2

1. Berapa kemolalan dari larutan yang dibuat dengan melarutkan 34,2 gram gula pasir dalam 200 gram air?
2. Seorang siswa yang sedang praktikum akan membuat larutan NaOH 1 molal. Berapa massa air yang diperlukan untuk melarutkan NaOH sebanyak 20 gram?

FRAKSI MOL

Fraksi mol adalah perbandingan antara jumlah mol salah satu komponen dalam larutan dengan jumlah mol total. Fraksi mol dinotasikan dengan X .

Jika suatu larutan terdiri dari zat A, zat B, dan zat C, maka fraksi mol masing-masing zat adalah:

Latihan 1.3

$$X_A = \frac{\text{mol A}}{\text{mol A} + \text{mol B} + \text{mol C}}$$

$$X_B = \frac{\text{mol B}}{\text{mol A} + \text{mol B} + \text{mol C}}$$

$$X_C = \frac{\text{mol C}}{\text{mol A} + \text{mol B} + \text{mol C}}$$

1. Suatu larutan terdiri atas 36 mL air (ρ air = 1 g/mL) dan 23 gram alkohol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Berapa fraksi mol alkohol dalam larutan tersebut?
2. Jika 10 gram NaOH dilarutkan ke dalam 90 gram air. Tentukanlah fraksi mol NaOH dan fraksi mol air!
3. Seorang petani akan membuat larutan urea untuk pupuk. Berapa gram air yang diperlukan untuk melarutkan 15 gram urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) agar diperoleh fraksi mol larutan urea 0,1?

PERSEN (%)

Persen massa (b/b) adalah perbandingan gram suatu komponen dalam 100 gram campurannya.

Persen volum (v/v) adalah banyaknya mL komponen dalam 100 mL campurannya.

Persen berat-volum (b/v) adalah banyaknya gram komponen dalam 100 mL campurannya.

Latihan 1.4

1. Jika 20 gram garam (NaCl) terlarut dalam air hingga volumenya mencapai 500 mL, tentukanlah: (ρ air = 1 g/mL)
 - a. persen massa garam
 - b. persen berat-volum garam
2. Berapa gram gula yang harus dicampur dengan 100 gram air untuk membuat larutan gula 20%?

3. Sebanyak 100 gram larutan gula 10% dicampur dengan 200 gram larutan gula 20%. Berapa kadar gula sekarang?
4. Asam sulfat pekat diperdagangkan dengan kadar 98% dan massa jenis 1,8 kg/L. Berapa gram asam sulfat yang terdapat dalam 400 mL asam sulfat pekat tersebut?
5. Tersedia 100 mL alkohol 70% (v/v). Berapa volume air yang harus ditambahkan ke dalam larutan itu supaya kadar alkohol menjadi 30% (v/v)?

BAGIAN PER JUTA (BPJ)

Satuan bpj massa atau ppm massa adalah banyaknya gram zat yang terlarut dalam 1 juta gram larutan.

$$\text{Bagian perjuta} = \frac{\text{massa zat terlarut}}{\text{massa larutan}} \times 1.000.000$$

Satuan bpj volume adalah banyaknya volume suatu komponen dalam sejuta bagian volume campuran.

$$\text{bpj volume} = \frac{\text{volume komponen}}{\text{volume campuran}} \times 10^6$$

Satuan bpj digunakan untuk menyatakan konsentrasi larutan yang sangat encer.

Latihan 1.5

1. Satu liter larutan mengandung 0,1 mg ion Ca^{2+} . Berapa bpj ion Ca^{2+} dalam larutan tersebut? (ρ air = 1 g/mL)
2. Di dalam 1 liter larutan telah dilarutkan 100 gram kristal $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Tentukan bpj konsentrasi ion Cu^{2+} dalam larutan tersebut!
3. Dalam 250 L air limbah terlarut 0,0005 mL oksigen. Nyatakan kadar oksigen itu dalam bpj!
4. Gas CO_2 dalam udara sebanyak 0,033% dari volume udara. Tentukalah kadar CO_2 tersebut di udara dalam ppm!

KOLIGATIF LARUTAN



Dalam membuat es krim diperlukan suhu di bawah 0°C . Bagaimana cara membuat titik beku es krim turun di bawah 0°C ?

Fenomena dalam kehidupan sehari-hari yang melibatkan sifat koligatif larutan:

- Cairan infus bagi pasien harus mempunyai tekanan osmosis yang sama dengan cairan dalam sel darah.
- Tumbuhan menyerap air dalam tanah melalui proses osmosis.

KONSEP MATERI

Sifat koligatif larutan merupakan sifat fisika larutan.

Sifat koligatif larutan adalah sifat yang hanya bergantung pada jumlah partikel zat terlarut dalam larutan dan tidak bergantung pada jenis zat terlarut.

Jika ke dalam air murni kita larutkan zat terlarut, maka akan terjadi hal sebagai berikut.

1. Larutan yang terbentuk mempunyai tekanan uap jenuh yang lebih rendah daripada air murni (terjadi penurunan tekanan uap jenuh)
2. Larutan yang terbentuk mempunyai titik didih lebih tinggi daripada air murni (terjadi kenaikan titik didih)
3. Larutan yang terbentuk mempunyai titik beku lebih rendah daripada air murni (terjadi penurunan titik beku)
4. Larutan itu mempunyai tekanan osmosis lebih besar

PENURUNAN TEKANAN UAP



Tekanan uap adalah tekanan yg ditimbulkan pada saat molekul – molekul suatu cairan akan berubah menjadi molekul – molekul uapnya.

Hukum Raoult

Pada tahun 1880, Francois Raoult seorang ahli kimia dari Perancis membuktikan bahwa P_A/P_A° sama dengan perbandingan fraksi mol A dalam cairan.

$$P_A = X_A P_A^\circ$$

Keterangan:

P_A : tekanan uap zat A dalam larutan

P_A° : tekanan uap murni zat A

X_A : fraksi mol zat A dalam larutan

Larutan yang terdiri atas zat terlarut yang tidak mudah menguap (non volatil), maka tekanan uap zat terlarut sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Oleh karena itu, tekanan uap larutan sama dengan tekanan pelarut murni.

Larutan yang terdiri atas zat terlarut A non volatil dan pelarut B maka tekanan uapnya:

$$P_B = X_B P_B^{\circ}$$
$$P_B = (1 - X_A) P_B^{\circ}$$
$$P_B = P_B^{\circ} - X_A P_B^{\circ}$$
$$P_B^{\circ} - P_B = X_A P_B^{\circ}$$

$$\Delta P_B = X_A P_B^{\circ}$$

Oleh karena $X_B = 1 - X_A$

Keterangan:

n_A : jumlah mol zat terlarut

n_B : jumlah mol pelarut B

X_A : fraksi mol zat terlarut A

X_B : fraksi mol pelarut B

P_B : tekanan uap pelarut B

P_B° : tekanan uap pelarut murni

ΔP_B : penurunan tekanan uap pelarut B akibat penambahan zat terlarut A

Rumus dapat dikembangkan untuk menentukan Mr suatu senyawa zat terlarut.

$$(P_B^{\circ} - P_B) / P_B^{\circ} = X_A$$

$$(P_B^{\circ} - P_B) / P_B^{\circ} = n_A / (n_A + n_B)$$

Untuk larutan yang sangat encer $n_A \ll n_B$ sehingga $n_A + n_B$ mendekati harga n_B .

$$(P_B^{\circ} - P_B) / P_B^{\circ} = n_A / n_B$$

$$n_A = W_A / Mr_A \text{ dan } n_B = W_B / Mr_B$$

$$(P_B^{\circ} - P_B) / P_B^{\circ} = (W_A / Mr_A) / (W_B / Mr_B)$$

$$\Delta P_B / P_B^{\circ} = (W_A / Mr_A) / (W_B / Mr_B)$$

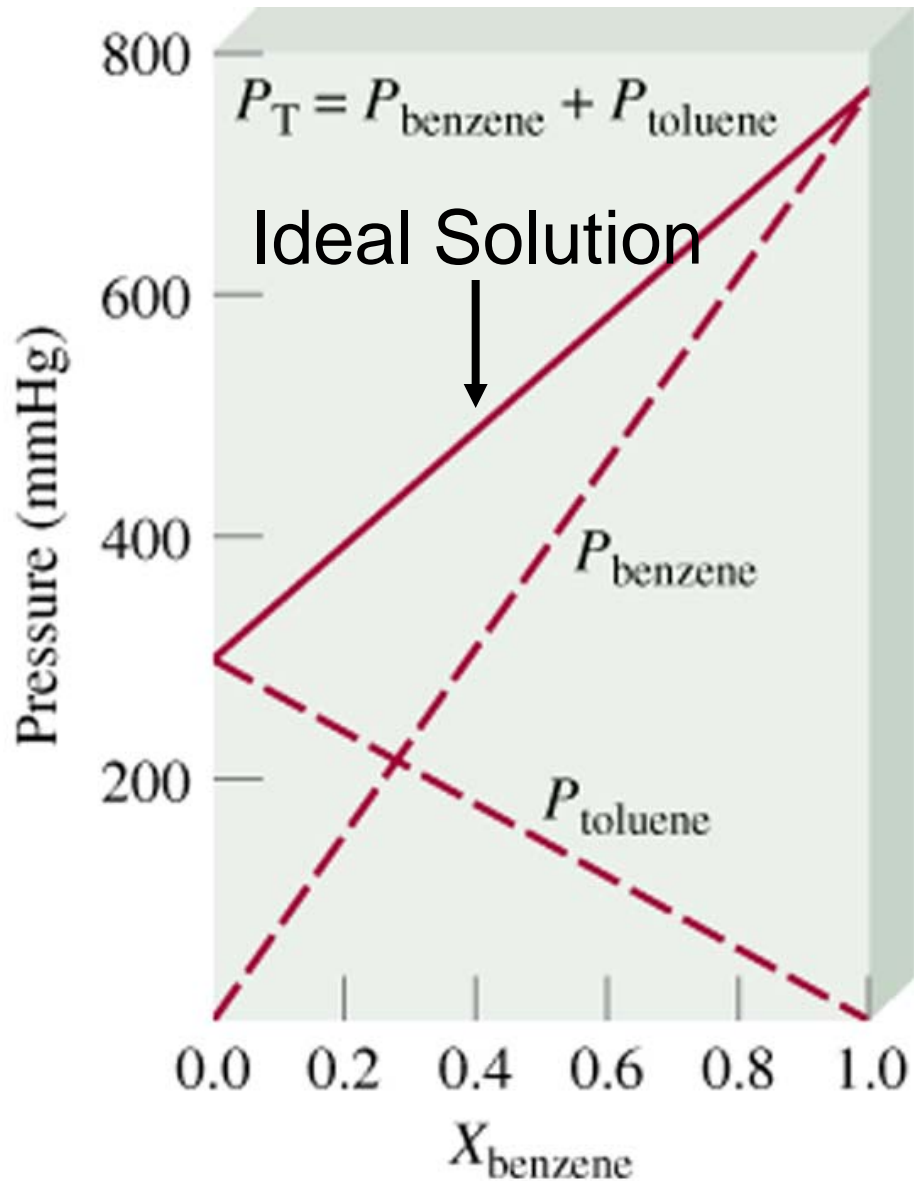
Keterangan

W_A : massa zat terlarut

W_B : massa pelarut

Mr_A : Massa rumus relatif zat terlarut

Mr_B : Massa rumus relatif pelarut



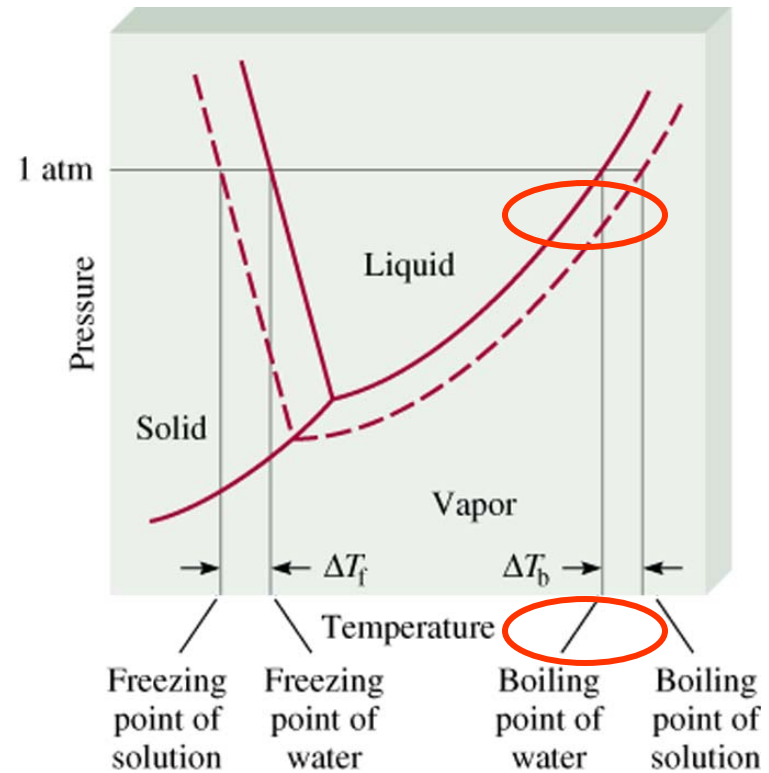
$$P_A = X_A P_A^0$$

$$P_B = X_B P_B^0$$

$$P_T = P_A + P_B$$

$$P_T = X_A P_A^0 + X_B P_B^0$$

PENAIKAN TITIK DIDIH



Kesetimbangan yang terjadi dalam proses pendidihan antara uap larutan dan pelarut di dalam larutan. Jika A merupakan zat pelarut dan B adalah zat terlarut.

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

$$K_b = \frac{RT_b^{*2}}{\Delta H_{vap}} M_A$$

Keterangan:

ΔT_b : kenaikan titik didih

ΔH_v : entalpi penguapan

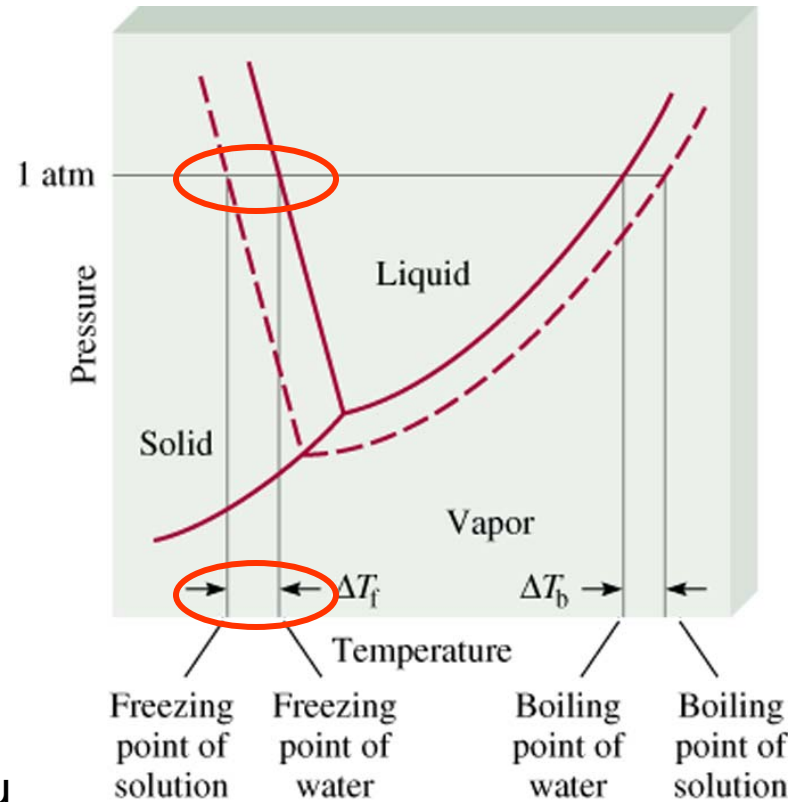
K_b : tetapan ebulioskopi

m_B : molalitas zat terlarut

M_A : massa relatif pelarut

R : Konstanta, $8,314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

PENURUNAN TITIK BEKU



Analog dengan rumus kenaikan titik didih, rumus penurunan titik beku adalah:

$$\Delta T_f = K_f m_B$$

$$K_f = \frac{RT_f^{*2}}{\Delta H_{fus}} M_A$$

Keterangan:

ΔT_f : penurunan titik beku

ΔH_f : entalpi pembekuan

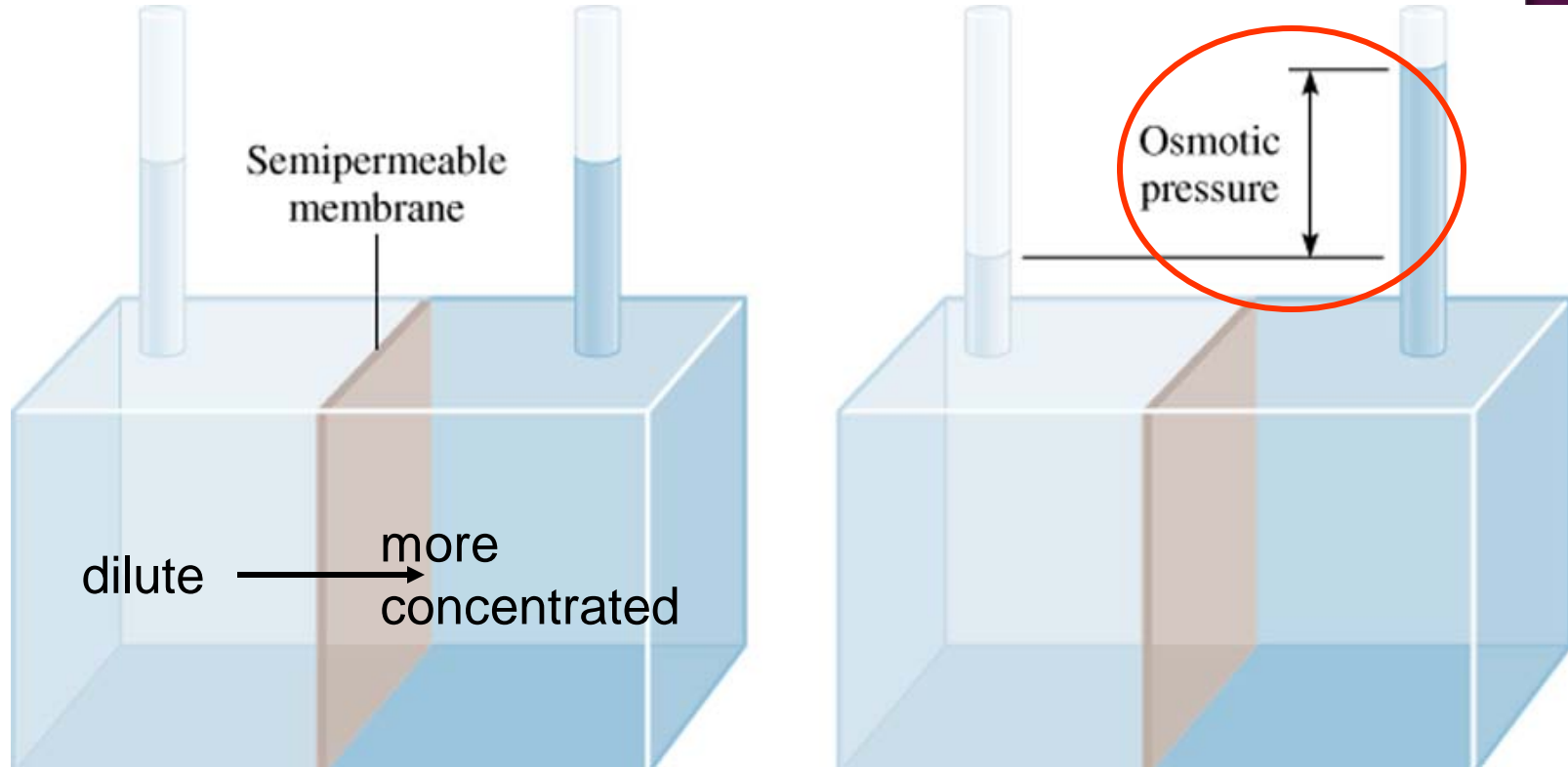
K_b : tetapan ebullioskopi

m_B : molalitas zat terlarut

M_A : massa relatif pelarut

R : Konstanta gas, $8,314 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$

TEKANAN OSMOSIS



Osmosis adalah suatu proses spontan berpindahnya pelarut dari larutan yg lebih encer ke larutan pekat melalui membran semipermeabel (hanya dpt dilalui oleh pelarut sampai konsentrasi kedua larutan sama.

Tekanan osmosis adalah tekanan luar yang harus dikenakan pada larutan untuk mencegah mengalirnya molekul-molekul pelarut murni apabila larutan dan pelarut dipisahkan oleh selaput semipermeabel.

- Contoh selaput membran: $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- Alat pengukur tekanan osmosis dinamakan osmometer.
- Hubungan antara tinggi larutan (h) dengan tekanan osmosis adalah:

$$\begin{aligned}\Pi &= \text{gaya} / \text{luas} \\ &= (A \times \rho \times g \times h) / A \\ &= \rho \times g \times h\end{aligned}$$

Keterangan

A : luas kolom gelas (cm^2)

h : selisih tinggi permukaan kedua cairan (cm^2)

g : konstanta gravitasi ($980,7 \text{ cm/dtk}^2$)

ρ : Massa jenis cairan, utk lar encer $1,0 \text{ g/cm}^3$

Π : tekanan osmosis (dyne/cm^2)

Pada temperatur konstan:

$\Pi \sim C$ sehingga Π/C konstan

Pada konsentrasi konstan: $\Pi \sim T$

sehingga Π/T konstan

$$\Pi \sim C T$$

$$\Pi = k C T$$

$$\Pi = k (n/V) T$$

$$\Pi V = n k T$$

Tetapan k ternyata identik dengan tetapan gas (R) sehingga persamaan dituliskan:

$$\Pi V = n R T$$

persamaan van't Hoff

$$R = 0,0821 \text{ L.atm.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$$

Latihan 1.6

1. Sebanyak 12 gram urea ($M_r = 60$) dilarutkan dalam 180 gram air pada temperatur $25\text{ }^\circ\text{C}$. Pada temperatur tersebut tekanan uap jenuh air adalah $23,76\text{ mmHg}$. Tentukan tekanan uap larutan!
2. Dalam sebuah percobaan, seorang siswa harus melarutkan glukosa ($M_r=180$) dalam 360 gram air. Agar diperoleh larutan dengan tekanan uap jenuh $0,1\text{ mmHg}$ lebih kecil daripada tekanan uap air pada $25\text{ }^\circ\text{C}$, berapa gram gula yang harus ditimbang? (P° air = $23,76\text{ mmHg}$)
3. Sebanyak 15 gram zat X nonelektrolit dilarutkan dalam 250 gram air. Larutan ini mendidih pada temperatur $100,156\text{ }^\circ\text{C}$. K_b air= $0,52\text{ kg}\cdot\text{K}\cdot\text{mol}^{-1}$.. Tentukan massa molekul relatif senyawa X!
4. Hitunglah tekanan osmosis (dalam atm) yang diperlukan untuk mendorong air dari akar ke daun sebuah pohon pepaya yang tingginya 6 m! (massa jenis larutan adalah 1 g/cm^3 ; $1\text{ atm} = 1,0133\cdot 10^6\text{ dyne/cm}^2$ dan $g = 980,7\text{ cm/dtk}^2$)
5. Berapakah tekanan osmosis larutan yang mengandung 1,75 g sukrosa ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) per 150 cm^3 larutan pada $17\text{ }^\circ\text{C}$?

SIFAT KOLIGATIF LARUTAN ELEKTROLIT

Sifat koligatif larutan elektrolit lebih besar daripada sifat koligatif larutan nonelektrolit.

Bila larutan elektrolit terdiri dari senyawa nonvolatil, maka perubahan sifat koligatif larutan akan semakin besar dibandingkan senyawa volatil. Besarnya penyimpangan yang ditimbulkan oleh sifat koligatif larutan elektrolit dapat diprediksikan dengan faktor van't Hoff (i).

$$i = \frac{\text{nilai sifat koligatif yang teramati}}{\text{nilai sifat koligatif teoritis}}$$

Berdasarkan rumusan di atas, dapat diketahui sifat koligatif lain dengan menggunakan hubungan:

$$i_f = \frac{\Delta T_f}{(\Delta T_f)^0} \qquad i_b = \frac{\Delta T_b}{(\Delta T_b)^0}$$

$$(\Delta T_b)^0 = K_b m$$

maka

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

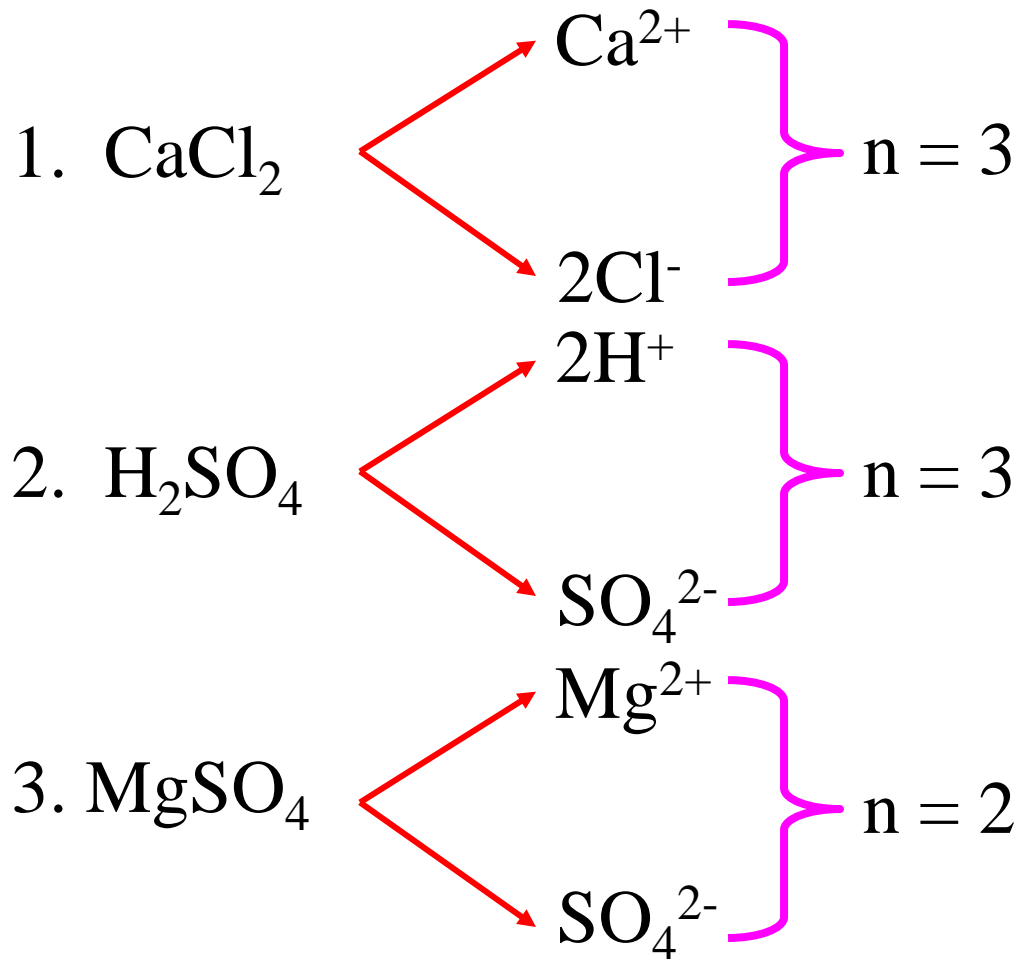
Semakin banyak jumlah ion yang terdapat dalam larutan, nilai i akan semakin besar. Dengan demikian faktor van't Hoff i dapat dirumuskan:

$$i = \frac{\text{jumlah partikel sesungguhnya dalam larutan}}{\text{jumlah partikel sebelum ionisasi}}$$

Elektrolit yang terionisasi sempurna: nilai i mendekati jumlah partikel ion yang diuraikan.

Elektrolit yang terionisasi sebagian: nilai i ditinjau dari harga derajat ionisasinya.

Jumlah ion beberapa senyawa



DERAJAT IONISASI

Derajat ionisasi adalah harga ionisasi dari suatu larutan elektrolit. Andaikan sebuah partikel elektrolit X mengion menjadi n ion Y, molalitas elektrolit X mula-mula adalah m, dan α adalah derajat ionisasi, maka:

| | | | |
|-----------|----------------|----------------------|--------------|
| | X | \rightleftharpoons | nY (ion) |
| Mula-mula | m | | - |
| Reaksi | $-\alpha m$ | | $+n\alpha m$ |
| <hr/> | | | |
| Setimbang | $m - \alpha m$ | | $n\alpha m$ |

$$\begin{aligned}\text{Jumlah akhir zat terlarut} &= \text{jumlah partikel X} + \text{jumlah ion-ion Y} \\ &= (m - \alpha m) + n\alpha m \\ &= [1 + (n - 1)\alpha]m \quad \text{dengan} \quad 1 + (n - 1)\alpha = i \\ &= i \times m\end{aligned}$$

Latihan 1.7

1. Penurunan titik beku yang teramati larutan 0,1 m asam asetat adalah 0,188 °C. Hitunglah derajat ionisasi larutan asam asetat tersebut jika K_f air = 1,86 kg.K.mol⁻¹.
2. Sebanyak 5,85 gram NaCl dilarutkan dalam 4 kg air. Tentukan: a. titik didih larutan dan b. titik beku larutan!
3. Tentukan urutan titik didih larutan berikut!
NaCl 0,2 molal ; urea 0,2 molal ; K₂SO₄ 0,2 molal ; glukosa 0,2 molal
4. Sebanyak 2 mol elektrolit A₂B dilarutkan dalam 2.000 g air. A₂B terionisasi sesuai persamaan berikut ini
$$A_2B \rightleftharpoons AB^- + A^+ \quad \alpha = 80\%$$
$$AB^- \rightleftharpoons B^{2-} + A^+ \quad \alpha = 10\%$$
Tentukan titik didih larutan A₂B tersebut!