2. LARUTAN

1. Sifat Dasar Larutan

Larutan adalah campuran yang bersifat homogen antara molekul, atom ataupun ion dari dua zat atau lebih. Disebut campuran karena susunannya atau komposisinya dapat berubah. Disebut homogen karena susunanya begitu seragam sehingga tidak dapat diamati adanya bagian-bagian yang berlainan, bahkan dengan mikroskop optis sekalipun.

Fase larutan dapat berwujud gas, padat ataupun cair. Larutan gas misalnya udara. Larutan padat misalnya perunggu, amalgam dan paduan logam yang lain. Larutan cair misalnya air laut, larutan gula dalam air, dan lain-lain. Komponen larutan terdiri dari pelarut *(solvent)* dan zat terlarut *(solute)*. Pada bagian ini dibahas larutan cair.

Pelarut cair umumnya adalah air. Pelarut cair yang lain misalnya bensena, kloroform, eter, dan alkohol. Jika pelarutnya bukan air, maka nama pelarutnya disebutkan. Misalnya larutan garam dalam alkohol disebut larutan garam dalam alkohol (alkohol disebutkan), tetapi larutan garam dalam air disebut larutan garam (air tidak disebutkan). Zat terlarut dapat berupa zat padat, gas atau cair. Zat padat terlarut dalam air misalnya gula dan garam. Gas terlarut dalam air misalnya amonia, karbon dioksida, dan oksigen. Zat cair terlarut dalam air misalnya alkohol dan cuka. Umumnya komponen larutan yang jumlahnya lebih banyak disebut sebagai pelarut. Larutan 40 % alkohol dengan 60 % air disebut larutan alkohol. Larutan 60 % alkohol dengan 40 % air disebut larutan air dalam alkohol. Larutan 60 % gula dengan 40 % air disebut larutan gula karena dalam larutan itu air terlihat tidak berubah sedangkan gula berubah dari padatan (kristal) menjadi terlarut (menyerupai air).

2. Kelarutan

Sebutir kristal gula pasir merupakan gabungan dari beberapa molekul gula. Jika kristal gula itu dimasukkan ke dalam air, maka molekul-molekul gula akan memisah dari permukaan kristal gula menuju ke dalam air (disebut melarut). Molekul gula itu bergerak secara acak seperti gerakan molekul air, sehingga pada suatu saat dapat menumbuk permukaan kristal gula atau molekul gula yang lain. Sebagian molekul gula akan terikat kembali dengan kristalnya atau saling bergabung dengan molekul gula yang lain sehingga kembali membentuk kristal (mengkristal ulang). Jika laju pelarutan gula sama dengan laju pengkristalan ulang, maka proses itu berada dalam kesetimbangan dan larutannya disebut jenuh.

Kristal gula + air $\Leftrightarrow$ larutan gula

Larutan jenuh adalah larutan yang mengandung zat terlarut dalam jumlah yang diperlukan untuk adanya kesetimbangan antara *solute* yang terlarut dan yang tak terlarut. Banyaknya *solute* yang melarut dalam pelarut yang banyaknya tertentu untuk menghasilkan suatu larutan jenuh disebut kelarutan *(solubility)* zat itu. Kelarutan umumnya dinyatakan dalam gram zat terlarut per 100 mL pelarut, atau per 100 gram pelarut pada temperatur yang tertentu. Jika kelarutan zat kurang dari 0,01 gram per 100 gram pelarut, maka zat itu dikatakan tak larut *(insoluble)*.

Jika jumlah *solute* yang terlarut kurang dari kelarutannya, maka larutannya disebut tak jenuh *(unsaturated)*. Larutan tak jenuh lebih encer (kurang pekat) dibandingkan dengan larutan jenuh. Jika jumlah *solute* yang terlarut lebih banyak dari kelarutannya,

maka larutannya disebut lewat jenuh *(supersaturated)*. Larutan lewat jenuh lebih pekat daripada larutan jenuh. Larutan lewat jenuh biasanya dibuat dengan cara membuat larutan jenuh pada temperatur yang lebih tinggi. Pada cara ini zat terlarut harus mempunyai kelarutan yang lebih besar dalam pelarut panas daripada dalam pelarut dingin. Jika dalam larutan yang panas itu masih tersisa zat terlarut yang sudah tak dapat melarut lagi, maka sisa itu harus disingkirkan dan tidak boleh ada zat lain yang masuk. Kemudian larutan itu didinginkan hati-hati dengan cara didiamkan untuk menghindari pengkristalan. Jika tidak ada *solute* yang memisahkan diri (mengkristal kembali) selama pendinginan, maka larutan dingin yang diperoleh bersifat lewat jenuh. Larutan lewat jenuh yang dapat dibuat dengan cara ini misalnya larutan dari sukrosa, natrium asetat dan natrium tiosulfat (hipo). Larutan lewat jenuh merupakan suatu sistem metastabil. Larutan ini dapat diubah menjadi larutan jenuh dengan menambahkan kristal yang kecil (kristal inti/bibit) umumnya kristal dari *solute*. Kelebihan molekul *solute* akan terikat pada kristal inti dan akan mengkristal kembali.

Kelarutan senyawa logam biasa, yaitu senyawa logam golongan IA, IIA, IB, IIB, Mn, Fe, Co, Ni, Al, Sn, Pb, Sb, Bi, dan NH_4^+ adalah seperti pada tabel berikut:

Senyawa	Kelarutan
Nitrat	Semua larut
Nitrit	Semua larut kecuali Ag^+
Asetat	Semua larut kecuali Ag^+, Hg_2^{2+}, Bi^{3+}
Klorida	Semua larut kecuali Ag^+, Hg_2^{2+}, Pb^{2+}, Cu^{3+}
Bromida	Semua larut kecuali Ag^+, Hg_2^{2+}, Pb^{2+}
Iodida	Semua larut kecuali Ag^+, Hg_2^{2+}, Pb^{2+}, Bi^{3+}
Sulfat	Semua larut kecuali Ba^+, Sr_2^+, Pb^{2+}, (Ca^{2+} sedikit larut)
Sulfit	Semua tidak larut kecuali Na^+, K^+, NH_4^+
Sulfida	Semua tidak larut kecuali Na^+, K^+, NH_4^+, Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}
Fosfat	Semua tidak larut kecuali Na^+, K^+, NH_4^+
Karbonat	Semua tidak larut kecuali Na^+, K^+, NH_4^+
Oksalat	Semua tidak larut kecuali Na^+, K^+, NH_4^+
Oksida	Semua tidak larut kecuali Na^+, K^+, Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}
Hidroksida	Semua tidak larut kecuali Na^+, K^+, NH_4^+, Ba^{2+}, Sr^{2+}, (Ca^{2+} sedikit larut)

Tabel 1. Kelarutan beberapa senyawa dalam air.

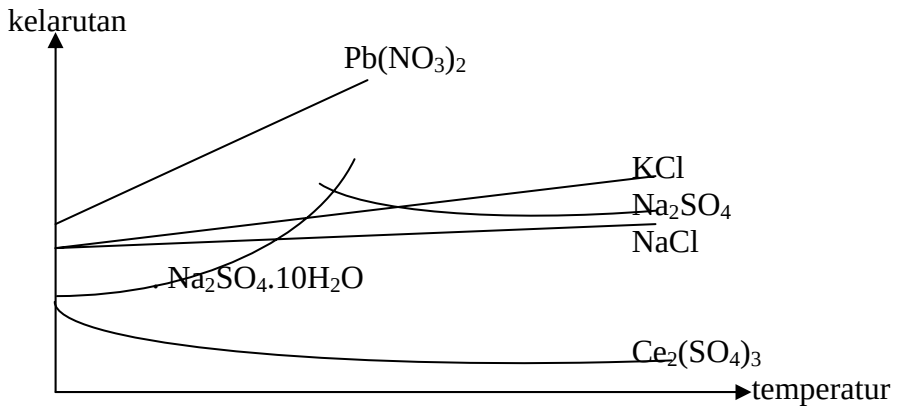
Faktor-faktor yang mempengaruhi kelarutan antara lain jenis zat terlarut, jenis pelarut, temperatur, dan tekanan.

a. Pengaruh Jenis Zat pada Kelarutan

Zat-zat dengan struktur kimia yang mirip umumnya dapat saling bercampur dengan baik, sedangkan zat-zat yang struktur kimianya berbeda umumnya kurang dapat saling bercampur *(like dissolves like)*. Senyawa yang bersifat polar akan mudah larut dalam pelarut polar, sedangkan senyawa nonpolar akan mudah larut dalam pelarut nonpolar. Contohnya alkohol dan air bercampur sempurna *(completely miscible)*, air dan eter bercampur sebagian *(partially miscible)*, sedangkan minyak dan air tidak bercampur *(completely immiscible)*.

b. Pengaruh Temperatur pada Kelarutan

Kelarutan gas umumnya berkurang pada temperatur yang lebih tinggi. Misalnya jika air dipanaskan, maka timbul gelembung-gelembung gas yang keluar dari dalam air, sehingga gas yang terlarut dalam air tersebut menjadi berkurang. Kebanyakan zat padat kelarutannya lebih besar pada temperatur yang lebih tinggi. Ada beberapa zat padat yang kelarutannya berkurang pada temperatur yang lebih tinggi, misalnya natrium sulfat dan serium sulfat. Pada larutan jenuh terdapat kesetimbangan antara proses pelarutan dan proses pengkristalan kembali. Jika salah satu proses bersifat endoterm, maka proses sebaliknya bersifat eksoterm. Jika temperatur dinaikkan, maka sesuai dengan azas *Le Chatelier (Henri Louis Le Chatelier: 1850-1936)* kesetimbangan itu bergeser ke arah proses endoterm. Jadi jika proses pelarutan bersifat endoterm, maka kelarutannya bertambah pada temperatur yang lebih tinggi. Sebaliknya jika proses pelarutan bersifat eksoterm, maka kelarutannya berkurang pada suhu yang lebih tinggi.



Gambar 1. Kurva hubungan antara kelarutan beberapa garam dengan temperatur.

c. Pengaruh tekanan pada kelarutan

Perubahan tekanan pengaruhnya kecil terhadap kelarutan zat cair atau padat. Perubahan tekanan sebesar 500 atm hanya merubah kelarutan NaCl sekitar 2,3 % dan NH_4Cl sekitar 5,1 %. Kelarutan gas sebanding dengan tekanan *partial* gas itu. Menurut hukum *Henry (William Henry: 1774-1836)* massa gas yang melarut dalam sejumlah tertentu cairan (pelarutnya) berbanding lurus dengan tekanan yang dilakukan oleh gas itu (tekanan *partial*), yang berada dalam kesetimbangan dengan larutan itu. Contohnya kelarutan oksigen dalam air bertambah menjadi 5 kali jika tekanan *partial*-nya dinaikkan 5 kali. Hukum ini tidak berlaku untuk gas yang bereaksi dengan pelarut, misalnya HCl atau NH_3 dalam air.

3. Konsentrasi Larutan

Konsentrasi larutan menyatakan banyaknya zat terlarut dalam sejumlah tertentu larutan. Secara fisika konsentrasi dapat dinyatakan dalam % (persen) atau ppm *(part per million)* = bpj (bagian per juta). Dalam kimia konsentrasi larutan dinyatakan dalam molar (M), molal (m) atau normal (N).

a. Molaritas (M)

Molaritas menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam setiap liter larutan.

$$M = \frac{mol\ zat\ terlarut}{volume\ larutan} = \frac{mol}{L} = \frac{mol}{mL} x1000\ mL/L$$

b. Molalitas (m)

Molalitas menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam setiap kilo gram (1 000 gram) pelarut.

$$m = \frac{mol\ zat\ terlarut}{kg\ pelarut} = \frac{mol\ zat\ terlarut}{g\ pelarut} x1000\ g/kg$$

c. Normalitas (N)

Normalitas menyatakan jumlah ekuivalen zat terlarut dalam setiap liter larutan.

$$N = \frac{ekuivalen\ solute}{L\ larutan} = \frac{\frac{massa\ solute}{massa\ ekuivalen}}{L} = \frac{\frac{\frac{gram}{Mr}}{n}}{L} = \frac{n\ x\ \frac{gram}{Mr}}{L} = \frac{n\ x\ mol}{L} = n\ x\ M$$

Massa ekuivalen adalah massa zat yang diperlukan untuk menangkap atau melepaskan 1 mol elektron dalam reaksi (reaksi redoks).

Contoh soal:

Sebanyak 1,11 g $CuCl_2$ dilarutkan ke dalam 100 g air. Jika massa jenis air 1 g/mL, massa atom relatif Cu = 40 dan massa atom relatif Cl = 35,5, maka hitunglah konsentrasi larutan tersebut dalam:

a. Molar
b. Molal
c. Normal

Jawab:

Massa molar $CuCl_2$ = 40 + (2 x 35,5) = 111 g/mol
Volume air = massa : massa jenis = 100 g : 1 g/mL = 100 mL
Mol $CuCl_2$ = massa : massa molar = 1,11 g : 111 g/mol = 0,01 mol
Jika volume larutan = volume air, maka

a. M $CuCl_2$ = (mol : mL) x 1000 mL/L = (0,01 mol : 100 mL) x 1000 mL/L = 0,1 M
b. m $CuCl_2$ = (mol : g) x 1000 g/kg = (0,01 mol : 100 g) x 1000 g/kg = 0,1 m
c. $CuCl_{2\,(aq)} \longrightarrow Cu^{2+}_{(aq)} + 2\ Cl^{-}_{(aq)}$

   $Cu^{2+}_{(aq)} + 2\ e \longrightarrow Cu_{(s)}$

   2 mol elektron ekuivalen dengan 1 mol $CuCl_2$. Jadi n = 2 ek/mol.
   N $CuCl_2$ = n x mol : L = 2 ek/mol x 0,001 mol : 0,1 L = 0,2 N

4. Daya Hantar Listrik Larutan

Berdasarkan daya hantar listriknya, larutan dapat bersifat elektrolit atau nonelektrolit. Larutan yang dapat menghantarkan arus listrik disebut larutan yang bersifat elektrolit. Larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik disebut larutan yang bersifat nonelektrolit. Pada larutan elektrolit, yang menghantarkan arus listrik adalah ion-ion yang terdapat di dalam larutan tersebut. Pada elektroda negatif (katoda) ion positip menangkap elektron (terjadi reaksi reduksi), sedangkan pada elektroda positip (anoda) ion negatif melepaskan elektron (terjadi reaksi oksidasi). Jika di dalam larutan tidak terdapat ion, maka larutan tersebut tidak dapat menghantarkan arus listrik.

Senyawa elektrolit adalah senyawa yang jika dilarutkan ke dalam air akan terion (atau terionisasi). Senyawa elektrolit dapat dibedakan menjadi senyawa elektrolit kuat dan senyawa elektrolit lemah. Senyawa elektrolit kuat adalah senyawa yang di dalam air terion sempurna atau mendekati sempurna, sehingga senyawa tersebut semuanya atau hampir semua berubah menjadi ion. Senyawa yang termasuk senyawa elektrolit kuat adalah:

a. Asam kuat, contohnya: HCl, HBr, HI, H_2SO_4, HNO_3, $HCLO_4$
b. Basa kuat, contohnya: NaOH, KOH, $Ba(OH)_2$, $Sr(OH)_2$
c. Garam, misalnya: NaCl, KCl, $MgCl_2$, KNO_3, $MgSO_4$

Partikel-partikel yang ada di dalam larutan elektrolit kuat adalah ion-ion yang bergabung dengan molekul air, sehingga larutan tersebut daya hantar listriknya kuat. Hal ini disebabkan karena tidak ada molekul atau partikel lain yang menghalangi gerakan ion-ion untuk menghantarkan arus listrik, sementara molekul-molekul air adalah sebagai media untuk pergerakan ion. Misalnya HCl dilarutkan ke dalam air, maka semua HCl akan bereaksi dengan air dan berubah menjadi ion-ion dengan persamaan reaksi berikut:

$$HCl_{(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

Reaksi ini biasa dituliskan:

$$HCl_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

Senyawa elektrolit lemah adalah senyawa yang di dalam air terion sebagian atau senyawa tersebut hanya sebagian saja yang berubah menjadi ion dan sebagian yang lainnya masih sebagai molekul senyawa yang terlarut. Larutan yang terbentuk daya hantar listriknya lemah atau kurang kuat karena molekul-molekul senyawa dalam larutan tidak dapat menghantarkan listrik, sehingga menghalangi ion-ion yang akan menghantarkan listrik. Senyawa yang termasuk senyawa elektrolit lemah adalah:

a. Asam lemah, contohnya: HF, H_2S, HCN, H_2CO_3, HCOOH, CH_3COOH
b. Basa lemah, contohnya: $Fe(OH)_3$, $Cu(OH)_2$, NH_3, N_2H_4, CH_3NH_2, $(CH_3)_2NH$

Misalnya CH_3COOH dilarutkan ke dalam air, maka sebagian CH_3COOH akan terion dengan persamaan reaksi seperti berikut:

$$CH_3COOH_{(s)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow H_3O^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$

CH_3COOH yang terion reaksinya biasa dituliskan:

$$CH_3COOH_{(aq)} \longrightarrow H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$

Ion-ion yang telah terbentuk sebagian bereaksi kembali membentuk CH_3COOH, sehingga dikatakan CH_3COOH yang terion hanya sebagian. Reaksinya dapat dituliskan:

$$CH_3COOH_{(aq)} \Leftrightarrow H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$

Partikel-partikel yang ada di dalam larutan adalah molekul-molekul senyawa CH_3COOH yang terlarut dan ion-ion H^+ dan CH_3COO^-. Molekul senyawa CH_3COOH tidak dapat menghantarkan arus listrik, sehinggga akan menjadi penghambat bagi ion-ion H^+ dan CH_3COO^- untuk menghantarkan arus listrik. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa larutan elektrolit lemah daya hantar listriknya kurang kuat.

Senyawa nonelektrolit adalah senyawa yang di dalam air tidak terion, sehingga partikel-partikel yang ada di dalam larutan adalah molekul-molekul senyawa yang terlarut. Dalam larutan tidak terdapat ion, sehingga larutan tersebut tidak dapat menghantarkan arus listrik. Kecuali asam atau basa, senyawa kovalen adalah senyawa nonelektrolit, misalnya: $C_6H_{12}O_6$, $CO(NH_2)_2$, CH_4, C_3H_8, $C_{13}H_{10}O$.

5. Sifat Koligatif Larutan Non-elektrolit

Sifat larutan berbeda dengan sifat pelarut murninya. Terdapat empat sifat fisika yang penting yang besarnya bergantung pada banyaknya partikel zat terlarut tetapi tidak bergantung pada jenis zat terlarutnya. Keempat sifat ini dikenal dengan sifat koligatif larutan. Sifat ini besarnya berbanding lurus dengan jumlah partikel zat terlarut. Sifat koligatif tersebut adalah tekanan uap, titik didih, titik beku, dan tekanan osmosis. Menurut hukum sifat koligatif, selisih tekanan uap, titik beku, dan titik didih suatu larutan dengan tekanan uap, titik beku, dan titik didih pelarut murninya berbanding langsung dengan konsentrasi molal zat terlarut. Larutan yang bisa memenuhi hukum sifat koligatif ini disebut larutan ideal. Kebanyakan larutan mendekati ideal hanya jika sangat encer.

a. Tekanan Uap Larutan

Tekanan uap larutan lebih rendah dari tekanan uap pelarut murninya. Pada larutan ideal, menurut hukum Raoult, tiap komponen dalam suatu larutan melakukan tekanan yang sama dengan fraksi mol kali tekanan uap dari pelarut murni.

$$P_A = X_A \cdot P^0_A$$

P_A = tekanan uap yang dilakukan oleh komponen A dalam larutan.
X_A = fraksi mol komponen A.
P^0_A = tekanan uap zat murni A.

Dalam larutan yang mengandung zat terlarut yang tidak mudah menguap (tak-atsiri atau *nonvolatile*), tekanan uap hanya disebabkan oleh pelarut, sehingga P_A dapat dianggap sebagai tekanan uap pelarut maupun tekanan uap larutan.

Contoh soal:
Pada suhu 30°C tekanan uap air murni adalah 31,82 mmHg. Hitunglah tekanan uap larutan sukrosa 2 m pada suhu 30°C.

Jawab:

Jika dimisalkan pelarutnya 1 000 g, maka:
Mol sukrosa = 2 mol
Mol air = 1 000 g : 18 g/mol = 55,6 mol
Tekanan uap larutan = tekanan uap pelarut = P_A = $X_A \cdot P^0_A$
= [55,6 mol : (55,6 + 2) mol] x 31,82 mmHg
= 30,7 mmHg

b. Titik Didih Larutan

Titik didih larutan bergantung pada kemudahan zat terlarutnya menguap. Jika zat terlarutnya lebih mudah menguap daripada pelarutnya (titik didih zat terlarut lebih rendah), maka titik didih larutan menjadi lebih rendah dari titik didih pelarutnya atau dikatakan titik didih larutan turun. Contohnya larutan etil alkohol dalam air titik didihnya lebih rendah dari 100 °C tetapi lebih tinggi dari 78,3 °C (titik didih etil alkohol 78,3 °C dan titik didih air 100 °C). Jika zat terlarutnya tidak mudah menguap (tak-atsiri atau *nonvolatile*) daripada pelarutnya (titik didih zat terlarut lebih tinggi), maka titik didih larutan menjadi lebih tinggi dari titik didih pelarutnya atau dikatakan titik didih larutan naik. Pada contoh larutan etil alkohol dalam air tersebut, jika dianggap pelarutnya adalah etil alkohol, maka titik didih larutan juga naik. Kenaikan titik didih larutan disebabkan oleh turunnya tekanan uap larutan. Berdasar hukum sifat koligatif larutan, kenaikan titik didih larutan dari titik didih pelarut murninya berbanding lurus dengan molalitas larutan.

$$\Delta t_b = k_b \cdot m$$

Δt_b = kenaikan titik didih larutan.
k_b = kenaikan titik didih molal pelarut.
m = konsentrasi larutan dalam molal.

Contoh soal:
Hitunglah titik didih larutan glukosa 0,1 m jika kenaikan titik didih molal air 0,512 °C /m !

Jawab:

$\Delta t_b = k_b \cdot m$ = 0,512 °C /m x 0,1 m = 0,0512 °C
Jadi t_b larutan = t_b air + Δt_b = 100 °C + 0,0512 °C = 100,0512 °C

c. Titik Beku Larutan

Penurunan tekanan uap larutan menyebabkan titik beku larutan menjadi lebih rendah dari titik beku pelarut murninya. Hukum sifat koligatif untuk penurunan titik beku larutan berlaku pada larutan dengan zat terlarut atsiri (*volatile*) maupun tak-atsiri (*nonvolatile*). Berdasar hukum tersebut, penurunan titik beku larutan dari titik beku pelarut murninya berbanding lurus dengan molalitas larutan.

$$\Delta t_f = k_f \cdot m$$

Δt_f = penurunan titik beku larutan.
k_f = penurunan titik beku molal pelarut.
m = konsentrasi larutan dalam molal.

Contoh soal:
Hitunglah titik beku larutan glukosa 0,1 m jika penuruan titik beku molal air 1,86 °C /m !

Jawab:

$\Delta t_f = k_f \cdot m$ = 1,86 °C /m x 0,1 m = 0,186 °C
Jadi t_f larutan = t_f air – Δt_f = 0 °C – 0,186 °C = – 0,186 °C

Besarnya tetapan titik didih molal (k_b) dan titik beku molal (k_f) beberapa pelarut adalah seperti pada tabel berikut:

Pelarut	Titik beku (°C)	k_f (°C /m)	Titik didih (°C)	k_b (°C /m)
Air	0,0	1,86	100,0	0,512
Asam asetat	16,6	3,9	117,9	3,07
Benzena	5,50	4,9	80,1	2,53
Kamfor	179,8	39,7	207,42	5,61
Nitrobenzena	5,7	7,0	210,8	5,24
Fenol	40,90	7,4	181,75	3,56

Tabel 2. Tetepan titik beku molal dan titik didih molal beberapa pelarut.

d. Tekanan Osmose Larutan

Peristiwa lewatnya molekul pelarut menembus membran semipermeabel dan masuk ke dalam larutan disebut osmose. Tekanan osmose larutan adalah tekanan yang harus diberikan pada larutan untuk mencegah terjadinya osmose (pada tekanan 1 atm) ke dalam larutan tersebut. Hampir mirip dengan tekanan pada gas ideal, pada larutan ideal, besarnya tekanan osmose berbanding lurus dengan konsentrasi zat terlarut.

$$\pi = \frac{n.R.T}{V} = M.R.T$$

π = tekanan osmose (atm).
n = jumlah mol zat terlarut (mol).
R = tetapan gas ideal = 0,08206 L.atm/mol.K
T = suhu larutan (K).
V = volume larutan (L).
M = molaritas (M = mol/L).

Jika tekanan yang diberikan pada larutan lebih besar dari tekanan osmose, maka pelarut murni akan keluar dari larutan melewati membran semipermeabel. Peristiwa ini disebut osmose balik *(reverse osmosis)*, misalnya pada proses pengolahan untuk memperoleh air tawar dari air laut.

Contoh soal:
Hitunglah berapa tekanan osmose yang harus diberikan pada 1 liter larutan gula 0,1 M pada suhu 27 °C supaya air tidak dapat menembus membran semipermeabel masuk ke dalam larutan tersebut !

Jawab:

π = (n.R.T) : V = M.R.T
= 0,1 M x 0,08206 L.atm/mol.K x (27 + 273) K
= 2,46 atm

6. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit memperlihatkan sifat koligatif yang lebih besar dari hasil perhitungan dengan persamaan untuk sifat koligatif larutan nonelektrolit di atas. Perbandingan antara sifat koligatif larutan elektrolit yang terlihat dan hasil perhitungan dengan persamaan untuk sifat koligatif larutan nonelektrolit, menurut *Van't Hoff* besarnya selalu tetap dan diberi simbul i (i = tetapan atau faktor *Van't Hoff*). Dengan demikian dapat dituliskan:

$$i = \frac{sifat\ koligatif\ larutan\ elktrolit\ dengan\ konsentrasi\ m}{sifat\ koligatif\ larutan\ nonelektrolit\ dengan\ konsentrasi\ m}$$

Semakin kecil konsentrasi larutan elektrolit, harga i semakin besar, yaitu semakin mendekati jumlah ion yang dihasilkan oleh satu molekul senyawa elektrolitnya. Untuk larutan encer, yaitu larutan yang konsentrasinya kurang dari 0,001 m, harga i dianggap sama dengan jumlah ion. Contohnya dalam tabel berikut:

Larutan	0,1 m	0,05 m	0,01 m	0,005 m	Jumlah ion
NaCl	1,87	1,89	1,93	1,94	2
KCl	1,86	1,88	1,94	1,96	2
K_2SO_4	2,46	2,57	2,77	2,86	3
H_2SO_4	2,22	2,32	2,59	2,72	3
HCl	1,91	1,92	1,97	1,99	2

Tabel 3. Harga i untuk beberapa larutan elektrolit

Ionisasi senyawa KCl dan K_2SO_4 adalah seperti berikut:

$KCl_{(aq)} \longrightarrow K^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$; jumlah ion = 1 + 1 = 2

$K_2SO_{4\,(aq)} \longrightarrow 2K^+_{(aq)} + SO_4^{2-}{}_{(aq)}$; jumlah ion = 2 + 1 = 3

Empat macam sifat koligatif larutan elektrolit adalah:

a. Penurunan tekanan uap, $\Delta P = i.P^0.X_A$
b. Kenaikan titik didih, $\Delta t_b = i.k_b.m$
c. Penurunan titik beku, $\Delta t_f = i.k_f.m$
d. Tekanan osmose,

$$\pi = \frac{i.n.R.T}{V} = i.M.R.T$$

Contoh soal:

Terdapat tiga macam larutan, yaitu:

(i) 0,360 gram $C_6H_{12}O_6$ dilarutkan ke dalam 2 liter air.
(ii) 0,320 gram $CuSO_4$ dilarutkan ke dalam 2 liter air.
(iii) 0,267 gram $AlCl_3$ dilarutkan ke dalam 2 liter air.

Jika massa jenis air = 1 g/mL, k_b air = 0,512 °C/m, k_f air = 1,86 °C/m, massa atom relatif H = 1, C = 12, O = 16, Al = 27, S = 32, Cl = 35,5, dan Cu = 64, maka hitunglah:

a. Titik didih masing-masing larutan tersebut.
b. Titik beku masing-masing larutan tersebut.
c. Tekanan uap masing-masing larutan tersebut, jika tekanan uap air 1 atm.
d. Tekanan osmose untuk mencegah osmose pada masing-masing larutan tersebut pada suhu 27 °C.

Jawab:

Massa jenis air = 1 g/mL = 1 kg/L
Massa 2 L air = 2 L x 1 kg/L = 2 kg
Mol 2 L air = 2 000 g : 18 g/mol = 111,111 mol
Massa molar $C_6H_{12}O_6$ = (6 x 12) + (12 X 1) + (6 X 16) = 180 g/mol
Mol $C_6H_{12}O_6$ = 0,360 g : 180 g/mol = 0,002 mol
Molalitas $C_6H_{12}O_6$ = 0,002 mol : 2 kg = 0,001 m
Massa molar $CuSO_4$ = (1 X 64) + (1 x 32) + (4 x 16) = 160 g/mol
Mol $CuSO_4$ = 0,320 g : 160 g/mol = 0,002 mol
Molalitas $CuSO_4$ = 0,002 mol : 2 kg = 0,001 m
Massa molar $AlCl_3$ = (1 x 27) + (3 x 35,5) = 133,5 g/mol
Mol $AlCl_3$ = 0,267 g : 133,5 g/mol = 0,002 mol
Molalitas $AlCl_3$ = 0,002 mol : 2 kg = 0,001 m

a. t_b larutan = t_b air + Δt_b
   (i) t_b $C_6H_{12}O_6$ = 100 °C + k_b.m
   = 100 °C + (0,512 °C/m x 0,001 m) = 100,000512 °C
   (ii) t_b $CuSO_4$ = 100 °C + i. k_b.m
   = 100 °C + (2 x 0,512 °C/m x 0,001 m) = 100,001024 °C
   (iii) t_b $AlCl_3$ = 100 °C + i. k_b.m
   = 100 °C + (3 x 0,512 °C/m x 0,001 m) = 100,001536 °C

b. t_f larutan = t_f air – Δt_f
   (i) t_f $C_6H_{12}O_6$ = 0 °C – k_f.m
   = 0 °C – (1,86 °C/m x 0,001 m) = – 0,00186 °C
   (ii) t_f $CuSO_4$ = 0 °C – i. k_f.m
   = 0 °C – (2 x 1,86 °C/m x 0,001 m) = – 0,00372 °C
   (iii) t_f $AlCl_3$ = 0 °C – i. k_f.m
   = 0 °C – (3 x 1,86 °C/m x 0,001 m) = – 0,00558 °C

c. P larutan = P air – ΔP
   (i) P $C_6H_{12}O_6$ = 1 atm – P^0.X $C_6H_{12}O_6$
   = 1 atm – {1 atm x [0,002 mol : (0,002 mol + 111,111 mol)]}
   = 0,999982 atm
   (ii) P $CuSO_4$ = 1 atm – i.P^0.X $CuSO_4$
   = 1 atm – {2 x 1 atm x [0,002 mol : (0,002 mol + 111,111 mol)]}
   = 0,999964 atm
   (iii) P $AlCl_3$ = 1 atm – i.P^0.X $AlCl_3$
   = 1 atm – {3 x 1 atm x [0,002 mol : (0,002 mol + 111,111 mol)]}
   = 0,999946 atm

d. π larutan = n.R.T : V
   (i) π $C_6H_{12}O_6$ = [0,002 mol x 0,08206 L.atm/mol.K x (27 + 273) K] : 2 L
   = 0,049236 atm

(iii) π $CuSO_4$ = [0,002 mol x 0,08206 L.atm/mol.K x (27 + 273) K] : 2 L
= 0,098472 atm

(iii) π $AlCl_3$ = [0,002 mol x 0,08206 L.atm/mol.K x (27 + 273) K] : 2 L
= 0,196944 atm

Soal latihan:

1. Sebanyak 0,585 gram garam dapur, NaCl dilarutkan ke dalam 10 liter air. Jika massa jenis air 1 g/mL, dan larutan tersebut dianggap ideal, maka hitunglah:
   a. Tekanan uap larutan pada suhu 100 °C (pada suhu 100 °C tekanan uap air 1 atm).
   b. Titik didih larutan.
   c. Titik beku larutan.
   d. Tekanan osmose yang harus diberikan pada larutan untuk mencegah terjadinya osmose ke dalam larutan tersebut pada suhu 27 °C.
2. Berapa gram NaCl yang harus dilarutkan ke dalam 100 gram air, sehingga jika larutannya dianggap ideal, maka titik didihnya 100,000512 °C ?
3. Titik didih larutan glukosa adalah 100,000512 °C. Jika larutan tersebut dianggap ideal, maka hitunglah:
   a. Berapa °C titik beku larutan tersebut ?
   b. Berapa gram glukosa yang terdapat dalam 100 mL larutan tersebut ?
   c. Berapa mL air yang harus ditambahkan ke dalam 100 mL larutan tersebut agar titik didihnya menjadi 100,000256 °C.
4. Titik beku larutan $CaCl_2$ adalah - 0,00558 °C. Jika larutan tersebut dianggap ideal, maka hitunglah berapa mL larutan tersebut yang harus ditambah dengan air agar 100 mL larutan tersebut titik didihnya 100,000256 °C.
5. Untuk mencegah terjadinya osmose, maka pada 100 mL larutan $AlCl_3$ harus diberikan tekanan osmose sebesar 0,1 atm pada suhu 27 °C. Jika larutan tersebut dianggap ideal, maka hitunglah
   a. Berapa atm tekanan uap larutan tersebut ? Diketahui pada suhu 27 °C tekanan uap air adalah 26,74 mmHg.
   b. Berapa °C titik beku larutan tersebut ?
6. Tekanan uap larutan nonelektrolit pada suatu keadaan adalah 556 mmHg. Jika pada keadaan tersebut tekanan uap air adalah 560 mmHg dan larutan tersebut dianggap ideal, maka hitunglah berapa °C titik beku larutan tersebut !