



**Program Studi Teknik Kimia**

**Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret 2020**

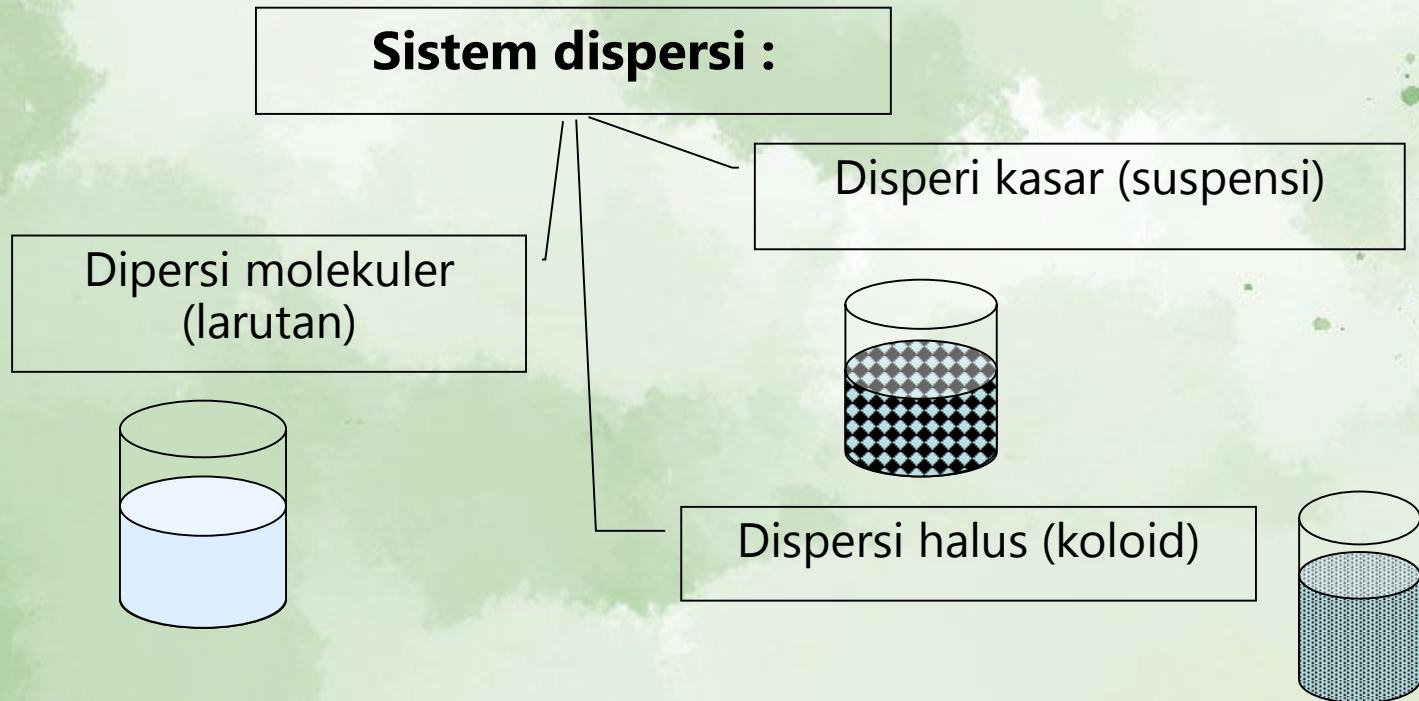
1

# **KIMIA FISIKA**

## **LARUTAN DAN KONSENTRASI**

**Tika Paramitha, S.T., M.T.**





Dispersi : penyebaran merata 2 fase (fase terdispersi dan medium terdispersi).

### Dispersi

Fase terdispersi adalah : zat yang terdispersikan.  
misal (susu)

Medium pendispersi : medium yang digunakan untuk mendispersi.  
misal (air)

No	Larutan	Koloid	Suspensi
1	Satu fase	2 fase	2 fase
2	Stabil	Sukar mengendap	Mudah mengendap
3	Tidak dapat disaring	Dapat disaring dengan penyaring ultra	Dapat disaring
4	Homogen	Tampak homogen	Heterogen
5	Ukuran partikel < 1 nm	Ukuran partikel 1 – 100 nm	Ukuran partikel > 100 nm
6	Sistem dispersi molekuler	Sistem dispersi padatan halus	Sistem dispersi padatan kasar
Ex	Larutan gula, air laut	Sabun, susu	Campuran air dan pasir

Larutan adalah campuran zat-zat yang homogen, memiliki komposisi merata atau serba sama diseluruh bagian volumenya.

## **Larutan mengandung :**

Zat terlarut :

satu atau lebih (jumlahnya sedikit).

Pelarut :

komponen yang melarutkan zat terlarut dan terdapat dalam jumlah banyak.

## Jenis Larutan

- Banyaknya zat terlarut yang dapat menghasilkan **larutan jenuh** dalam jumlah tertentu pelarut pada suhu tertentu disebut **kelarutan**.
- Jika larutan mengandung dengan jumlah maksimum zat terlarut pada suhu tertentu → larutan jenuh. Sebelum mencapai titik jenuh disebut **larutan tidak jenuh**.
- Kadang-kadang dijumpai zat terlarut dalam larutan lebih banyak daripada zat terlarut yang seharusnya dapat melarut pada suhu tertentu. Larutan ini disebut **larutan lewat jenuh**.

## Kelarutan suatu zat bergantung pada :

- Sifat zat yang terlarut,
- Molekul pelarut,
- Suhu, dan
- Tekanan.

### Istilah Perkiraan Kelarutan (Martin dkk., 1993)

<b>Istilah</b>	<b>Bagian Pelarut yang dibutuhkan untuk 1 Bagian Zat Terlarut</b>
Sangat mudah larut	Kurang dari 1 bagian
Mudah larut	1 sampai 10 bagian
Larut	10 sampai 30 bagian
Agak sukar larut	30 sampai 100 bagian
Sukar larut	100 sampai 1.000 bagian
Sangat sukar larut	1.000 sampai 10.000 bagian
Praktis tidak larut	lebih dari 10.000 bagian

Zat X mempunyai kelarutan dalam air sebesar 2,8.

Artinya :

1 bagian zat X terlarut dalam 2,8 bagian air (**larutan jenuh**).

Larutan yang mengandung 2 komponen disebut larutan biner, dan komposisinya adalah 1 zat terlarut & 1 pelarut.



Zat terlarut	Pelarut	Contoh
Gas	Gas	Udara, semua campuran gas
Gas	Cair	CO <sub>2</sub> dalam air
Gas	Padat	Hidrogen dalam platina
Cair	Cair	Alkohol dalam air
Cair	Padat	Raksa dalam tembaga
Padat	Padat	Perak dalam platina
Padat	Cair	Garam dalam air

Konsentrasi adalah zat terlarut dalam setiap satuan larutan atau pelarut

*Konsentrasi dinyatakan sebagai :*

**Satuan fisik** : satuan bobot (gram, miligram), satuan volume (mililiter, liter).

**Satuan kimia** : mol, massa rumus, ekivalen.

Lambang	Nama	Definisi
% b/b	Persen bobot	$\frac{\text{g zat terlarut}}{\text{g larutan}} \times 100\%$
% v/v	Persen volume	$\frac{\text{ml zat terlarut}}{\text{ml larutan}} \times 100\%$
% b/v	Persen bobot - volume	$\frac{\text{g/mg zat terlarut}}{100 \text{ ml larutan}} \times 100\%$
ppm	Part per million	1 mg zat terlarut/1 liter larutan
x	Fraksi mol	$\frac{\text{Mol zat terlarut}}{\text{Mol zat terlarut} + \text{Mol pelarut}}$
M	molar	Mol zat terlarut/liter larutan
N	normal	Ekivalen zat terlarut/liter larutan
m	molal	Mol zat terlarut/1000 g pelarut

## Hukum Raoult :

Tekanan uap suatu komponen yang menguap dalam larutan = tekanan uap komponen murni dikalikan dengan fraksi mol komponen yang menguap dalam larutan pada suhu yang sama.

Misal : komponen A, maka

$$P_A = P_A^o \cdot x_A$$

**dimana :**

$P_A$  : tekanan uap diatas larutan

$P_A^o$  : tekanan uap murni A

$x_A$  : fraksi mol A

**berarti hukum raoult berbunyi :**

tekanan uap parsial komponen A dalam larutan berbanding lurus dengan fraksi mol A yang dikalikan dengan tekanan uap murni A

**larutan yang mengikuti hukum raoult disebut larutan ideal.**

# Larutan Ideal

## Persyaratan larutan ideal :

- Molekul zat terlarut dan molekul pelarut tersusun sembarang.
- Pada pencampuran tidak terjadi efek kalor.

**Catatan :** Pada pencampuran tidak terjadi efek kalor

Larutan ideal mengandung komponen A dan komponen B.

Gaya kohesi antara A – A, B – B dan adhesi A – B **harus identik**, sehingga pada waktu pencampuran **tidak mengeluarkan kalor** atau **menyerap kalor**.

Larutan ideal pada umumnya **sangat jarang**, yang ada larutan yang menyimpang dari keadaan ideal.

Larutan yang mengandung dua komponen (1 dan 2) yang dapat menguap sesuai dengan hukum Raoult, maka :

$$P_1 = P^{\circ}_1 \cdot x_1$$

$$P_2 = P^{\circ}_2 \cdot x_2$$

Sedangkan, tekanan total P

$$P = P_1 + P_2 = P^{\circ}_1 \cdot x_1 + P^{\circ}_2 \cdot x_2$$

sehingga komposisi uap komponen dapat dihitung.

## Contoh Soal 1.

Suatu larutan ( $16,7^{\circ}\text{C}$ ) mengandung 0,5 mol etil bromida ( $P^{\circ}_1 = 45,16 \text{ mmHg}$ ) dan 0,5 mol etil iodida ( $P^{\circ}_2 = 16,20 \text{ mmHg}$ ). Tentukan :

- Komposisi uap
- Jika uap pada (pertanyaan 1) dikondensasikan, hitung komposisi uap yang baru.



## Jawaban Soal 1.a.

Diketahui :

$$P^{\circ}_1 = 45,16 \text{ mmHg}, x_1 = 0,5$$

$$P^{\circ}_2 = 16,20 \text{ mmHg}, x_2 = 0,5$$

Sehingga, tekanan uap parsial komponen 1 dan 2 adalah:

$$P_{1/2} = P^{\circ}_{1/2} \cdot x_{1/2}$$

$$P_1 = 45,16 \times 0,5 = 22,58 \text{ mmHg}$$

$$P_2 = 16,20 \times 0,5 = 8,10 \text{ mmHg}$$

Tekanan total P sebesar:

$$P_{\text{total}} = 22,58 + 8,10 = 30,68 \text{ mmHg}$$

Menurut Hukum Dalton, fraksi mol etil bromida (1) dan etil iodida (2) :

$$x_1 (\text{uap}) = P_1/P_{\text{total}} = 22,58/30,68 = 0,736$$

$$x_2 (\text{uap}) = P_2/P_{\text{total}} = 8,10/30,68 = 0,264$$

## Jawaban Soal 1.b.

**Uap lebih banyak mengandung komponen yang lebih mudah menguap**

Jika uap (komposisi uap pada nomor 1.a.) dikondensasikan, maka :

$$P^{\circ}_1 = 45,16 \text{ mmHg}, x_1 = 0,736$$

$$P^{\circ}_2 = 16,20 \text{ mmHg}, x_2 = 0,264$$

Sehingga, tekanan uap parsial komponen 1 dan 2 yang baru adalah:

$$P_{1/2} = P^{\circ}_{1/2} \cdot x_{1/2}$$

$$P_1 = 45,16 \times 0,736 = 33,24 \text{ mmHg}$$

$$P_2 = 16,20 \times 0,264 = 4,28 \text{ mmHg}$$

Tekanan total P baru sebesar:

$$P_{\text{total}} = 33,24 + 4,28 = 37,52 \text{ mmHg}$$

Menurut Hukum Dalton, fraksi mol etil bromida (1) dan etil iodida (2) :

$$x_1 \text{ (uap yang baru)} = P_1/P_{\text{total}} = 33,24/37,52 = 0,89$$

$$x_2 \text{ (uap yang baru)} = P_2/P_{\text{total}} = 4,28/37,52 = 0,11$$

## Larutan Non Ideal

- Larutan yang tidak memenuhi hukum Raoult disebut **larutan non ideal**.
- Hanya sedikit saja larutan yang mengikuti hukum Raoult, dan pada umumnya larutan menyimpang hukum Raoult.

## Penyimpangan Hukum Raoult

1. **Penyimpangan negatif**, yaitu pada proses pelarutan **timbul panas** (**eksoterm**). Ini terjadi karena **gaya kohesi** antara **A – B lebih besar** dari pada **gaya kohesi A – A, dan B – B**, sehingga **tekanan uap larutan lebih kecil** dibandingkan dengan **tekanan uap yang dihitung** dengan hukum Raoult.

2. **Penyimpangan positif**, yaitu pada proses pelarutan **memerlukan panas** (**endoterm**). Ini terjadi karena **gaya kohesi** antara **A – B lebih kecil** dari pada **gaya kohesi A – A, dan B – B**, sehingga **tekanan uap larutan lebih besar** dari **tekanan yang dihitung menurut hukum Raoult**.

Gaya Kohesi- Adhesi	Kalor pelarutan	Penyimpangan Hk. Raoult	Contoh
$A - A, B - B = A - B$	Nol	Tidak	Benzen - kloroform
$A - A, B - B > A - B$	Positif (endoterm)	Positif	Aseton - $CS_2$
$A - A, B - B < A - B$	Negatif (eksoterm)	Negatif	Aseton - air

Hukum Raoult merupakan dasar dari 4 macam sifat larutan encer yang disebut **sifat koligatif**. Empat macam sifat koligatif larutan, yaitu :

- Penurunan tekanan uap ( $\Delta P$ )
- Kenaikan titik didih ( $\Delta T_d$ )
- Penurunan titik beku ( $\Delta T_b$ )
- Tekanan osmosis ( $\pi$ )

## Penurunan Tekanan Uap

Jika **zat terlarut A** yang **tidak menguap** dilarutkan dalam pelarut, maka menurut hukum Raoult,

$$P_1 \text{ (pelarut)} = P_1^o \cdot x_1$$

$$\begin{aligned} P_1^o - P_1 &= \Delta P = P_1^o - P_1^o \cdot x_1 \\ &= P_1^o (1 - x_1) \\ &= P_1^o \cdot x_2 \end{aligned}$$

Dimana :

- $P_1$  : tekanan uap larutan
- $P_1^o$  : tekanan uap murni dari pelarut
- $x_1$  : fraksi mol zat pelarut
- $x_2$  : fraksi mol zat terlarut
- $\Delta P$  : penurunan tekanan uap larutan

# Penurunan Tekanan Uap

Penurunan tekanan uap berbanding lurus dengan fraksi mol zat terlarut.

$$P_1^o - P_1 = P_1^o \cdot x_2$$

$$\downarrow$$

$$\frac{P_1^o - P_1}{P_1^o} = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

Dimana :

- $P_1$  : tekanan uap larutan
- $P_1^o$  : tekanan uap murni dari pelarut
- $n_1$  : jumlah mol pelarut
- $n_2$  : jumlah mol zat terlarut



# Penurunan Tekanan Uap

Untuk larutan yang sangat encer, jumlah pelarut  $\gggg$  jumlah zat terlarut, maka :

$$x_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\Delta P = P_1^0 \cdot x_2 = P_1^0 \times \frac{n_2}{n_1} = P_1^0 \times \frac{w_2/Mr_2}{w_1/Mr_1}$$

$$Mr_2 = \frac{w_2 \cdot Mr_1}{w_1} \times \frac{P_1^0}{\Delta P}$$

## Contoh Soal 2.

Suatu cairan mempunyai tekanan uap 50 mmHg pada 25°C. Hitung tekanan uap larutan, jika 6 mol cairan ini dicampur dengan 4 mol suatu non elektrolit yang tidak mudah menguap !

## Jawaban Soal 2.

Diketahui :

$$n_1 = 6 \text{ mol}$$

$$n_2 = 4 \text{ mol}$$

$$P_1^{\circ} = 50 \text{ mmHg}$$

$$x_1 = 6/(6 + 4) = 0,6$$

**Cara I :**

$$P_{\text{larutan}} = P_1^{\circ} \cdot x_1 = 0,6 \times 50 \text{ mmHg} = 30 \text{ mmHg}$$

**Cara II :**

$$x_2 = 1 - 0,6 = 0,4$$

$$\Delta P = P_1^{\circ} \cdot x_2 = 0,4 \times 50 \text{ mmHg} = 20 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{larutan}} = 50 - 20 \text{ mmHg} = 30 \text{ mmHg}$$

### Contoh Soal 3.

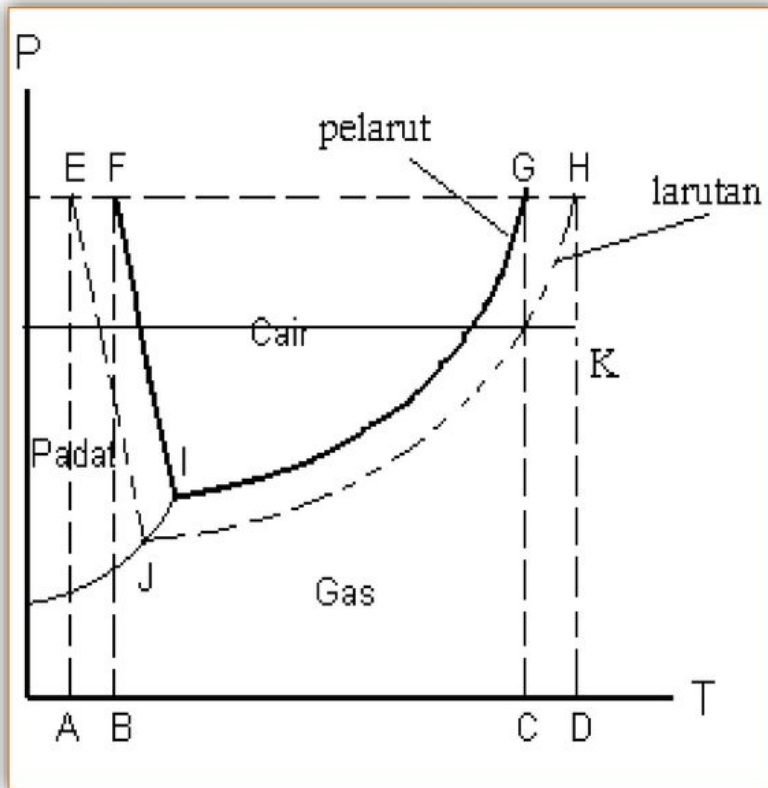
Tekanan uap eter ( $M_r = 74$ ) 442 mmHg pada 293 K. Jika 3 gram A dilarutkan ke dalam 50 gram eter pada suhu 293 K, maka tekanan uap menjadi 426 mmHg. Hitung  $M_r$  zat A !

## Jawaban Soal 3.

$$\begin{aligned} \text{Mr}_2 &= \frac{w_2 \cdot \text{Mr}_1}{w_1} \times \frac{P^\circ_1}{\Delta P} \\ &= \frac{3 \times 74}{50} \times \frac{442}{(442 - 426)} \\ &= 122,66 \text{ gram/mol} \end{aligned}$$

## Kenaikan Titik Didih ( $\Delta T_d$ ) dan Penurunan Titik Beku ( $\Delta T_b$ )

- Akibat dari penurunan tekanan uap, maka terjadi kenaikan titik didih.
- Pada gambar dibawah ini, suhu dimana tekanan uap larutan sama dengan tekanan atmosfer disebut titik didih larutan.



Keterangan :

F-I : Garis beku pelarut

I-G : Garis didih pelarut

E-J : Garis beku larutan

J-H : Garis didih larutan

A-B : Penurunan titik beku  
( $\Delta T_f$ )

C-D : Kenaikan titik didih  
( $\Delta T_b$ )

H-K : Penurunan tekanan  
Uap

I : titik trivial pelarut

J : titik trivial larutan

$$\Delta T \approx \Delta P$$

Jadi kenaikan titik didih berbanding lurus dgn penurunan tekanan uap.

Menurut hukum Raoult,

$$\Delta P \approx x_2, \text{ sedangkan } \Delta P \approx \Delta T,$$

maka :

$$\Delta T \approx x_2 \quad \rightarrow \quad \Delta T = K_1 \cdot x_2$$

$K_1$  adalah suatu tetapan, dan

$$x_2 = \frac{n_2}{n_1 + n_2}$$

Untuk larutan yang sangat encer, maka :

$n_1 + n_2 \approx n_1$ , maka :

$$x_2 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{w_2/Mr_2}{w_1/Mr_1} = \frac{w_2}{Mr_2} \times \frac{Mr_1}{w_1}$$

Jika kemolalan = m, maka :

$$x_2 = m \cdot Mr_1$$

$\Delta T = (K_1 \cdot Mr_1) m$ , maka :

Bila  $K_1 \cdot Mr_1$  diubah menjadi  $K_d$ , maka :

$$\Delta T_d = K_d \cdot m \quad \text{atau} \quad \Delta T_b = K_b \cdot m$$

dimana :

$\Delta T_d$  : kenaikan titik didih

$\Delta T_b$  : penurunan titik beku

$K_d$  : tetapan kenaikan titik didih molal

$K_b$  : tetapan penurunan titik beku

m : molalitas dari pelarut



$$\Delta T_d = K_d \cdot m \quad m = \text{mol/kg pelarut}$$

$$\text{mol} = \frac{w_2}{Mr_2} \quad m = \frac{1000}{w_1} \times \frac{w_2}{Mr_2}$$

$$\Delta T_d = K_d \times \frac{1000}{w_1} \times \frac{w_2}{Mr_2}$$

$$\Delta T_b = K_b \times \frac{1000}{w_1} \times \frac{w_2}{Mr_2}$$

dimana :

$w_1$  : bobot pelarut (dalam gram)

$w_2$  : bobot zat terlarut (dalam gram)

CATATAN :

Pada **tekanan tetap**, kenaikan titik didih dan penurunan titik beku suatu larutan encer **berbanding lurus** dengan **konsentrasi massa**.



## Contoh Soal 3.

Hitung titik beku air ( $K_b = 1,86$ ) dalam radiator mobil yang berisi 88 gram etilen glikol ( $M_r = 62$ ) dan 160 gram air ( $M_r = 18$ ) !

## Jawaban Soal 3.

Mol etilen glikol =  $88 \text{ gram} / 62 \text{ gram/mol} = 1,4194 \text{ mol}$

Molal etilen glikol dalam 1000 gram air =  $1,4194 \text{ mol} \times 1000 / 160 = 8,871 \text{ molal}$

$$\Delta T_b = K_b \cdot m = 1,86 \times 8,871 = 16,50$$

$\therefore$  titik beku =  $-16,50^\circ\text{C}$

## Contoh Soal 4.

Hitung titik didih suatu larutan ( $K_d = 0,513$ ) yang mengandung 30 gram gula ( $M_r = 342$ ) dalam 100 gram air !

## Jawaban Soal 4.

$$\Delta T_d = K_d \cdot m$$

$$\text{molal} = \frac{30}{342} \times \frac{1000}{100} = 0,8772 \text{ molal}$$

$$\Delta T_d = 0,513 \times 0,8772 = 0,45$$

$$\text{Titik didih larutan} = 100^\circ\text{C} + 0,45^\circ\text{C} = 100,45^\circ\text{C}$$

## Contoh Soal 5.

Suatu larutan yang mengandung 1 gram X dalam 30 gram benzena ( $M_r = 78$ ) membeku pada  $3,80^\circ\text{C}$ . Sedangkan titik beku murni  $5,50^\circ\text{C}$  dan  $K_b = 5,12$ .  
Hitung  $M_r$  X !

## Jawaban Soal 5.

$$\Delta T_b = 5,50 - 3,80 = 1,70^\circ\text{C}$$

$$1,70 = 5,12 \times m \rightarrow m = 0,332$$

$$m = \frac{\text{bobot}}{M_r} \times \frac{1000}{\text{volume}}$$

$$0,332 = \frac{1}{M_r} \times \frac{1000}{30}$$

$$0,332 = \frac{1}{M_r} \times \frac{1000}{30}$$

$$M_r = 100,40$$



## Contoh Soal 6.

Titik didih benzena pada 1 atm =  $80,2^{\circ}\text{C}$ . Hitung tekanan uap pada  $80,2^{\circ}\text{C}$  dari suatu larutan ideal yang mengandung 4,0 mol zat non elektrolit dan 624 gram benzena ( $M_r = 78$ ) !

## Jawaban Soal 6.

$$\text{Jumlah pelarut} = 624 \text{ gram} / 78 \text{ gram/mol} = 8,0 \text{ mol}$$

$$\text{Fraksi mol pelarut} = 8,0 / (4,0 + 8,0) = 0,67$$

$$P^{\circ} \text{ uap pada } 80,2^{\circ}\text{C} = 760 \text{ mmHg}$$

$$\text{Tekanan uap larutan tersebut} = 0,67 \times 760 \text{ mmHg} = 509,2 \text{ mmHg.}$$

## Tekanan Osmotik

- Jika 2 larutan yang mempunyai perbedaan konsentrasi dan dipisahkan oleh **suatu membran yang semi permeabel**, maka molekul pelarut dari larutan encer akan mengalir ke larutan yang pekat. Peristiwa inilah yang disebut **Osmosis**.
- **Membran hanya dapat dilalui oleh pelarut** bukan oleh zat yang terlarut. Sebenarnya laju pelarut yang mengalir dalam 2 arah, tapi laju yang encer lebih cepat daripada yang pekat.
- Tekanan osmosis suatu larutan adalah tekanan yang mencegah terjadinya osmosis.
- Jika osmosis berhenti, aliran molekul pelarut tetap berlangsung dengan laju yang sama.

# Tekanan Osmotik

$$\pi = C.R.T$$

dimana :

- $\pi$  : tekanan osmosis pada suhu tertentu
- C : konsentrasi zat terlarut (molar)
- R : tetapan gas, yaitu :  $0,08205 \text{ L.atm.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$
- T : suhu mutlak

INGAT :

Larutan encer dari **zat terlarut yang berbeda** dengan **konsentrasi yang sama pada suhu yang sama, mempunyai tekanan osmosis yang sama.**

## Contoh Soal 7.

Suatu larutan yang mengandung 6 gram PVC dengan pelarut dioksan sampai 1 liter mempunyai tekanan osmosis 0,86 mmHg pada 15°C. Hitung Mr dari PVC !

## Jawaban Soal 7.

$$\pi = 0,86 \text{ mmHg} = 0,86/760 \text{ atm} = 1,132 \cdot 10^{-3} \text{ atm}$$

$$T = 273 + 15 = 288 \text{ K}$$

$$\pi = \mathbf{C.R.T}$$

$$0,001132 = 6/M_r \times 0,08205 \times 288$$

$$M_r = 125.249,47$$