

*Modul Pengayaan Materi*

*Projek Pendampingan SMA*

## **KESETIMBANGAN FASA**



*Oleh :*

**Endang Widjajanti LFX**

**JURUSAN PENDIDIKAN KIMIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

**2008**

## **KATA PENGANTAR**

Modul pengayaan Kimia Fisika dapat diselesaikan atas berkat Rahmat dan Karunia Tuhan Yang Mahaesa. Modul ini merupakan pedoman pengayaan materi bagi pelaksanaan kegiatan pendampingan SMA.. Modul pengayaan materi ini dilengkapi dengan contoh soal dan latihan soal. Meskipun demikian modul masih jauh dari sempurna, oleh sebab itu kritik dan saran perbaikan sangat diharapkan demi kesempurnaan modul ini.

Yogyakarta, Januari 2008

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI .....	iii
KESETIMBANGAN FASA .....	1
1.    Pendahuluan .....	1
2.    Kriteria Keseimbangan.....	1
3.    Persamaan Clayperon dan Clausius- Clayperon.....	2
4.    Latihan Soal 1 .....	5
5.    Istilah dalam keseimbangan fasa.....	5
6.    Sistem Satu Komponen .....	7
7.    Sistem dua Komponen.....	7
8.    Latihan Soal 2.....	10
9.    Sistem dua komponen cair- cair misibel sebagian .....	10
10.   Sistem dua komponen padat- cair .....	12
11.   Latihan soal 3 .....	14
12.   Sifat Koligatif Larutan .....	14
13.   Sifat Koligatif Larutan Elektrolit .....	18
14.   Latihan soal 4 .....	20
15.   Sistem tiga komponen .....	21
16.   Latihan Soal 5 .....	22
17.   Jawaban Latihan Soal.....	23
DAFTAR PUSTAKA.....	28

# KESETIMBANGAN FASA

## 1. PENDAHULUAN

Bagian sesuatu yang menjadi pusat perhatian dan dipelajari disebut sebagai sistem. Suatu sistem heterogen terdiri dari berbagai bagian yang homogen yang saling bersentuhan dengan batas yang jelas. Bagian homogen ini disebut sebagai fasa dapat dipisahkan secara mekanik.

Tekanan dan temperatur menentukan keadaan suatu materi kesetimbangan fasa dari materi yang sama. Kesetimbangan fasa dari suatu sistem harus memenuhi syarat berikut :

- a. Sistem mempunyai lebih dari satu fasa meskipun materinya sama
- b. Terjadi perpindahan reversibel spesi kimia dari satu fasa ke fasa lain
- c. Seluruh bagian sistem mempunyai tekanan dan temperatur sama

Kesetimbangan fasa dikelompokkan menurut jumlah komponen penyusunnya yaitu sistem satu komponen, dua komponen dan tiga komponen. Pemahaman mengenai perilaku fasa berkembang dengan adanya aturan fasa Gibbs. Sedangkan persamaan Clausius dan persamaan Clausius Clayperon menghubungkan perubahan tekanan kesetimbangan dan perubahan suhu pada sistem satu komponen. Adanya penyimpangan dari sistem dua komponen cair- cair ideal konsep sifat koligatif larutan dapat dijelaskan

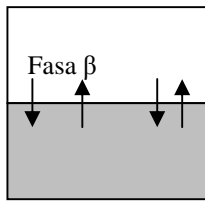
## 2. KRITERIA KESETIMBANGAN

Kesetimbangan antara beberapa fasa dapat dinyatakan dengan besaran- besaran intensif  $T$  (suhu),  $P$  (tekanan) dan  $\mu$  (potensial kimia). Kriteria suatu kesetimbangan diperlihatkan oleh perubahan energi bebas Gibbs ( $\Delta G$ ) yang dinyatakan melalui persamaan :

$$dG = - SdT + VdP + \sum_i \mu_i dn_i \dots\dots\dots(1)$$

dengan potensial kimia ( $\mu$ ) :

Pada keadaan setimbang, potensial kimia suatu komponen adalah sama pada setiap fasa, contoh pada kesetimbangan  $H_2O(l) \rightleftharpoons H_2O(g)$  maka  $\mu_{H_2O(l)} = \mu_{H_2O(g)}$ , yang dapat dibuktikan sebagai berikut :



	Fasa $\alpha$	$\rightleftharpoons$	Fasa $\beta$
Awal	n mol		0
Berubah	$-dn_i^\alpha$		$+dn_i^\beta$
	$dG^\alpha = \mu_i^\alpha dn_i^\alpha$	dan	$dG^\beta = \mu_i^\beta dn_i^\beta$

$$dG = dG^\alpha + dG^\beta \dots\dots\dots(2)$$

$$dG = \mu_i^\alpha dn_i^\alpha + \mu_i^\beta dn_i^\beta \dots\dots\dots(3)$$

karena  $-dn_i^\alpha = +dn_i^\beta$

$$\text{maka : } dG = \mu_i^\alpha dn_i^\alpha - \mu_i^\beta dn_i^\alpha \dots\dots\dots(4)$$

$$dG = (\mu_i^\alpha - \mu_i^\beta) dn_i^\alpha \dots\dots\dots(5)$$

pada kesetimbangan maka  $dG = 0$  dan P dan T sistem tetap sehingga

$$0 = (\mu_i^\alpha - \mu_i^\beta) dn_i^\alpha \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{karena } dn_i^\alpha \neq 0, \text{ maka } \mu_i^\alpha = \mu_i^\beta \dots\dots\dots(7)$$

Artinya potensial kimia akan berharga sama bila sistem dalam kesetimbangan.

Persamaan (7) memperlihatkan bila  $\mu_i^\alpha > \mu_i^\beta$  maka akan terjadi aliran potensial dari fasa  $\alpha$  menuju fasa  $\beta$  dan sering disebut sebagai kesetimbangan material. Demikian pula bila  $T^\alpha > T^\beta$  maka akan terjadi aliran suhu dari fasa  $\alpha$  menuju fasa  $\beta$  hingga tercapai kesetimbangan termal. Kesetimbangan mekanik akan tercapai bila terjadi aliran tekanan dari fasa  $\alpha$  menuju fasa  $\beta$ .

### 3. PERSAMAAN CLAYPERON DAN CLAUSIUS- CLAYPERON

Pada sistem 1 komponen (zat murni) pada P dan T tertentu maka (7) menjadi

$$\mu^\alpha = \mu^\beta \dots\dots\dots(8)$$

Jika pada kondisi 1 (P, T dan  $\mu$ ) diubah menjadi kondisi 2 yaitu tekanan diubah dari P menjadi  $P+dP$  dan suhu diubah dari T menjadi  $T+dT$  sehingga  $\mu^\alpha$  menjadi  $\mu^\alpha + d\mu^\alpha$  dan  $\mu^\beta$  menjadi  $\mu^\beta + d\mu^\beta$ , maka pada kesetimbangan

$$\mu^\alpha + d\mu^\alpha = \mu^\beta + d\mu^\beta \dots\dots\dots(9)$$

Jika persamaan (8) dikurangi persamaan (9), maka akan didapat persamaan (10)

$$d\mu^\alpha = d\mu^\beta \dots\dots\dots(10)$$

dengan

$$d\mu^\alpha = -\overline{S}^\alpha dT + \overline{V}^\alpha dP \text{ dan } d\mu^\beta = -\overline{S}^\beta dT + \overline{V}^\beta dP \dots\dots\dots(11)$$

Hubungan antara persamaan (10) dan (11) didapat persamaan (13) :

$$-\bar{S}^\alpha dT + \bar{V}^\alpha dP = -\bar{S}^\beta dT + \bar{V}^\beta dP \dots\dots\dots(12)$$

sehingga  $(\bar{S}^\beta - \bar{S}^\alpha) dT = (\bar{V}^\beta - \bar{V}^\alpha) dP \dots\dots\dots(13)$

Jika terjadi perubahan dari  $\alpha \rightarrow \beta$ , maka  $\Delta\bar{S} = (\bar{S}^\beta - \bar{S}^\alpha)$  dan  $\Delta\bar{V} = (\bar{V}^\beta - \bar{V}^\alpha)$ , maka

$$\Delta\bar{S} dT = \Delta\bar{V} dP \text{ atau } \frac{dP}{dT} = \frac{\Delta\bar{S}}{\Delta\bar{V}} \dots\dots\dots(14)$$

Bila pers (14) merupakan perubahan fasa pada kesetimbangan maka

$\Delta\bar{S} = \frac{\Delta\bar{H}}{T\Delta\bar{V}}$  sehingga persamaan (14) akan berubah menjadi persamaan Clayperon (15)

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta\bar{H}}{T\Delta\bar{V}} \dots\dots\dots(15)$$

Untuk kesetimbangan padat- cair, persamaan (15) akan menjadi

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta\bar{H}_{\text{peleburan}}}{T\Delta\bar{V}_{\text{peleburan}}} \dots\dots\dots(16)$$

Sedangkan untuk kesetimbangan fasa terkondensasi, baik padat dengan fasa uapnya maupun cair dengan fasa uapnya, persamaan (16) akan menjadi :

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta\bar{S}}{\Delta\bar{V}} = \frac{\Delta\bar{H}}{T(\bar{V}_g - \bar{V}_c)} \dots\dots\dots(17)$$

dengan  $\Delta\bar{H}$  merupakan kalor penguapan molar cairan atau kalor sublimasi molar padatan dan  $\bar{V}_c$  adalah volum molar padatan dan cairan. Umumnya  $\bar{V}_g - \bar{V}_c \approx \bar{V}_g$

bila  $\bar{V}_g$  diasumsikan sebagai gas ideal yaitu  $\bar{V}_g = \frac{RT}{P}$ , maka persamaan (17) menjadi

persamaan (18) yang dikenal sebagai persamaan Clausius- Clayperon

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta\bar{H}}{RT^2} \text{ atau } \frac{d \ln P}{dT} = \frac{\Delta\bar{H}}{RT^2} \dots\dots\dots(18)$$

Dengan anggapan  $\Delta\bar{H}$  tak bergantung pada suhu maka integrasi persamaan (18) dari kondisi 1 menjadi kondisi 2 akan menjadi persamaan (19) berikut :

$$\ln \frac{P_1}{P_2} = \frac{-\Delta\bar{H}}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \dots\dots\dots(19)$$

Contoh soal 1 :

- Tekanan Uap asam nitrat pada suhu 40°C dan 70°C adalah 133 torr dan 467 torr.

Maka entalpi penguapan asam nitrat :

Jawab :

$$P_1 = 133 \text{ torr} \quad T_1 = 40 + 273 = 313 \text{ K}$$

$$P_2 = 467 \text{ torr} \quad T_2 = 70 + 273 = 343 \text{ K}$$

$$\ln \frac{P_1}{P_2} = \frac{-\Delta\bar{H}}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\ln \frac{133}{467} = \frac{-\Delta\bar{H}}{8,314} \left( \frac{1}{313} - \frac{1}{343} \right)$$

$$-1,256 = 3,361 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta\bar{H}$$

$$\Delta\bar{H} = -3,737 \cdot 10^{-4} \text{ J / K}$$

Bila data yang dimiliki lebih dari 2 data, persamaan (18) dapat diubah menjadi bentuk

$$\ln \frac{P}{P_0} = \frac{-\Delta\bar{H}}{RT} + \frac{\Delta\bar{H}}{RT_0} \dots\dots\dots(20)$$

Jika  $P_0 = 1$  atmosfer, maka  $T_0$  adalah titik didih atau titik sublimasi normal. Jika  $\ln P$

dialurkan terhadap  $\frac{1}{T}$  akan diperoleh kurva linier dengan kemiringan  $\frac{-\Delta\bar{H}}{R}$ .

Contoh soal 2:

- Menggunakan data berikut tentukan kalor penguapan air:

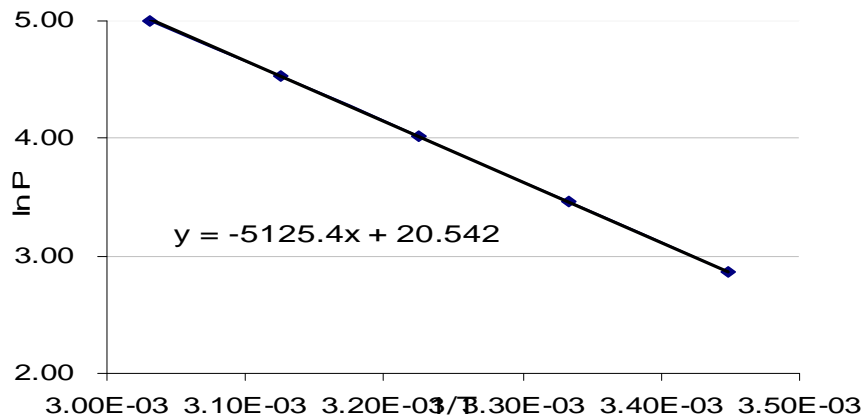
P mmHg	17,54	31,82	55,32	92,51	149,39
T K	290	300	310	320	330

Jawab :

P mmHg	17,54	31,82	55,32	92,51	149,39
T K	290	300	310	320	330
Ln P	2,86	3,46	4,01	4,53	5,01
1/T	0,00345	0,00333	0,00323	0,00313	0,0303

Dari persamaan garis  $y = -5125,4 x + 20,542$ , kemiringan kurva

$$5125,4 = \frac{-\Delta\bar{H}}{R} \text{ sehingga } \Delta\bar{H} = - 42612,5756 \text{ J /K}$$



#### 4. LATIHAN SOAL 1

1. Tekanan uap CO<sub>2</sub> padat adalah 76,7 mmHg pada -103 °C dan pada 1 atm -78 °C. Hitung panas sublimasi CO<sub>2</sub>
2. Hitunglah tekanan air yang membeku pada suhu 2 °C, entalpi pembekuan air -21,8 kJ/mol
3. Menggunakan data berikut tentukan kalor penguapan zat X :

P (torr)	6,7	19,6	50,1	112,3
T (°C)	40	60	80	100

#### 5. ISTILAH DALAM KESETIMBANGAN FASA

##### Fasa (P)

Sering istilah fasa diidentikkan dengan wujud atau keadaan suatu materi, misalnya es berwujud padat, air berwujud cair atau uap air yang berwujud gas. Konsep ini tidak benar karena sistem padatan dan sistem cairan dapat terdiri dari beberapa fasa. Sedangkan gas cenderung bercampur sempurna sehingga dalam sistem gas hanya terdapat satu fasa. Fasa dapat didefinisikan sebagai setiap bagian sistem yang :

- a. homogen dan dipisahkan oleh batas yang jelas



- b. sifat fisik dan sifat kimia berbeda dari bagian sistem lain
- c. dapat dipisahkan secara mekanik dari bagian lain sistem itu

Contoh

- ◆ sistem satu fasa : Dua cairan yang bercampur homogen
- ◆ sistem 2 fasa : cairan polar (misal air) dan non polar (misal :minyak)  
sistem belerang padat (monoklin dan rombik)
- ◆ sistem 3 fasa : es, uap air dan air



### Komponen (C)

Jumlah komponen suatu sistem dinyatakan sebagai jumlah minimum spesi kimia yang membentuk sistem tersebut yang dapat menentukan susunan setiap sistem fasa sistem.

Contoh :

- ◆  $\text{H}_2\text{O} (g) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} (l)$  jumlah komponen  $C = 1$
- ◆  $\text{N}_2 (g) + 3 \text{H}_2 (g) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3 (g)$   
jumlah komponen  $C = 3$  untuk perbandingan mol  $\text{N}_2$  dan  $\text{H}_2 \neq 1:3$   
jumlah komponen  $C = 2$  bila perbandingan mol  $\text{N}_2 : \text{H}_2 = 1 : 3$

### Derajat Kebebasan (F)

Derajat kebebasan (F) dari suatu sistem setimbang merupakan variabel intensif independen yang diperlukan untuk menyatakan keadaan sistem tersebut. Untuk menentukan derajat kebebasan dibutuhkan aturan fasa.

### Aturan Fasa

Aturan fasa mengatur hubungan antara jumlah komponen, jumlah fasa dan derajat kebebasan suatu sistem. Menurut aturan fasa

$$F = C - P + 2 \dots\dots\dots(21)$$

Contoh Soal 3 :

Dalam gelas tertutup terdapat kesetimbangan antara es dan air maka derajat kebebasan sistem tersebut :

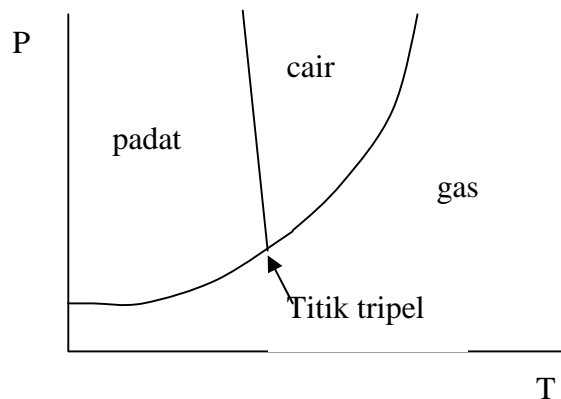
$$F = 1 - 2 + 2 = 1$$

artinya jika temperatur tertentu, maka tekanan dan komposisi tertentu.

## 6. SISTEM SATU KOMPONEN

Untuk sistem 1 komponen aturan fasa berubah menjadi  $F = 3 - P$  .....(22)

Karena fasa tidak mungkin = 0, maka derajat kebebasan maksimum adalah 2 artinya sistem 1 komponen paling banyak memiliki 2 variabel intensif untuk menyatakan keadaan sistem yaitu P (tekanan) dan T (suhu). Diagram fasa adalah diagram yang menggambarkan keadaan sistem (komponen dan fasa) yang dinyatakan dalam 2 dimensi. Dalam diagram ini tergambar sifat- sifat zat seperti titik didih, titik leleh, titik tripel. Sebagai contoh adalah diagram fasa 1 komponen adalah diagram fasa air.



Gambar 1 . Diagram fasa air

Diagram ini menggambarkan hubungan antara tekanan dan suhu pada sistem 1 komponen air. Titik tripel memperlihatkan suhu dimana air mempunyai 3 fasa yaitu padat, cair dan gas.

## 7. SISTEM DUA KOMPONEN

Sistem 2 komponen dapat berupa campuran dari fasa cair- gas, cair- cair, fasa padat- cair, ataupun padat- padat. Karakteristik setiap campuran sangat khas, misalnya ada sistem cair- cair yang membentuk campuran yang homogen atau 1 fasa pada segala P,T dan komposisi, tetapi ada pula yang hanya membentuk 1 fasa pada P,T atau komposisi tertentu.

Diagram fasa untuk sistem dua komponen digambarkan sebagai fungsi komposisi terhadap tekanan atau komposisi terhadap suhu. Oleh sebab itu aturan fasa berubah menjadi  $F = C - P + 1$  karena salah satu variabel (P atau T) dalam keadaan konstan. Derajat kebebasan (F) menjadi = 2-P. ....(23)

## Sistem dua komponen cair- gas ideal

Yang dimaksud dengan sistem dua komponen cair- gas adalah sistem yang terdiri dari cairan dengan uapnya. Sistem dikatakan ideal bila memenuhi hukum Raoult pada semua rentang konsentrasi. Untuk campuran biner ideal, proses pencampuran tidak menimbulkan efek kalor karena energi interaksi antara komponen 1 dan komponen 2 sama dengan energi interaksi antara sesama partikel komponen 1 maupun sesama partikel komponen 2.

### Hukum Raoult

Raoult adalah seorang ahli kimia dari Perancis, ia mengamati bahwa pada larutan ideal yang dalam keadaan seimbang antara larutan dan uapnya, maka perbandingan antara tekanan uap salah satu komponennya (misal A)  $P_A/P_A^\circ$  sebanding dengan fraksi mol komponen ( $X_A$ ) yang menguap dalam larutan pada suhu yang sama. Misalkan suatu larutan yang terdiri dari komponen A dan B menguap, maka tekanan uap A ( $P_A$ ) dinyatakan sebagai :

$$P_A = P_A^\circ \cdot X_A \quad \dots(24)$$

$P_A$  adalah tekanan uap jenuh di atas larutan

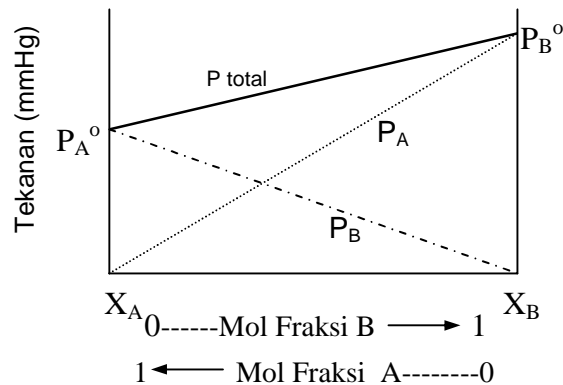
$X_A$  adalah fraksi mol komponen A

$P_A^\circ$  adalah tekanan uap A murni

Larutan yang memenuhi hukum ini disebut sebagai larutan ideal. Pada kondisi ini, maka tekanan uap total ( $P_t$ ) akan berharga

$$P_t = P_A + P_B = X_A \cdot P_A^\circ + X_B \cdot P_B^\circ \dots\dots\dots(25)$$

dan bila digambarkan maka diagram tekanan uap terhadap fraksi mol adalah seperti diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 2. Diagram tekanan uap larutan ideal pada T tetap

Diagram pada gambar 1 merupakan hubungan antara suhu dan komposisi kedua komponennya pada suhu konstan. Komposisi komponen dapat berupa fraksi mol atau persen mol. Harga tekanan total larutan ideal pada berbagai variasi komponen diperlihatkan oleh garis yang menghubungkan  $P_B$  dan  $P_A$ . Salah contoh larutan ideal adalah larutan benzena- toluena.

Teori ini merupakan dasar bagi metode pemisahan kimia, misalnya destilasi untuk memurnikan atau mengisolasi suatu senyawa. Banyaknya destilat yang dihasilkan dapat dihitung dengan membandingkan antara tekanan parsial senyawa yang diinginkan dengan tekanan total campuran. Secara matematis dapat dituliskan sebagai :

$$X_{A,v} = P_A / P_t \quad \text{atau} \quad X_{B,v} = P_B / P_t \quad (26)$$

dengan  $X_{A,v}$  = fraksi mol A bentuk uap

$P_{A,v}$  = Tekanan uap parsial A

$P_t$  = tekanan total A dan B

Contoh soal 3 :

3 mol aseton dan 2 mol kloroform dicampur pada suhu 35 °C . Tekanan uap jenuh aseton dan kloroform pada suhu tersebut adalah 360 dan 250 torr

- Bila larutan tersebut dianggap ideal, hitung tekanan uap larutan tersebut
- Bila larutan tersebut mempunyai tekanan uap sebesar 280 torr, bagaimanakah komposisi cairan awal campuran tersebut

Jawab :

a.  $X_{\text{aseton}} = 3/5 = 0,6$

$$X_{\text{kloroform}} = 2/5 = 0,4$$

$$P_{\text{total}} = X_{\text{aseton}} \cdot P^{\circ}_{\text{aseton}} + X_{\text{kloroform}} P^{\circ}_{\text{kloroform}}$$

$$P_{\text{total}} = 0,6 \times 360 \text{ torr} + 0,4 \times 250 \text{ torr} = 316 \text{ torr}$$

b.  $P_{\text{total}} = 280 \text{ torr}$

$$P_{\text{total}} = X_{\text{aseton}} \cdot P^{\circ}_{\text{aseton}} + X_{\text{kloroform}} P^{\circ}_{\text{kloroform}}$$

$$P_{\text{total}} = X_{\text{aseton}} \times 360 + (1 - X_{\text{aseton}}) \times 250$$

$$280 = 360 X_{\text{aseton}} + 250 - 250 X_{\text{aseton}}$$

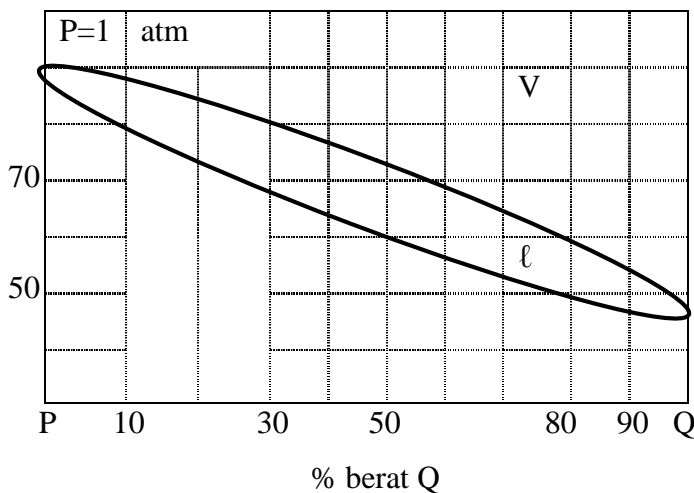
$$30 = 110 X_{\text{aseton}}$$

$$X_{\text{aseton}} = 30/110 = 0,273$$

$$X_{\text{klorofom}} = 0,727$$

## 8. LATIHAN SOAL 2

1. Tentukan komponen, fasa dan derajat kebebasan sistem berikut :
  - a. Campuran minyak dan air
  - b. Larutan NaCl jenuh yang terdapat NaCl (s) dan uap air
  
2. Dua cairan A dan B membentuk suatu larutan ideal. Pada suhu tertentu tekanan A murni 200 mmHg dan B murni 75 mmHg. Jika campuran mengandung 40 % mol A, berapa persen mol A dalam uapnya.
  
3. Hitunglah komposisi benzena-toluena dalam larutan yang akan mendidih pada tekanan 1 atm (101,325 kPa) pada 90 °C dengan menganggap ideal. Pada 90°C, tekanan uap benzena dan toluene adalah 136,3 kPa dan 54,1 kPa
  
4. Perhatikan gambar berikut

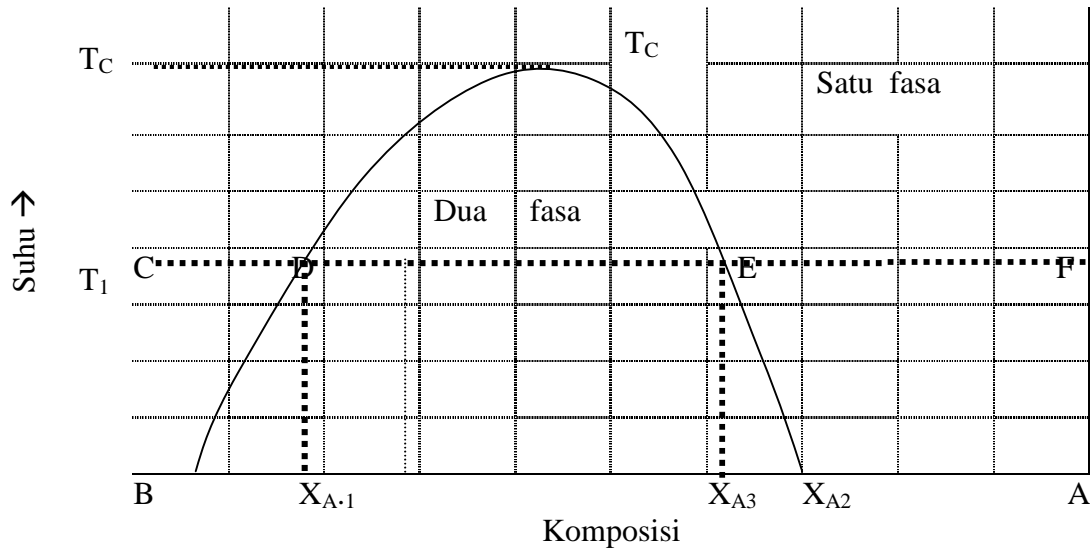


- a. Pada suhu berapakah suatu campuran yang terdiri dari 80 g P dan 120 g Q mulai menguap
- b. Bagaimana komposisi destilat pada saat mulai menguap

## 9. SISTEM DUA KOMPONEN CAIR- CAIR MISIBEL SEBAGIAN

Campuran dua macam senyawa cair- cair kadangkala tidak menghasilkan suatu campuran yang homogen, karena kedua cairan itu tidak larut (misibel) sempurna. Dua

cairan dikatakan misibel sebagian jika A larut dalam B dalam jumlah yang terbatas, dan sebaliknya. Secara eksperimen dapat diperoleh diagram fasa suhu terhadap komposisi cair- cair pada tekanan tetap, seperti pada gambar berikut :



Gambar 3. Diagram fasa 2 komponen cair- cair misibel sebagian

$T_C$  : temperatur kritis, titik kritis yaitu suhu yang menunjukkan bahwa pada temperatur tersebut adalah batas terendah sistem dalam keadaan dua fasa , di atas temperatur tersebut kedua cairan melarut sempurna dalam segala komposisi.

Pada diagram tersebut jika suhu dibuat konstan, misal  $T_1$ , sistem dimulai dari B murni (titik C), maka penambahan A sedikit demi sedikit hingga batas titik D (fraksi mol  $X_{A1}$ ) akan didapat cairan satu fasa. Bila penambahan A diteruskan, hingga titik E misalnya, maka akan didapatkan dua fasa atau dua lapisan. Jika penambahan diteruskan sampai mencapai titik F, maka penambahan berikutnya akan menghasilkan satu lapisan atau satu fasa. Contoh dari sistem ini adalah sistem fenol- air.

Komposisi kedua lapisan dalam keseimbangan ditunjukkan oleh perbandingan fasa 1 dan fasa 2, dalam diagram di atas diperlihatkan oleh hubungan massa fasa  $L_1$  : massa fasa  $L_2 = FE : DE$ .

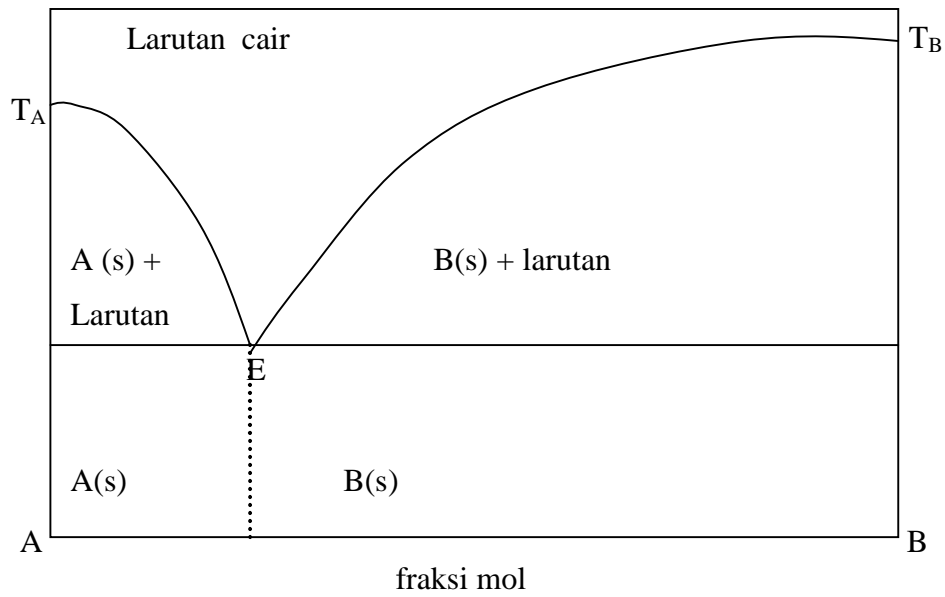
## 10. SISTEM DUA KOMPONEN PADAT- CAIR

Kesetimbangan fasa sistem 2 komponen padat- cair banyak digunakan dalam proses pembuatan logam paduan. Ada banyak macam jenis kesetimbangan dua komponen padat- cair , misalnya :

- Kedua komponen misibel dalam fasa cair dan imisibel dalam fasa padat
- Kedua komponen membentuk senyawa dengan titik leleh yang kongruen
- Kedua komponen membentuk senyawa dengan titik leleh yang inkongruen
- Kedua komponen membentuk larutan padat
- Kedua komponen misibel dalam fasa cair dan misibel sebagian dalam fasa padat

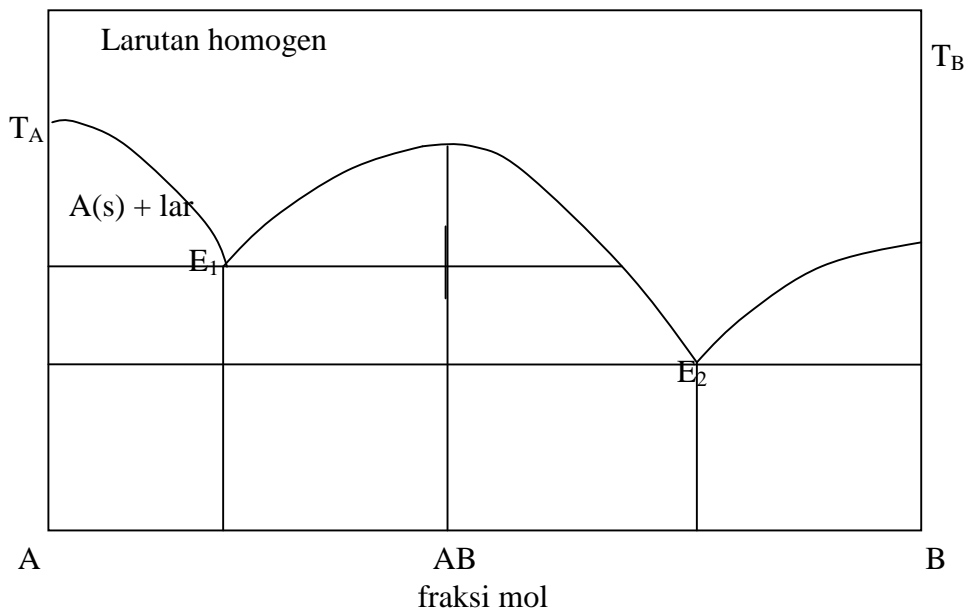
### **Sistem 2 komponen yang kedua komponennya misibel dalam fasa cair dan imisibel dalam fasa padat**

Jenis kesetimbangan ini banyak dijumpai dalam kehidupan sehari- hari, misalnya ada 2 macam logam yang dalam keadaan padat tidak bercampur tetapi ketika dicairkan keduanya akan bercampur homogen membentuk 1 fasa. Diagram fasanya digambarkan seperti pada gambar 4. Titik  $T_A$  dan  $T_B$  adalah suhu leleh A dan B murni. Sedangkan titik E adalah titik eutektik yaitu suhu terendah dimana masih terdapat komponen cair. Sedangkan derajat kebebasan untuk setiap daerah mempunyai harga yang berbeda- beda, misalnya daerah larutan cair mempunyai fasa = 1, maka derajat kebebasan pada P tetap akan berharga  $F = 2$



Gambar 4. Diagram fasa untuk cairan misibel dan padatan imisibel

Untuk 2 komponen yang membentuk senyawa baru dengan perbandingan mol tertentu, maka diagram fasa dapat digambarkan seperti gambar 5 berikut :

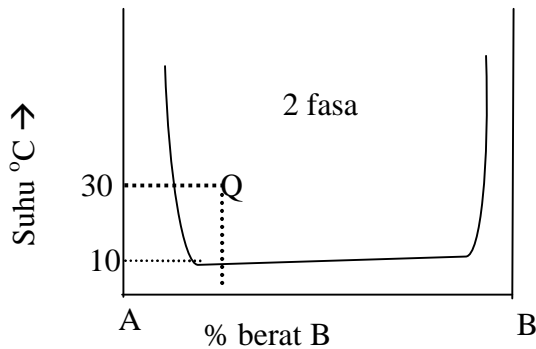


Gambar 5. Diagram fasa untuk cairan misibel dan padatan imisibel yang membentuk 1 senyawa baru.



### 11. LATIHAN SOAL 3

1. Perhatikan Sistem A-B cair- cair yang misibel sebagian digambarkan oleh diagram fasa (P tetap) berikut



- Jelaskan hubungan antara fasa A-B dan komposisi A-B pada suhu 10 °C
  - Tentukan derajat kebebasan pada titik Q ( 30 °C, 25 % B)
2. Gambarkan diagram fasa bila Nikel ditambahkan pada Mg yang meleleh pada 650 °C ( $A_r \text{ Mg} = 24$ ), titik beku campuran mulai turun sampai titik eutektik tercapai pada 510 °C dan 28 % mol Nikel. Senyawa baru terbentuk pada suhu 900 °C mengandung 54 % mol nikel, titik eutektik kedua terbentuk pada suhu 700 °C, 75 % mol nikel. Sedangkan nikel murni meleleh pada suhu 1400 °C. Gambarkan diagram fasa antara % mol Nikel terhadap suhu

### 12. SIFAT KOLIGATIF LARUTAN

Larutan non ideal mempunyai sifat fisika yang berubah dari keadaan idealnya. Sifat ini disebut sebagai sifat koligatif larutan yang hanya tergantung pada jumlah partikel zat terlarut dan tidak tergantung pada sifat dan keadaan partikel. Larutan yang memiliki sifat koligatif harus memenuhi dua asumsi yaitu zat terlarut tidak mudah menguap sehingga tidak memberikan kontribusi pada uapnya. Asumsi yang kedua adalah zat terlarut tidak larut dalam pelarut padat. Sifat koligatif larutan meliputi

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

Sifat koligatif larutan dapat digunakan untuk menentukan massa molekul relatif zat.

### Penurunan tekanan uap ( $\Delta P$ )

Jika zat terlarut A dilarutkan dalam pelarut B, maka menurut hukum Raoult :

$$P_A = X_A \cdot P_A^\circ$$

$$\text{Maka } P_A^\circ - P_A = \Delta P = P_A^\circ - X_A \cdot P_A^\circ$$

$$\Delta P = P_A^\circ (1 - X_A) = P_A^\circ \cdot X_B \quad \dots(27)$$

$X_A$  : fraksi mol zat terlarut A

$X_B$  : fraksi mol pelarut B dengan  $X_A + X_B = 1$

$P_A^\circ$  : tekanan uap zat terlarut A murni

$P_B^\circ$  : tekanan uap pelarut B murni

$\Delta P$  : penurunan tekanan uap larutan

#### Contoh:

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

#### Jawab:

$$X_A = 6 \text{ mol} / 6 \text{ mol} + 4 \text{ mol} = 0,6$$

$$\Delta P = 50 \text{ mmHg} (1 - 0,6) = 20 \text{ mmHg}$$

#### Contoh:

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

#### Jawab:

$$\text{Mol eter} = 50 \text{ gram} / 74 \text{ gram mol}^{-1} = 0,675 \text{ mol}$$

$$\text{mol zat A} = \frac{3}{M_r} \text{ mol}$$

$$\text{Maka } X_A = \frac{\frac{3}{M_r} \text{ mol}}{0,675 \text{ mol} + \frac{3}{M_r} \text{ mol}}$$

$$\Delta P = 442 \text{ mmHg} - 426 \text{ mmHg} = 16 \text{ mmHg}$$

$$\Delta P = X_A \cdot P_{\text{eter}}^{\circ}$$

$$16 \text{ mmHg} = \frac{\frac{3}{\text{Mr}} \text{ mol}}{0,675 \text{ mol} + \frac{3}{\text{Mr}} \text{ mol}} \times 442 \text{ mmHg} \rightarrow \text{Mr} = 121$$

### Kenaikan Titik Didih dan Penurunan Titik Beku

Larutan yang dididihkan setelah beberapa saat akan mengalami keseimbangan fasa uap dan fasa cair. Adanya gaya adhesi zat terlarut- pelarut yang tidak sama besar dengan gaya kohesi sesama zat terlarut atau sesama pelarut, maka akan menimbulkan deviasi dari titik didih murninya. Bila gaya adhesi lebih besar dari pada gaya kohesinya, maka energi yang dibutuhkan untuk mendidihkan larutan akan lebih besar daripada mendidihkan zat murninya.

Menggunakan persamaan didapat hubungan

$$\Delta T_b = \left( \frac{RT^{*2}}{\Delta H_{\text{vap}}} \right) X_B \quad \dots(28)$$

dengan :

$\Delta T_b$  = kenaikan titik didih larutan (satuan K)

R = tetapan gas ideal

$T^*$  = titik didih larutan ( satuan K)

$\Delta H_{\text{vap}}$  = entalpi penguapan (joule mol<sup>-1</sup>)

$X_B$  = fraksi mol zat terlarut

Fraksi mol zat terlarut (B) dapat dinyatakan dengan molalitas pelarut melalui hubungan :  $X_B = n_B \cdot \text{Mr pelarut} / 1 \text{ kg pelarut}$  atau  $X_B = m_B \times \text{Mr pelarut}$ , sehingga harga  $K_B$  dapat dinyatakan sebagai

$$K_b = \left( \frac{RT^{*2}}{\Delta H_{\text{vap}}} \right) \text{Mr pelarut} \quad \dots(29)$$

$$\text{maka harga } \Delta T_b = K_b \times m_B \quad \dots(30)$$

dengan :

$K_b$  : tetapan kenaikan titik didih molal (*ebulioskopik*) dalam satuan kg Kmol<sup>-1</sup>

$m_B$  : molalitas zat terlarut

Jika kenaikan titik didih dinyatakan dalam satuan °C, maka akan dirumuskan sebagai :

$$\Delta t_b = k_b \cdot m_B \quad \dots(31)$$

$k_b$  adalah tetapan kenaikan titik didih molal dalam satuan  $\text{kg } ^\circ\text{C mol}^{-1}$

Contoh :

Hitung titik didih suatu larutan yang mengandung 30 gram gula ( $M_r = 342$ ) dalam 100 gram air.  $k_b$  air =  $0,52 \text{ } ^\circ\text{C/ mol kg}^{-1}$

Jawab:

$$\text{Molalitas gula} = (30/342) \times (1000/100) = 0,877$$

$$\Delta t_b = 0,52 \text{ } ^\circ\text{C/ mol kg}^{-1} \times 0,877 \text{ m} = 0,456 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Titik didih larutan} = 100 \text{ } ^\circ\text{C} + 0,456 \text{ } ^\circ\text{C} = 100,456 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Efek kalor yang terjadi pada proses pelarutan akan menyebabkan terjadinya penyimpangan dari titik beku larutan dengan titik beku zat murninya, yang dapat dinyatakan seperti rumus berikut ini :

$$\Delta T_f = \left( \frac{RT^{*2}}{\Delta H_{\text{fus}}} \right) X_B \quad .(32)$$

Dengan :

$\Delta T_f$  = penurunan titik beku larutan (satuan K)

R = tetapan gas ideal

$T^*$  = titik didih larutan (satuan K)

$\Delta H_{\text{fre}}$  = entalpi pembekuan

$X_B$  = fraksi mol zat terlarut

Dengan cara yang sama pada penurunan rumus (2.9 dan 2.10) maka harga penurunan titik beku dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\Delta T_f = K_f \cdot m_B \dots \dots \dots \text{untuk } T \text{ dalam Kelvin} \quad .(33)$$

$$\Delta t_f = k_f \cdot m_B \dots \dots \dots \text{untuk } t \text{ dalam } ^\circ\text{C} \dots \quad .(34)$$

$K_f$  (dalam satuan  $\text{kg K mol}^{-1}$ ) dan  $k_f$  (satuan  $\text{kg } ^\circ\text{C mol}^{-1}$ ) adalah tetapan penurunan titik beku (krioskopi)

Contoh :

Hitunglah titik beku larutan yang terdiri dari 3 gram urea ( $M_r = 60 \text{ g mol}^{-1}$ ) dalam 100 gram air.  $K_f$  air =  $1,86 \text{ } ^\circ\text{C/ mol kg}^{-1}$



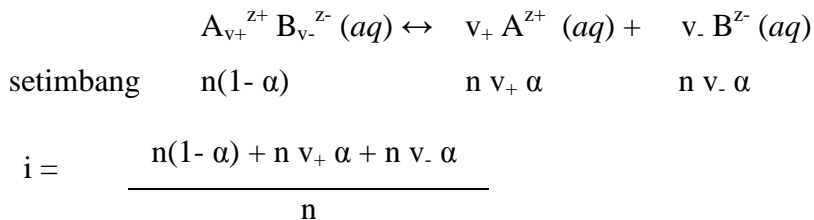
umum sifat koligatif larutan elektrolit lebih besar daripada larutan non elektrolit untuk konsentrasi larutan yang sama. *Van't Hoff* telah mengamati penyimpangan ini dan menjelaskan perbedaan ini dengan menggunakan koreksi yang dikenal sebagai *faktor i* atau faktor *Van't Hoff*. Faktor ini merupakan perbandingan jumlah partikel sesungguhnya dalam larutan dengan jumlah partikel sebelum ionisasi, yang dapat dituliskan dalam rumus :

$$i = \frac{\text{Jumlah partikel sesungguhnya dalam larutan}}{\text{Jumlah partikel sebelum ionisasi}} \quad \dots \quad (36)$$

Larutan elektrolit yang mengalami ionisasi sempurna (derajat ionisasi = 1) maka nilai *i* mendekati jumlah partikel ion yang diuraikan. Dengan mengukur *i*, maka pengukuran sifat koligatif larutan elektrolit dapat ditentukan dengan hubungan berikut :

$$\begin{aligned} \Delta T_b &= K_b \cdot m_B \cdot i \\ \Delta T_f &= K_f \cdot m_B \cdot i \\ \pi &= i \cdot C R T \end{aligned} \quad \dots(37)$$

Namun untuk larutan elektrolit lemah nilai *i* tergantung dari derajat ionisasinya. Sebagai contoh untuk larutan elektrolit AB dengan derajat ionisasi  $\alpha$  , dalam keadaan seimbang akan diperoleh :



Karena  $v_+ + v_- = v$

Maka

$$i = \frac{n - n \alpha + n v \alpha}{n} \quad \text{Sehingga } i = 1 - (1 - v) \alpha \quad \dots(38)$$

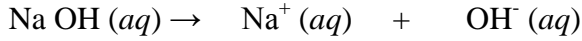
Contoh :

Hitung titik beku larutan NaOH yang dibuat dari 8 gram NaOH dan 100 gram air.  $k_b \text{ air} = 0,52$  dan  $k_f = 1,86$  Mr NaOH = 40

Jawab:

$$\text{Molalitas zat terlarut} = (8/40) \times 1000/100 = 2 \text{ m}$$

NaOH termasuk larutan elektrolit kuat, maka elektrolit kuat maka  $\alpha = 1$



Dalam larutan ada partikel  $\text{Na}^+$  dan  $\text{OH}^-$ , sehingga  $i = 2/1 = 2$

Sehingga  $i = 2$

$$\Delta t_f = k_f \cdot m_B \cdot i = 1,86 \cdot 2 \cdot 2 = 7,44 \text{ }^\circ\text{C}$$

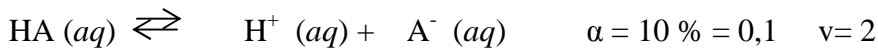
$$\text{Titik beku larutan} = 0^\circ\text{C} - 7,44 \text{ }^\circ\text{C} = -7,44 \text{ }^\circ\text{C}$$

Contoh:

Hitung titik beku untuk larutan 2 molal asam organik HA dalam yang terionisasi

$$10\% \cdot k_f = 1,86$$

Jawab:



Sehingga  $i = 1 - (1-2) \cdot 0,1 = 1,1$

$$\Delta t_f = k_f \cdot m_B \cdot i = 1,86 \cdot 2 \cdot 1,1 = 4,092 \text{ }^\circ\text{C}$$

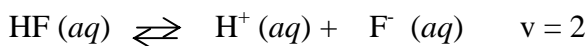
$$\text{Titik beku larutan} = 0^\circ\text{C} - 4,092 \text{ }^\circ\text{C} = -4,092 \text{ }^\circ\text{C}$$

Contoh

1 molal HF membeku pada suhu  $-1,92 \text{ }^\circ\text{C}$ , hitunglah derajat ionisasi HF,

$$k_f = 1,86 \text{ }^\circ\text{C}$$

Jawab :



$$i = 1 - (1 - 2) \alpha = 1 + \alpha$$

$$\text{titik beku} = -1,92 \text{ }^\circ\text{C} ; \Delta t_f = 1,92 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_f = k_f \cdot m_B \cdot i = 1,86 \times 1 \times (1 + \alpha) = 1,92 \quad \alpha = 0,03$$

Jadi derajat ionisasi HF = 0,03

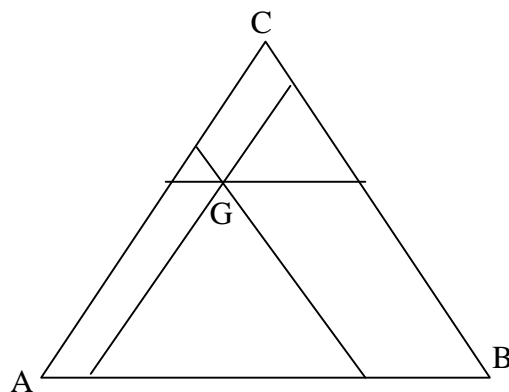
#### 14. LATIHAN SOAL 4

1. Hitung tekanan uap benzena dalam suatu larutan yang mengandung 10 gram naftalena ( $\text{C}_{10}\text{H}_8$ ) dalam 100 gram benzena pada  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tekanan uap benzena murni pada  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  adalah 97 mmHg.

2. Hitung titik didih dan titik beku dari larutan gula yang mengandung 50 gram gula ( $M_r$  gula = 342) dan 50 gram air.  $k_f = 1,86$  dan  $k_b = 0,52$
3. Hitung massa molekul relatif suatu zat yang sebanyak 5,23 gram dilarutkan dalam 168 gram air dan membeku pada suhu  $-0,510^\circ\text{C}$
4. Hitung tekanan osmotik suatu larutan yang mengandung 34,2 gram gula ( $M_r = 342$ ) dalam 1 liter larutan pada  $40^\circ\text{C}$ .
5. Larutan  $\text{KNO}_3$  membeku pada suhu  $-2,85^\circ\text{C}$ . Hitung molalitas larutan jika  $\text{KNO}_3$  terionisasi sempurna,  $k_f = 1,86^\circ\text{C/m}$

## 15. SISTEM TIGA KOMPONEN

Sistem tiga komponen mempunyai derajat kebebasan  $F = 3 - P$ , karena tidak mungkin membuat diagram dengan 4 variabel, maka sistem tersebut dibuat pada tekanan dan suhu tetap. Sehingga diagram hanya merupakan fungsi komposisi. Harga derajat kebebasan maksimal adalah 2, karena harga  $P$  hanya mempunyai 2 pilihan 1 fasa yaitu ketiga komponen bercampur homogen atau 2 fasa yang meliputi 2 pasang misibel. Umumnya sistem 3 komponen merupakan sistem cair-cair-cair. Jumlah fraksi mol ketiga komponen berharga 1. Sistem koordinat diagram ini digambarkan sebagai segitiga sama sisi dapat berupa % mol atau fraksi mol ataupun % berat seperti gambar 6 berikut :



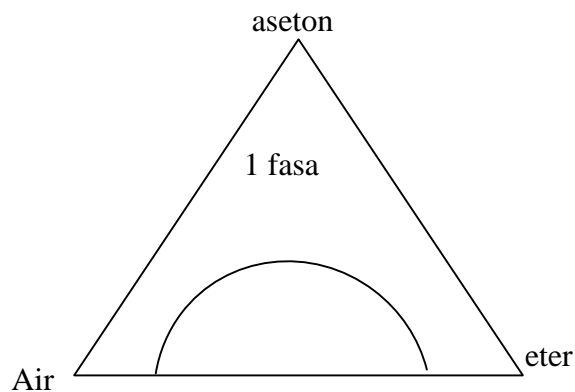
Gambar 6. Sistem koordinat segitiga dalam sistem 3 komponen

Titik G mempunyai koordinat 25 % mol A, 10 % mol B dan 65 % mol C. Titik G dapat dibuat dengan memotongkan garis yang mempunyai komposisi 25 % mol A



yaitu garis sejajar BC, 10 % mol B yaitu garis sejajar AC dan garis sejajar AB dengan % mol 65 %.

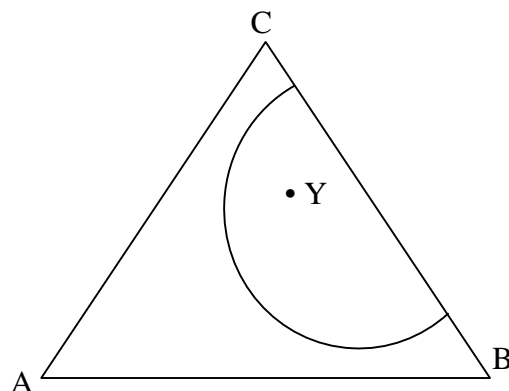
Gambar 7 adalah contoh diagram fasa 3 komponen cair- cair sistem aseton- air – eter pada 30 °C, 1 atm dengan koordinat persen mol . Daerah di bawah kurva adalah daerah 2 fasa yaitu air- aseton dan eter- aseton. Dalam gambar terlihat pada komposisi ekstrem air dapat bercampur sempurna dengan eter. Sedangkan aseton dapat bercampur homogen baik dengan air maupun eter.



Gambar 7. Diagram fasa air- eter- aseton

## 16. LATIHAN SOAL 5

1. Perhatikan gambar berikut :



Bila daerah di bawah kurva adalah daerah 2 fasa, maka jelaskan keadaan titik Y

2. Diketahui sistem 3 komponen A-B-C, komposisi titik K : 40% A, 20%B; titik L: 30%A, 30% C. Gambarkan titik K dan L

## 17. JAWABAN LATIHAN SOAL

### Latihan 1

1.  $P_1 = 76,7 \text{ mmHg}$   $T_1 = - 103 \text{ }^\circ\text{C} = 170\text{K}$

$P_2 = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$   $T_2 = - 78 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\ln \frac{P_1}{P_2} = \frac{-\Delta\bar{H}}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\ln 0,1009 = - \Delta\bar{H} \cdot 9,07 \cdot 10^{-5}$$

$$\Delta\bar{H} = 25288 \text{ J}$$

2  $T_1 = 2 \text{ }^\circ\text{C} = 275\text{K}$   $P_1 = ?$

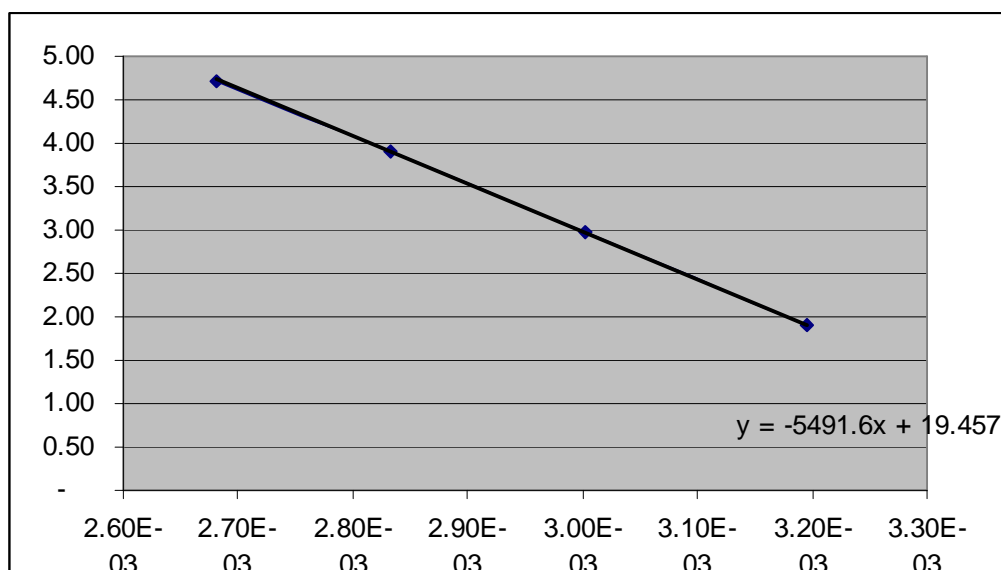
Kita ketahui bahwa air membeku pada 1 atm, 0 °C, jadi

$T_2 = 273\text{K}$   $P_2 = 1 \text{ atm}$

$$\ln \frac{P_1}{P_2} = \frac{-\Delta\bar{H}}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad P_1 = 0,932 \text{ atm}$$

4. Dari grafik didapat persamaan :  $\ln P = -5491.6/T + 19.457$

Jadi  $\Delta\bar{H} = -660,552 \text{ Joule}$



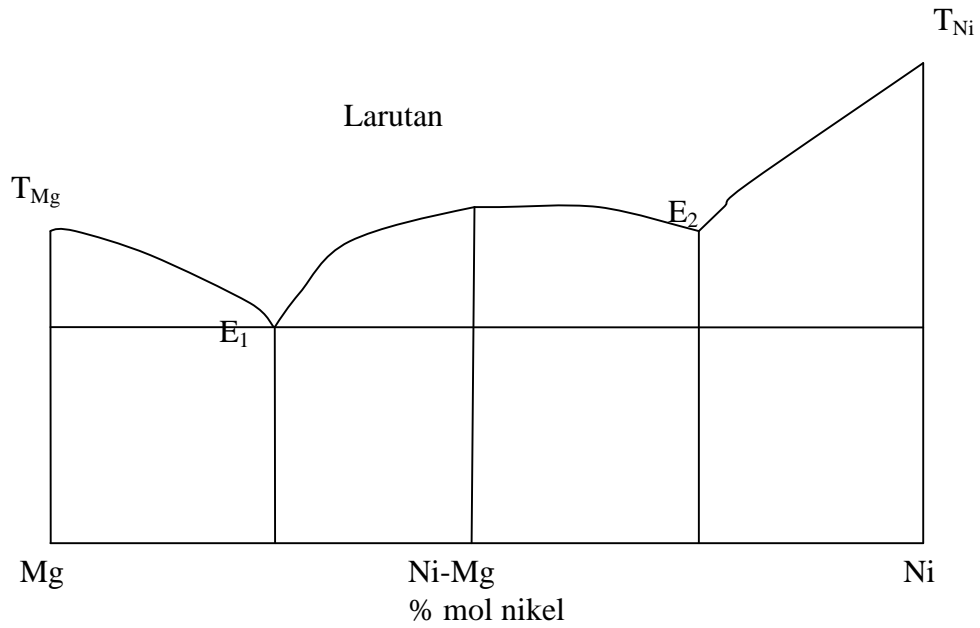
## Latihan 2

- Komponen = 2, fasa = 2,  $F = 2$
  - $C = 3, P = 3, F = 2$
- $P_{\text{total}} = 0,4 \times 200 + 0,6 \times 75 = 125 \text{ mmHg}$   
 $X_{A,v} = 80/125 = 0,64$   
Jadi fraksi mol uap A = 0,64
- $101,325 = X_B \cdot 136,3 + (1-X_B) \cdot 54,1$   
 $X_B = 0,575$   
 $X_T = 0,425$   
Fraksi mol Benzena cair (awal) = 0,575 dan toluena = 0,425
- 120 g Q  $\Rightarrow X_Q = 60\% \rightarrow$  buat garis vertikal pada  $X_Q = 60\%$  memotong kurva bagian bawah. Kemudian buat garis horisontal memotong sb y dan titik perpotongan tadi. Maka akan didapat suhu mulai mengup pada  $58^\circ\text{C}$
  - perpanjang garis horisontal sampai memotong kurva bagian atas, kemudian tarik garis vertikal hingga memotong sumbu x di  $X_Q = 85\%$  berat Q. Jadi komposisi destilat mengandung 85 % Q.

## Latihan 3

- Pada suhu  $10^\circ\text{C}$ , A dan B membentuk 1 fasa pada semua rentang komposisi artinya pada suhu  $10^\circ\text{C}$ , A dan B larut dengan baik.
  - $F = 1$

2.



#### Latihan 4

- Diketahui :  $P_{\text{benzena}}^{\circ} = 97 \text{ mmHg}$ . Massa ( $\text{C}_{10}\text{H}_8$ ) = 10 g,  
 $\text{Mr}(\text{C}_{10}\text{H}_8) = 128 \text{ g mol}^{-1}$  Massa benzena = 100 gram  
 $\text{Mr} \text{C}_6\text{H}_6 = 78 \text{ g mol}^{-1}$   
 Ditanyakan : tekanan uap benzena dalam larutan tersebut

Jawab:

$$\text{Mol}(\text{C}_{10}\text{H}_8) = \frac{10 \text{ gram}}{128 \text{ gram mol}^{-1}} = 0,078 \text{ mol}$$

$$\text{Mol} \text{C}_6\text{H}_6 = \frac{100 \text{ gram}}{78 \text{ gram mol}^{-1}} = 1,282 \text{ mol}$$

$$\text{Fraksi mol benzena} = \frac{1,282 \text{ mol}}{1,282 \text{ mol} + 0,078 \text{ mol}} = 0,943$$

$$\begin{aligned} P_{\text{benzena}} &= X_{\text{benzena}} \cdot P_{\text{benzena}}^{\circ} \\ &= 0,943 \times 97 \text{ mmHg} = 91,436 \text{ mmHg} \end{aligned}$$

- Diketahui : massa gula = 50 gram  $\text{Mr} \text{gula} = 342 \text{ gram mol}^{-1}$

Massa H<sub>2</sub>O = 50 gram K<sub>f</sub> = 1,86 °C/m dan K<sub>b</sub> = 0,52 °C/m

Ditanyakan : titik didih dan titik beku larutan

Jawab :

$$\text{Molalitas gula} = \frac{50 \text{ gram}}{342 \text{ gram mol}^{-1}} \frac{1000\text{gram}}{50\text{gram}} = 2,923 \text{ m}$$

$$\Delta t_f = m_{\text{gula}} \times k_f = 2,923 \text{ m} \times 1,86 \text{ °C/m} = 5,437 \text{ °C}$$

$$\text{Titik beku larutan} = 0 \text{ °C} - 5,437 \text{ °C} = - 5,437 \text{ °C}$$

$$\Delta t_b = m_{\text{gula}} \times k_b = 2,923 \text{ m} \times 0,52 \text{ °C/m} = 1,519 \text{ °C}$$

$$\text{Titik beku larutan} = 100 \text{ °C} + 1,519 \text{ °C} = 101,519 \text{ °C}$$

3. Diketahui : massa zat x = 5,23 gram massa air = 168 gram T<sub>f</sub> = -0,510 °C

Ditanyakan massa rumus zat X

Jawab:

$$\text{molalitas zat x} = \frac{5,23 \text{ gram}}{x \text{ gram mol}^{-1}} \frac{1000\text{gram}}{168\text{gram}} = \frac{31,131}{x} \text{ m}$$

$$\Delta t_f = 0 \text{ °C} - (-0,510 \text{ °C}) = 0,510$$

$$\Delta t_f = m_{\text{zat x}} \times k_f$$

$$0,510 = \frac{31,131}{x} \times 1,86 \quad x = 113,5$$

$$\text{massa rumus zat x} = 113,5$$

4. Diketahui : massa gula = 34,2 gram Mr = 342 T = 40 °C vol lar = 1L

Ditanyakan : tekanan osmosis larutan

Jawab:

$$\text{Molaritas gula} = (34,2/342) / 1 = 0,1 \text{ M}$$

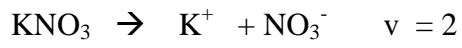
$$\pi = 0,1 \text{ M} \times 0,082 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times (273 + 40) \text{ K}$$

$$\pi = 2,556 \text{ atm}$$

5. Diketahui : titik beku = -2,85 °C K<sub>f</sub> = 1,86 °C/m α = 1

Ditanyakan : molalitas larutan

Jawab:



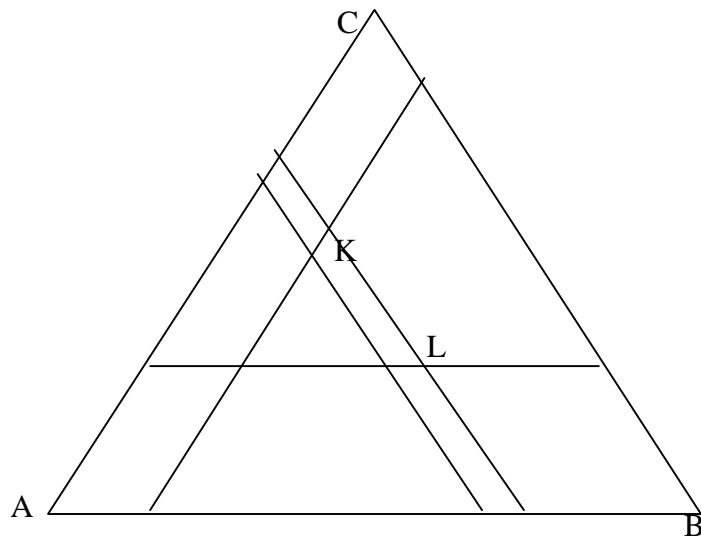
$$i = 1 - (1 - 2) = 2$$

$$\Delta t_f = 2,85^\circ\text{C} \rightarrow \Delta t_f = k_f \times m_B \times i = 1,86 \times m_B \times 2$$

$$2,85 = 1,86 \times m_B \times 2 \qquad m_B = 0,768 \text{ m}$$

### Latihan 5

1. Titik Y mempunyai 2 fasa yaitu B dalam A dan C dalam A
- 2.



## DAFTAR PUSTAKA

- Atkins, PW. 1994, *Physical Chemistry*, 5<sup>th</sup>.ed. Oxford : Oxford University Press
- Hiskia Achmad, 1992, *Wujud Zat dan Keseimbangan Kimia*. Bandung: Citra Aditya Bakti
- Hiskia Achmad, 1996, *Kimia Larutan*. Bandung, Citra Aditya Bakti
- KH Sugiyarto, 2000, *Kimia Anorganik I*, Yogyakarta : FMIPA UNY
- M. Fogiel, 1992, *The Essentials of Physical Chemistry II*, Nex Jersey : Research and Education Association
- Surdia NM, 1980, *Kimia Fisika I* (terjemahan Robert A. Alberty dan F Daniels), cetakan ke 5, John Willey and Sons.