

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 1996/97

April 1997

**EKC 231 - Operasi Pemindahan Jisim**

Masa: [3 jam]

---

**ARAHAN KEPADA CALON:**

Sila pastikan kertas soalan ini mengandungi **LAPAN** (8) mukasurat dan **SATU** (1) lampiran bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.

Kertas peperiksaan ini mengandungi **ENAM** (6) soalan.

Jawab **LIMA** (5) soalan sahaja. **DUA** (2) soalan daripada **Bahagian A** dan **TIGA** (3) soalan dari **Bahagian B**

Anda dimestikan menjawab soalan dari Bahagian A dalam Bahasa Malaysia.

Soalan terjemahan Bahasa Inggeris ditaip dalam bentuk tulisan Italic.

**BAHAGIAN A**

1. Benzena akan diserap daripada campuran benzena-udara dengan menggunakan sejenis minyak hidrokarbon tidak-meruap. Gas salur masuk mengandungi 2.5% benzena berdasarkan kepada isipadu dan kepekatan keluar yang dikehendaki ialah 0.01%. Operasi dilakukan dengan menggunakan turus terpadat pada tekanan atmosfera dan jumlah kadar suapan gas ialah 0.2 kg/s. Pelarut minyak memasuki turus pelarut bebas, dan sistem boleh dianggap sebagai unggul. Tekanan wap untuk benzena pada purata suhu turus ialah  $13.33 \text{ kN/m}^2$  dan berat molekul untuk udara, benzena dan minyak ada 29, 78 dan  $250 \text{ kg/kmol}$  secara berurutan.

*Benzene is to be absorbed from a benzene - air mixture by the use of a non-volatile hydrocarbon oil. The inlet gas contains 2.5% by volume of benzene and the exit concentration is to be 0.01%. Operation of the packed tower is to take place at atmospheric pressure and the total gas feed rate is 0.2 kg/s. The solvent oil enters the tower solvents free, and the system may be assumed ideal. The vapour pressure of benzene at the mean tower temperature is  $13.33 \text{ kN/m}^2$  and the molecular weight of air, benzene and the oil are 29, 78 and  $250 \text{ kg/kmol}$  respectively.*

Kirakan:

*Calculate:*

- [a] minima aliran minyak yang diperlukan untuk memberi kesan kepada penyerapan.

*the minimum oil flow necessary to effect the absorption duty.*

- [b] rencaman keluar minyak.

*the exit composition of the oil.*

- [c] Lakarkan lengkok keseimbangan dan tunjukkan garisan operasi pada  $(L/G)_{\min}$  (dimana  $L$  = jumlah cecair-dalam dan  $G$  = jumlah gas-dalam).

*Sketch the equilibrium curve and show the operating line at  $(L/G)_{\min}$  (where is  $L$  = total liquid-in and  $G$  = total gas-in)*

(20 markah)

2. Sejenis pelarut hendak diperolehi semula daripada campuran pelarut-udara dengan mengaharkan air dalam sebuah turus terpadat pada tekanan  $101.3 \text{ kN/m}^2$  dan pada suhu  $300\text{K}$ . Pelarut dalam keadaan wap memasuki turus pada kadar  $0.1 \text{ kg/s}$  dan mempunyai kepekatan  $2\%$  berdasarkan pada isipadu. Untuk memperolehi  $99.9\%$  pelarut, padat yang dipilih pada kadar aliran optima untuk gas dan air adalah  $1.3$  dan  $2.0 \text{ kg/s m}^2$  secara berurutan. Kirakan;

*A solvent is to be recovered from a solvent-air mixture by scrubbing with water in a packed tower at a pressure of  $101.3 \text{ kN/m}^2$  and at a temperature of  $300\text{K}$ . The solvent vapour enters the tower at a rate of  $0.1 \text{ kg/s}$  and has a concentration of  $2\%$  by volume. It is necessary to recover  $99.9\%$  of the solvent, for the packing selected the optimum gas and water flow rates are known to be  $1.3$  and  $2.0 \text{ kg/s m}^2$  respectively. Calculate*

[a] Ketinggian dan

*the height and;*

[b] garispusat bahagian padat untuk turus yang diperlukan.

*the diameter of the packed section of the tower required.*

Data:

[i] pekali pemindah jisim keseluruhan  $K_{ga}$  boleh dikaitkan dengan kadar aliran cecair dengan  $K_{ga} = 0.0275 (L^{0.5})$  dimana unit untuk  $K_{ga}$  ialah  $\text{kg/s m}^3$  ( $\text{kN/m}^2$ ) dan  $L$  ialah  $\text{kg/s.m}^2$ .

*the overall mass transfer coefficient  $K_{ga}$  is related to the liquid flow rate by  $K_{ga} = 0.0275 (L^{0.5})$  where to the unit of  $K_{ga}$  is  $\text{kg/s m}^3$  ( $\text{kN/m}^2$ ) and  $L$  is  $\text{kg/s m}^2$ .*

- [ii] Data keseimbangan untuk proses boleh diberi sebagai  $P_e = 0.02 x$  dimana  $P_e$  ialah tekanan keseimbangan untuk pelarut ( $\text{kN/m}^2$ ) dan  $x$  ialah pecahan mol untuk pelarut dalam air dimana  $0 < x < .03$ .

*the equilibrium data for the process are given by  $P_e = 0.02 x$  where  $P_e$  is the equilibrium pressure of the solvent ( $\text{kN/m}^2$ ) and ( $x$ ) the mole fraction of solvent in water where  $0 < x < .03$*

- [iii] berat molekul untuk pelarut dan udara ialah 70 dan 29  $\text{kg/kmol}$  secara berurutan.

*the molecular weight of the solvent and air are 70 and 29  $\text{kg/kmol}$  respectively.*

(20 markah)

### **BAHAGIAN B**

3. Campuran 60 mol% asid laurik (komponen 1) dan 40 mol% asid miristik (komponen 2) boleh dipisahkan dengan cara penyulingan pada tekanan 1000 Pa, untuk menghasilkan asid laurik pada produk atas dan bawah sebanyak 90 dan 15 mol% secara berurutan. Suapan berada pada takad didih pada 1000 Pa. Tekanan wap untuk komponen tulen boleh diberi oleh persamaan-persamaan berikut,

*A mixture of 60 mol% lauric acid (component 1) and 40 mol% myristic acid (component 2) is to be separated by distillation at 1000 Pa pressure, to given over head and bottom products of 90 and 15 mol% lauric acid respectively. The feed is at its boiling-point at 1000 Pa. The vapour pressure of the pure components are given by the equations,*

$$\ln P_1 = 20.8375 - 2210/T - 1715400/T^2 \quad \dots(a)$$

$$\ln P_2 = 19.9356 - 1467/T - 2072300/T^2 \quad \dots(b)$$

dimana  $P$  ialah dalam Pa dan  $T$  dalam K.

*where  $P$  is in Pa and  $T$  in K.*

Anggap Hukum Raoult adalah sah dan gunakan cara McCabe-Thiele

*Assume Raoult's law is valid and using McCabe - Thiele method*

- [a] Lukiskan lengkok keseimbangan untuk wap-cecair

*Plot the vapour-liquid equilibrium curve*

- [b] Anggarkan nisbah refluks minima ( $R_{min}$ )

*Determine the minimum reflux ratio ( $R_{min}$ )*

- [c] Anggarkan nisbah refluks ( $R$ ) untuk memberikan jumlah lima peringkat teori termasuk pendandang.

*Determine the reflux ratio ( $R$ ) that gives a total of five theoretical stages including the reboiler.*

(20 markah)

4. Sebuah turus pemeringkatan berterusan diperlukan untuk memisahkan satu campuran mengandungi 0.695 pecahan mol n-heptana ( $C_7H_{16}$ ) dan 0.305 pecahan mol n-oktana ( $C_8H_{18}$ ) untuk menghasilkan produk 99 mol% tulen. Turus itu dikendalikan pada tekanan  $101.3 \text{ kN/m}^2$  dengan halaju wap pada  $0.6 \text{ m/s}$ . Cecair suapan berada pada takad didih dan dibekalkan ke dalam turus pada kadar  $1.25 \text{ kg/s}$ . Takad didih untuk bahagian atas turus boleh diambil pada suhu  $372 \text{ K}$  dan data keseimbangan diberi seperti berikut:

*A continuous fractionation column is required to separate a mixture containing 0.695 mol fraction n-heptane ( $C_7H_{16}$ ) and 0.305 mol fraction n-octane ( $C_8H_{18}$ ) into products of 99 mol% purity. The column is to operate at a pressure of  $101.3 \text{ kN/m}^2$  with a vapour velocity of  $0.6 \text{ m/s}$ . The feed is all liquid at its boiling-point, and is supplied to the column at  $1.25 \text{ kg/s}$ . The boiling-point at the top of the column may be taken as  $372 \text{ K}$  and the equilibrium data are:*

$$x = 0.13 \quad 0.22 \quad 0.32 \quad 0.46 \quad 0.57 \quad 0.69 \quad 0.82 \quad 0.92$$

$$y = 0.24 \quad 0.37 \quad 0.50 \quad 0.65 \quad 0.74 \quad 0.83 \quad 0.91 \quad 0.96$$

$x$  = pecahan mol untuk heptana dalam keadaan cecair  
(*mole fraction heptane in liquid*)

$y$  = pecahan mol untuk heptana dalam keadaan wap  
(*mole fraction heptane in vapour*)

- [a] Anggarkan nisbah refluks minima yang diperlukan.

*Determine the minimum reflux ratio that will be required.*

(10 markah)

- [b] Apakah garispusat turus yang diperlukan jika refluks yang digunakan adalah dua kali nilai minima tersebut?

*What column diameter would be required if the reflux used were twice the minimum possible?*

(10 markah)

5. Dalam penyarian asid asitik daripada larutan berair dengan benzena dalam sebuah turus padat pada ketinggian 1.4m dan luas rentas  $0.0045 \text{ m}^2$ , kepekatan yang dicatatkan pada salur masuk dan keluar turus adalah seperti berikut:

*In the extraction of acetic acid from an aqueous solution with benzene in a packed column of height 1.4m and cross-sectional area  $0.0045 \text{ m}^2$ , the concentrations measured at the inlet and the outlet of the column are as follows:*

Kepekatan asid dalam salur masuk untuk fasa air  $C_{w2} = 0.69 \text{ kmol/m}^3$   
*Acid concentration in the inlet water phase,  $C_{w2} = 0.69 \text{ kmol/m}^3$*

Kepekatan asid dalam salur keluar untuk fasa air  $C_{w1} = 0.684 \text{ kmol/m}^3$   
*Acid concentration in the outlet water phase,  $C_{w1} = 0.684 \text{ kmol/m}^3$*

Kadar aliran untuk fasa benzena,  $= 5.6 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$   
 $= 1.24 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}$   
*Flow rate of benzene phase*  $= 5.6 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$   
 $= 1.24 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}$

Kepekatan benzena dalam salur masuk,  $C_{B1} = 0.0040 \text{ kmol/m}^3$   
*Inlet benzene phase concentration,  $C_{B1} = 0.0040 \text{ kmol/m}^3$*

Kepekatan benzena dalam salur keluar,  $C_{B2} = 0.0115 \text{ kmol/m}^3$   
*Outlet benzene phase concentration,  $C_{B2} = 0.0115 \text{ kmol/m}^3$*

[a] Anggarkan pekali pemindah keseluruhan

*Determine the overall transfer coefficient*

(10 markah)

[b] Anggarkan ketinggian untuk pemindah unit.

*Determine the height of the transfer unit*

(10 markah)

6. [a] Apabila satu aliran gas tidak-tepu dilalukan diatas satu permukaan cecair, kelembapan gas bertambah disebabkan penyejatan cecair tersebut. Cecair itu disejukkan dan haba dipindahkan daripada gas. Pada keseimbangan, haba daripada gas bersamaan dengan haba yang diperlukan untuk penyejatan, dan dalam keadaan ini suhu cecair adalah suhu basah mentol. Buktikan bahawa

*When a stream of unsaturated gas is passed over the surface of a liquid, the humidity of the gas is increased owing to evaporation of the liquid. The liquid is thus cooled and heat is transferred from the gas. At equilibrium, the heat from the gas equals the heat required for evaporation, and in this condition the liquid temperature is the wet bulb temperature. Prove that*

$$H_w - H = \frac{h_c}{h_d \cdot \rho_A \lambda} (T - T_w)$$

dimana  
where

- $H_w$  = kelembapan tepu pada  $T_w$ K (suhu cecair)  
*saturation humidity at  $T_w$ K (liquid temperature)*
- $H$  = kelembapan gas pada suhu gas  $T$ , K  
*gas humidity at gas temperature  $T$ , K*
- $h_c$  = pekali pemindah haba untuk perolakan dalam gas ( $W/m^2K$ )  
*convective heat transfer coefficient in the gas ( $W/m^2K$ )*
- $h_d$  = pekali pemindah jisim (m/s)  
*mass transfer coefficient (m/s)*
- $\lambda$  = haba pendam pengewapan (kJ/kg)  
*latent heat of vaporization (kJ/kg)*
- $\rho_A$  = ketumpatan untuk udara (gas) ( $kg/m^3$ )  
*density of air (gas) ( $kg/m^3$ )*

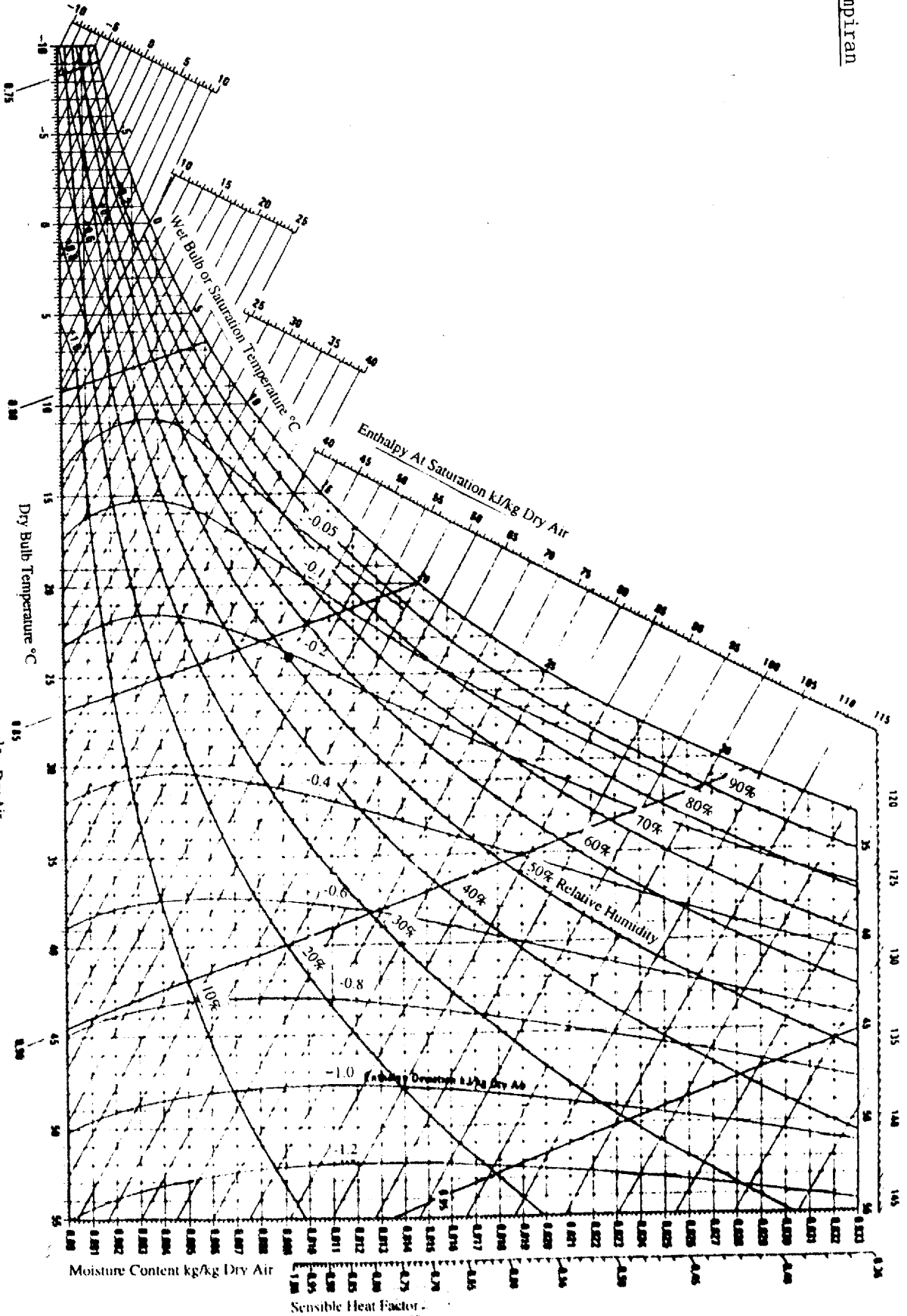
- [b] Kelembapan udara pada suhu 300K mempunyai suhu lembab mentol pada suhu 290K. Jika haba pendam pengewapan untuk air pada suhu 290K ialah 2458 kJ/kg, kirakan kelembapan untuk udara dan peratus kelembapan relatif. Jumlah tekanan ialah 101.3 kN/m<sup>2</sup> [dengan beranggapan nilai

$$\left( \frac{h_c}{h_d \rho_A} \right) = 1.09 \times 10^3$$

*Moist air at 300 K has a wet bulb temperature of 290 K. If the latent heat of vaporization of water at 290K is 2458 kJ/kg. Calculate the humidity of the air and the percentage relative humidity. The total pressure is 101.3 kN/m<sup>2</sup> [assuming that the value of  $\left( \frac{h_c}{h_d \rho_A} \right) = 1.09 \times 10^3$ ]*

(20 markah)





Below 0°C Properties and Enthalpy Deviation Lines Are For Ice

**Psychrometric chart—SI units.**