
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2007/2008

October/November 2007

EKC 313 – Separation Process
[Proses Pemisahan]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of NINE pages of printed material and TWO pages of Appendix before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEMBILAN muka surat yang bercetak dan DUA muka surat Lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

Instructions: Answer **FOUR** (4) questions. Answer **TWO** (2) questions from Section A. Answer **TWO** (2) questions from Section B.

Arahan: Jawab **EMPAT** (4) soalan. Jawab **DUA** (2) soalan dari Bahagian A. Jawab **DUA** (2) soalan dari Bahagian B.]

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]

Section A : Answer any TWO questions.

Bahagian A : Jawab mana-mana DUA soalan.

1. [a] Explain in brief the mechanism of airflow in a natural draft-cooling tower.

Terangkan secara ringkas mekanisma aliran udara dalam sebuah menara pendinginan alir bebas semulajadi.

[5 marks/markah]

- [b] Water at 1 kg/s is cooled from 40°C to 32°C in an atmospheric counter-current packed bed-cooling tower. Air flow rate is 0.8 kg/h. The dry bulb and wet bulb temperatures of air are 30°C and 25°C respectively. The height of packing is 2.1 meters. Estimate :

Air pada 1 kg/s disejukkan dari 40°C ke 32°C dalam sebuah menara pendinginan-lapisan terpadat arus-berlawanan atmosfera. Kadar aliran udara ialah 0.8 kg/jam. Suhu bebuli kering dan bebuli basah udara ialah masing-masing 30°C dan 25°C. Tinggi padatan ialah 2.1 meter. Anggarkan :

- [i] The enthalpy of air leaving the tower.

Entalpi udara yang keluar dari menara.

[5 marks/markah]

- [ii] The dry bulb temperature of air at the outlet if the percentage humidity of air is 80%.

Suhu bebuli kering udara pada keluaran jika peratusan kelembapan udara ialah 80%.

[5 marks/markah]

- [iii] The height and number of transfer units.

Ketinggian dan nombor unit pemindahan.

[5 marks/markah]

- [iv] The overall volumetric mass transfer coefficient $k_y a$

Pekali pemindahan jisim isipadu keseluruhan $k_y a$

[5 marks/markah]

Saturation enthalpy data may be obtained from the psychrometric chart provided.

Data entalpi ketepuan boleh diperolehi dari carta psikrometer yang diberi.

2. [a] State how flow velocity and turbulence affect the mass transfer rates from a surface.

Nyatakan bagaimana halaju dan gelora aliran mempengaruhi kadar pemindahan jisim dari sebuah permukaan.

[5 marks/markah]

- [b] A spray dryer is used to dry a slurry containing 90% moisture to 10% moisture. The slurry droplets in the dryer could be assumed to undergo a constant rate- falling rate pattern of drying within the dryer. The critical and equilibrium moisture contents are 40% and 4% respectively. The residence time for drying is 5 s.

Sebuah pengering sembur digunakan untuk mengering buburan yang mengandungi 90% lembapan ke 10% lembapan. Titisan buburan dalam pengering boleh diandaikan melalui pengeringan yang bercorak kadar malar-kadar menurun dalam pengering. Kandungan-kandungan lembapan keseimbangan dan genting ialah masing-masing 40% dan 4%. Masa mastautin bagi pengeringan ialah 5 s.

- [i] Estimate the constant rate of drying

Anggarkan kadar malar pengeringan

[10 marks/markah]

- [ii] If the flow-rates of the slurry and air are adjusted so that the constant rate of drying is halved (half the original value of the constant rate) find the moisture content of the final product.

Jika kadar aliran buburan dan udara dilaraskan supaya kadar malar pengeringan menjadi separuh (setengah daripada nilai asal kadar malar), carikan kandungan lembapan hasil akhir.

[10 marks/markah]

3. [a] Define the terms

Berikan takrifan bagi

- [i] Adsorption

Penjerapan

[2 marks/markah]

- [ii] The breakthrough point

Titik bulus

[2 marks/markah]

- [b] In a batch adsorption experiment, several samples of water contaminated with different concentrations of phenol were treated with activated carbon at 25°C. Each 1 litre sample of contaminated water were thoroughly mixed with 2.0 g of the activated carbon until equilibrium is reached. The initial and final concentrations of phenol were measured thereafter. The results obtained are shown below.

Dalam suatu ujikaji penjerapan kelompok, beberapa sampel air yang telah dicemar dengan kepekatan fenol yang berbeza-beza telah dirawat dengan karbon teraktif pada 25°C. Setiap sampel 1 liter air tercemar telah dicampur dengan 2.0 g karbon teraktif sehingga keseimbangan tercapai. Kepekatan awal dan akhir fenol telah diukur selepas itu. Keputusan yang diperolehi ditunjukkan di bawah.

Initial Concentration g. phenol/litre solution <i>Kepekatan awal g. fenol/liter larutan</i>	0.2	0.15	0.1	0.05
Final Concentration g. phenol/litre solution <i>Kepekatan akhir g. fenol/liter larutan</i>	0.085	0.05	0.025	0.01

- [i] Using the above data, plot the adsorption isotherm for the system phenol/activated carbon.

Dengan menggunakan data di atas, plotkan garis sesuhu penjerapan bagi sistem fenol/karbon teraktif.

[7 marks/markah]

- [ii] If the data could be assumed to fit the Langmuir isotherm, estimate the constants q_e and K in the Langmuir isotherm for this case.

Jika data boleh diandaikan sebagai padan dengan garis sesuhu Langmuir, anggarkan pemalar-pemalar q_e dan K dalam garis sesuhu Langmuir bagi kes ini.

[7 marks/markah]

- [iii] Estimate the final concentration of phenol after 1250 ml of water having concentration of 0.12 g phenol/litre is treated with 2 g of activated carbon.

Anggarkan kepekatan akhir fenol setelah 1250 ml air dengan kepekatan 0.12 g fenol/liter dirawat dengan 2 g karbon teraktif.

[7 marks/markah]

Given: Langmuir isotherm : $q = \frac{q_e \cdot C}{K + C}$ where $q = \text{g adsorbate} / \text{g adsorbent}$,

$C = \text{Concentration (g/l) adsorbate in solution at equilibrium}$. q_e and K are empirical constants.

Diberi: Garis sesuhu Langmuir: $q = \frac{q_e \cdot C}{K + C}$ di mana $q = \text{g bahan terjerap} / \text{g bahan penjerap}$,

$C = \text{Kepekatan (g/l) bahan terjerap dalam larutan pada keseimbangan}$. q_e dan K adalah pemalar empirikal.

...5/-

Section B : Answer any TWO questions.

Bahagian B : Jawab mana-mana DUA soalan.

4. 1000 kg per hour of a 45% acetone in-water solution is to be extracted at 25°C in a continuous, countercurrent system with pure 1,1,2-trichloroethane to obtain a raffinate containing 10 wt% acetone. Using the following equilibrium data, determine with a triangular diagram:

Suatu larutan 1000 kg per jam dengan 45% berat aseton dalam air akan diekstrak pada suhu 25 °C di dalam sistem berterusan arus berlawanan dengan menggunakan 1,1,2-trikloroetana tulen bagi mendapatkan rafinat yang mengandungi 10% aseton. Dengan menggunakan data keseimbangan yang diberikan di bawah dan dengan menggunakan kaedah gambarajah segitiga, carikan:

- [a] the minimum flow rate of solvent

kadar aliran pelarut minimum

[9 marks/markah]

- [b] the number of stages required for a solvent rate equal to 1.5 times the minimum

bilangan peringkat yang diperlukan sekiranya kadar aliran pelarut yang digunakan adalah 1.5 kali nilai minimum

[8 marks/markah]

- [c] the flow rate and composition of each stream leaving each stage

kadar aliran dan komposisi bagi setiap aliran yang meninggalkan setiap peringkat

[8 marks/markah]

Equilibrium Data :

Data keseimbangan :

	Acetone, Weight Fraction <i>Aseton, Pecahan Berat</i>	Water, Weight Fraction <i>air, Pecahan Berat</i>	Trichloroethane, Weight Fraction <i>Trikloroetana, Pecahan Berat</i>
Extract <i>Ekstrak</i>	0.60	0.13	0.27
	0.50	0.04	0.46
	0.40	0.03	0.57
	0.30	0.02	0.68
	0.20	0.015	0.785
	0.10	0.01	0.89
Raffinate <i>Rafinat</i>	0.55	0.35	0.10
	0.50	0.43	0.07
	0.40	0.57	0.03
	0.30	0.68	0.02
	0.20	0.79	0.01
	0.10	0.895	0.005

Tie-Line Data :

Data garis-Ikat :

Raffinate, Weight Fraction Acetone <i>Rafinat, Pecahan berat aseton</i>	Extract, Weight Fraction Acetone <i>Ekstrak, Pecahan berat aseton</i>
0.44	0.56
0.29	0.40
0.12	0.18

5. [a] Write short notes on each of the following:
Tuliskan nota ringkas bagi perkara berikut:
- [i] Definition of crystallization
Takrif penghabluran *[1 mark/markah]*
- [ii] Importance of crystallization in the industry
Kepentingan proses penghabluran dalam industri *[2 marks/markah]*
- [iii] Magma
Magma *[2 marks/markah]*
- [b] The heptahydrate of $MgSO_4$ is to be crystallized batchwise from a seeded aqueous solution. A low supersaturation is to be used to avoid primary nucleation and a mild agitation is to be applied to minimize secondary nucleation. The temperature in the crystallizer will be maintained at $35^\circ C$, at which the solubility of $MgSO_4$ in water is 30 wt%. The crystallizer will be charged with 3,000 lb of a saturated solution at that temperature. To this solution will be added 2 lb of heptahydrate seed crystals of $50 \mu m$ in diameter. A supersaturation of 0.01 gm of heptahydrate per gm of solution at $35^\circ C$ will be maintained during crystallization by operating the crystallizer at vacuum and using heat exchange and the heat of crystallization to gradually evaporate water from the solution. Based on the assumptions and data listed below, determine the following if the final crystal size is to be $400 \mu m$.

MgSO₄ heptahidrat akan dihablurkan secara kelompok daripada larutan berair berbiji. Keadaan penepuan lampau rendah akan digunakan untuk mengelakkan penukleusan utama dan sedikit pengadukan akan dikenakan bagi meminimumkan penukleusan sekunder. Suhu di dalam penghablur akan dikekalkan pada 35 °C, di mana kebolehlarutan MgSO₄ di dalam air adalah 30% berat. Penghablur tersebut akan disuapkan dengan 3,000 lb larutan tepu pada suhu tersebut. 2 lb heptahidrat biji hablur yang bergaris pusat 50 μm kemudiannya akan dicampurkan kepada larutan tadi. Penepuan lampau 0.01 gm heptahidrat per gm larutan pada suhu 35 °C akan dikekalkan semasa proses penghabluran dengan memastikan penghablur beroperasi pada keadaan vakum dan dengan menggunakan penukar haba dan haba penghabluran bagi menyejatkan air daripada larutan secara beransur. Berdasarkan andaian dan data yang diberikan di bawah, kirakan nilai berikut sekiranya saiz hablur akhir yang dikehendaki adalah 400 μm.

...7/-

- [i] Yield of crystals of heptahydrate in pounds
Hasil hablur heptahidrat dalam lb
[2 marks/markah]
- [ii] Number of crystals
Nombor hablur
[2 marks/markah]
- [iii] Amount of water in pounds that will have to be evaporated
Jumlah air dalam lb yang sepatutnya disejatkan
[2 marks/markah]
- [iv] Product magma density in pounds of crystals per pound of solution
Ketumpatan produk magma dalam lb hablur per lb larutan
[2 marks/markah]
- [v] Crystallizer volume in gallons if the volume occupied by the magma during operation is at most 50% of the crystallizer volume.
Isipadu penghablur dalam gellen sekiranya isipadu yang dipenuhi oleh magma semasa operasi adalah paling maksimum 50% daripada isipadu penghablur.
[3 marks/markah]
- [vi] Crystallizer pressure in psia and the boiling-point elevation in °F
Tekanan penghablur dalam psia dan peningkatan suhu takat-didih dalam °F
[3 marks/markah]
- [vii] Time in minutes to grow the crystals to the final size
Masa dalam minit bagi hablur untuk tumbuh ke saiz akhir
[2 marks/markah]
- [viii] Determine if the crystal growth is controlled by mass transfer or by surface reaction (incorporation into the lattice) or both.
Tentukan sama ada pertumbuhan hablur adalah dikawal oleh pemindahan jisim atau tindakbalas permukaan (dimasukkan ke dalam kekisi) atau kedua-duanya.
[4 marks/markah]

Assumptions and Data:

- 1. No primary or secondary nucleation
- 2. Properties of aqueous 30 wt% MgSO₄ at 35°C:
 - Density = 1.34 g/cm³
 - Viscosity = 8 cP
 - Diffusivity of MgSO₄ = 1.10 × 10⁻⁵ cm²/s

3. Density of the crystals = 1.68 g/cm^3
4. Crystal shape can be approximated as a sphere
5. Average crystal-face growth rate, including effects of both mass transfer and surface reaction = 0.005 mm/min
6. Solution velocity past crystal face = 5 cm/s

Andaian dan data:

1. *Tiada penukleusan utama dan sekunder*
 2. *Maklumat MgSO_4 berair 30% berat padat 35°C :*

<i>Ketumpatan</i>	=	1.34 g/sm^3
<i>Kelikatan</i>	=	8 sP
<i>Kemeresapan MgSO_4</i>	=	$1.10 \times 10^{-5} \text{ sm}^2/\text{s}$
 3. *Ketumpatan hablur = 1.68 g/sm^3*
 4. *Bentuk hablur boleh dianggap sebagai sfera*
 5. *Kadar ketumbuhan purata hablur-muka, termasuk kesan pemindahan jisim dan tindakbalas permukaan = 0.005 mm/min*
 6. *Halaju larutan melepasi muka hablur = 5 sm/s*
6. [a] The data below were taken in a constant-pressure (pressure drop is $15 \text{ lb}_f/\text{in}^2$) filtration of a slurry of CaCO_3 in H_2O . The filter was a 6 inch filter press with an area of 1.0 ft^2 . The mass fraction of solids in the feed to the press was 0.169. Calculate the values of cake resistance (α), filter medium resistance (R_m) and cake thickness (L_c).

Data di bawah diambil daripada proses penurasan buburan CaCO_3 dalam air pada tekanan tetap (susutan tekanan adalah $15 \text{ lb}_f/\text{in}^2$). Penuras itu merupakan sebuah penuras tekan 6 inci dengan luas permukaan 1.0 kaki^2 . Pecahan jisim pepejal dalam suapan ke penuras tersebut adalah 0.169. Kirakan nilai rintangan kek (α), rintangan bahantara penuras (R_m) dan ketebalan kek (L_c).

[15 marks/markah]

Constant pressure filtration data
Data penurasan tekanan tetap

Filtrate, lb <i>Cecair turasan, lb</i>	Time, s <i>masa, s</i>
0	0
5	30
10	181
15	320
20	750
25	1009
30	1443
35	2117

Additional Data:

Kinematic viscosity of the slurry	=	$9.82 \times 10^{-4} \text{ kg/m.s}$
Mass ratio of wet cake to dry cake	=	1.47
Dry cake density	=	$1,169 \text{ kg/m}^3$

Data tambahan:

<i>Kelikatan kinematik buburan</i>	=	$9.82 \times 10^{-4} \text{ kg/m.s}$
<i>Nisbah jisim kek basah kepada kek kering</i>	=	1.47
<i>Ketumpatan kek kering</i>	=	$1,169 \text{ kg/m}^3$

- [b] The slurry from Q.6. [a] is to be filtered in a press having a total area of 86 ft^2 and operated at a constant pressure drop of 2 atm. The frames are 0.12 ft thick. Assume that the filter medium resistance in the large press is the same as that in the laboratory filter. Calculate the filtration time required and the volume of filtrate obtained in one cycle.

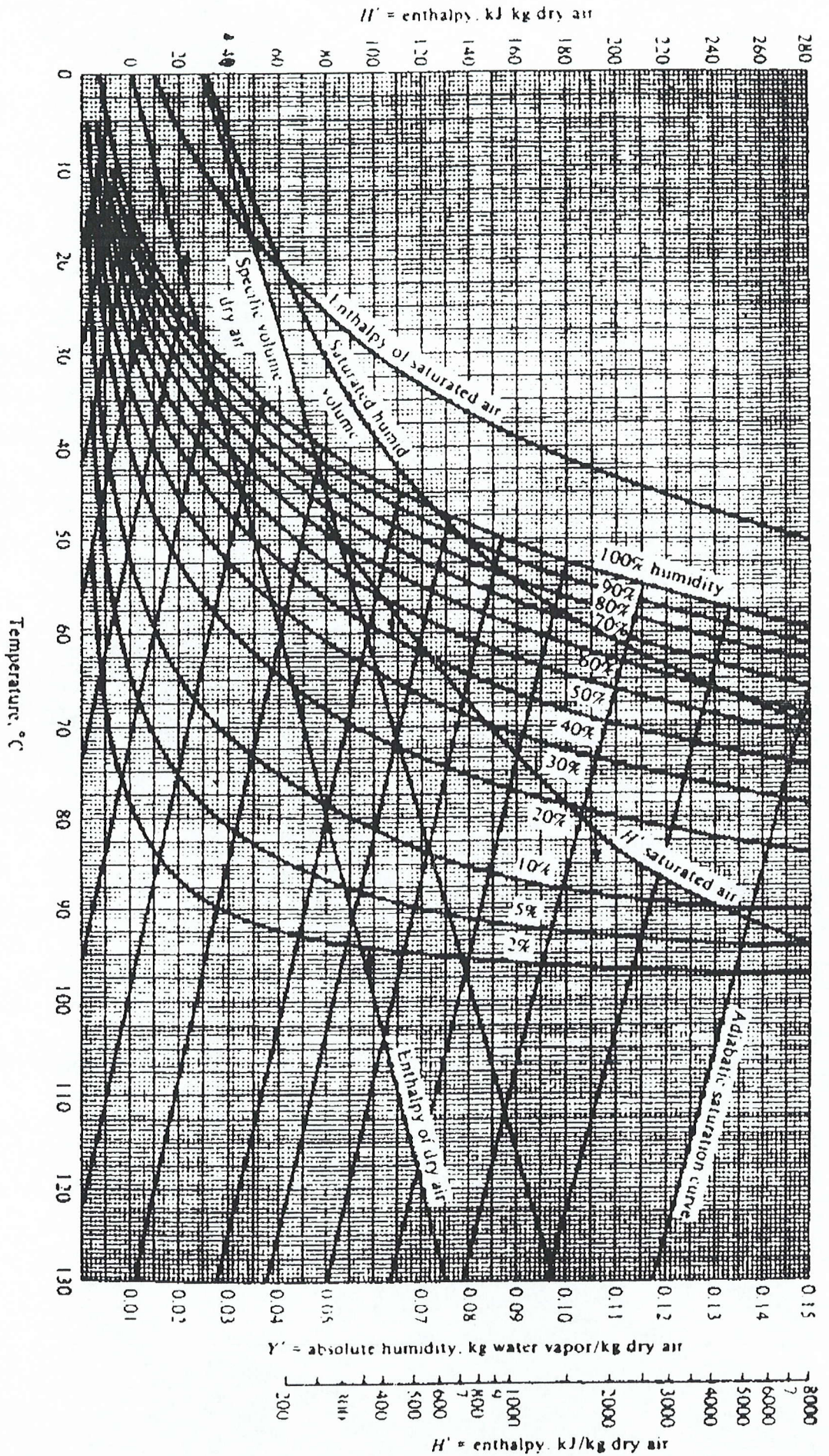
Buburan dari Soalan 6. [a] akan dituraskan di dalam penuras tekan dengan jumlah luas permukaan 86 kaki^2 dan beroperasi pada susutan tekanan malar 2 atm . Ketebalan kerangka penuras adalah 0.12 kaki . Andaikan bahawa rintangan bahantara penuras bagi penuras tekan yang besar adalah sama dengan penuras tekan makmal. Kirakan masa penurasan yang diperlukan dan isipadu cecair turasan yang diperolehi dalam satu kitaran.

[5 marks/markah]

- [c] Assuming that the actual rate of washing is 85% of the theoretical rate, how long will it take to wash the cake in the press of Q. 6.[b] with a volume of wash water equal to that of the filtrate.

Seandainya kadar pembasuhan sebenar adalah 85% daripada kadar teori, berapa lamakah masa yang akan diambil bagi membasuh kek di dalam penuras tekan dalam Soalan 6.[b] dengan menggunakan isipadu air pembasuh yang sama dengan cecair turasan.

[5 marks/markah]



Psychrometric chart for air-water vapor, 1 std atm abs, in SI units.