

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
2011/2012 Academic Session

June 2012

**EKC 313 – Separation Process**  
***[Proses Pemisahan]***

Duration : 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

Please ensure that this examination paper contains SEVEN printed pages and ONE printed page of Appendix before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TUJUH muka surat yang bercetak dan SATU muka surat Lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

**Instruction:** Answer **ALL** questions.

**Arahan:** Jawab **SEMUA** soalan.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]*

Answer ALL questions.

Jawab SEMUA soalan.

1. [a] Discuss the characteristics of adsorption isotherm Type I, II, III, IV and V.  
*Bincangkan ciri-ciri isoterma penjerapan jenis I, II, III, IV dan V.*

[12 marks/markah]

- [b] Water content in natural gas can be removed using a packed bed column consisting molecular sieves. At pilot scale, an adsorption column is designed to be 26.8 cm in length. The ratio of output concentration to the feed concentration is recorded as tabulated in Table Q.1.[b].

*Kandungan air dalam gas asli boleh dikeluarkan menggunakan turus lapisan terpadat terdiri daripada ayak molekul. Pada skala perintis, turus penjerapan direka untuk menjadi 26.8 sm panjang. Nisbah kepekatan pengeluaran kepada kepekatan suapan direkodkan seperti di Jadual S.1.[b].*

Table Q.1.[b].

Jadual S.1.[b].

t (h)	c/c <sub>0</sub>	t (h)	c/c <sub>0</sub>
0	0.0006	10.8	0.451
9	0.00069	11.25	0.680
9.2	0.0028	11.5	0.774
9.6	0.023	12.0	0.923
10.0	0.099	12.5	0.979
10.4	0.253	12.8	1.00

- [i] Determine the break-point time and the unused bed length.

*Tentukan masa titik bulus dan panjang turus yang tidak digunakan.*

[8 marks/markah]

- [ii] What is the expected break-point time if the engineer is going to proposed a column length of 40 cm?

*Apakah masa titik bulus yang dijangka jika jurutera akan mencadangkan panjang turus sebanyak 40 sm?*

[5 marks/markah]

2. [a] Filtration of Kaolin slurry in water was conducted using plate-and-frame press under constant pressure of 400 kN/m<sup>2</sup> at 25°C. The area was 0.015 m<sup>2</sup> area per frame with 15 frames in operation. The slurry concentration was 25.0 kg/m<sup>3</sup>. Calculate the constant  $\alpha$  and  $R_m$  from the experimental data given in Table Q.2.[a].

*Penurasan buburan kaolin dalam air dijalankan menggunakan penekan plat-dan-rangka di bawah tekanan malar 400 kN/m<sup>2</sup> pada 25 °C. Luas permukaan ialah 0.015 m<sup>2</sup> luas per rangka dengan 15 rangka yang beroperasi. Kepekatan buburan ialah 25.0 kg/m<sup>3</sup>. Kirakan pemalar  $\alpha$  dan  $R_m$  daripada data ujikaji yang diberikan dalam Jadual S.2.[a].*

Table Q.2.[a].  
*Jadual S.2.[a].*

Filtrate (L) <i>Cecair Turasan</i>	Time (s) <i>Masa</i>
0.498	4.4
1.000	9.5
1.501	16.3
2.000	24.6
2.498	34.7
3.002	46.1
3.506	59.0
4.004	73.5

Note: Viscosity of water is  $9.0 \times 10^{-4}$  kg/m.s.  
*Nota: Kelikatan air ialah  $9.0 \times 10^{-4}$  kg/m.s.*

[15 marks/markah]

- [b] A porous solid is dried in a batch dryer under constant drying conditions. Seven hours are required to reduce the moisture content from 35 to 10 percent. The critical moisture content was found to be 20 percent and the equilibrium moisture is 4 percent. All moisture contents are on dry basis. Assuming that the rate of drying during the falling-rate period is proportional to the free-moisture content, how long should it take to dry a sample of the same solid from 35 to 5 percent under the same drying conditions?

*Satu pepejal berliang dikeringkan di dalam pengering kelompok di bawah keadaan-keadaan pengeringan malar. Tujuh jam diperlukan untuk mengurangkan kandungan lembapan daripada 35 ke 10 peratus. Kandungan lembapan kritikal ialah 20 peratus dan keseimbangan lembapan ialah 4 peratus. Semua kandungan lembapan adalah pada asas kering. Andaikan kadar pengeringan ketika tempoh kadar-jatuhan berkadar terus kepada kandungan bebas-lembapan, berapa lama diperlukan untuk mengeringkan sampel pepejal yang sama daripada 35 ke 5 peratus di bawah keadaan pengeringan serupa?*

[10 marks/markah]

3. [a] A hot solution containing 500 kg of  $\text{CuSO}_4$  and water having a concentration of 55 wt%  $\text{CuSO}_4$  is cooled at  $20^\circ\text{C}$ , where crystal of  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  are precipitated. The solubility at  $20^\circ\text{C}$  is 32 wt% anhydrous  $\text{CuSO}_4$  in the solution. Calculate the yield of crystal obtained if 5% of the original water in the system evaporated on cooling.

*Satu larutan panas mengandungi 500 kg  $\text{CuSO}_4$  dan air berkepekatan 55 berat%  $\text{CuSO}_4$  disejukkan pada  $20^\circ\text{C}$ , di mana kristal  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  termendak. Kebolehlarutan pada  $20^\circ\text{C}$  ialah 32 berat%  $\text{CuSO}_4$  tak terhidrat di dalam larutan. Kira hasil kristal yang diperolehi jika 5% daripada air asal dalam sistem tersejat ketika penyejukan.*

[10 marks/markah]

...4/-

- [b] Magnetic nanospheres with diameter around 25 nm is proposed to be used to remove Immunoglobulin G (IgG) out from physiological media (viscosity ~ 3 cP) by a super strong externally applied magnetic field at 1.5 Tesla.

*Nanosfera bermagnet dengan diameter 25 nm dicadangkan untuk digunakan bagi penyingkiran Immunoglobulin G (IgG) keluar daripada media fisiologikal (keklikatan ~ 3 cP) oleh medan magnet luar yang amat kuat pada 1.5 Tesla.*

- [i] Discuss what is the competing forces that involved, based on Reynolds number and Peclet number analysis.  
*Bincangan apakah daya-daya saingan yang terlibat, berdasarkan analisis nombor Reynolds dan nombor Peclet.*

*[4 marks/markah]*

- [ii] Describe how those competing forces ensure the success/failure of the separation of IgG?  
*Jelaskan bagaimana daya-daya yang bersaing tentukan kejayaan/kegagalan untuk pemisahan IgG?*

*[4 marks/markah]*

- [c] Wastewater containing 0.5 wt% suspended solids is to undergo ultrafiltration using a pressure difference of 3 psi. The membrane permeability is  $A_w = 1.5 \times 10^{-2} \text{ kg/s.m}^2.\text{atm}$ . Assuming no effects of polarization, predict the flux in  $\text{kg/s.m}^2$ .

*Air kumbahan mengandungi 0.5 wt% pepejal terampai perlu melalui penurasan ultra menggunakan perbezaan tekanan 3 psi. Kebolehtelapan membran ialah  $A_w = 1.5 \times 10^{-2} \text{ kg/s.m}^2.\text{atm}$ . Andaikan tiada kesan pengutuban, jangkakan fluks dalam  $\text{kg/s.m}^2$ .*

*[7 marks/markah]*

4. [a] Explain why supercritical fluids show excellent solubility.  
*Terangkan mengapa cecair genting lampau menunjukkan keterlarutan yang cemerlang.*

*[2 marks/markah]*

- [b] The Figure Q.4.[b]. shows the schematic of a process using supercritical CO<sub>2</sub> for extracting ethanol from water combined with distillation for CO<sub>2</sub> cleanup. Explain the process.

*Rajah S.4.[b]. di bawah menunjukkan skematik proses yang menggunakan CO<sub>2</sub> genting lampau untuk mengeluarkan etanol daripada air yang digabungkan dengan penyulingan untuk pembersihan CO<sub>2</sub>. Terangkan proses ini.*

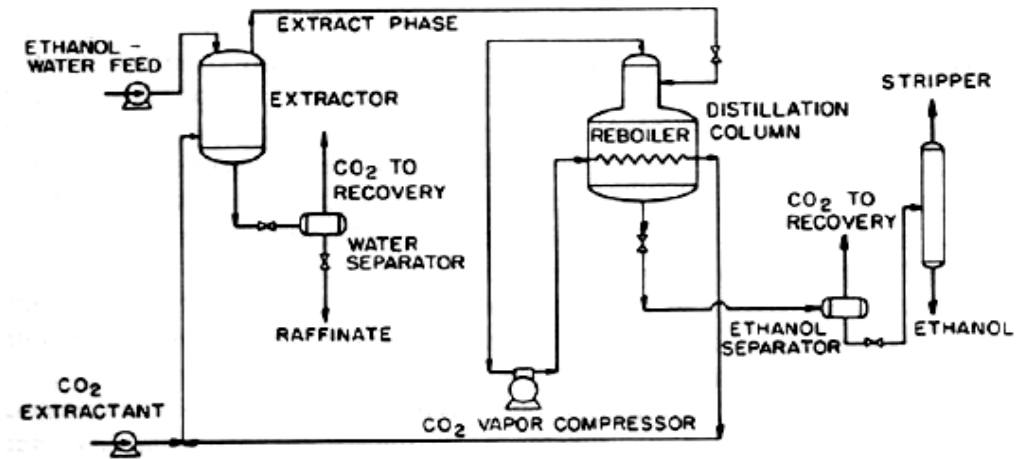


Figure Q.4.[b].  
Rajah S.4.[b].

[5 marks/markah]

[c] Based on a residue curve in Figure Q.4.[c].  
Berdasarkan lengkung sisa seperti yang ditunjukkan di Rajah S.4.[c]. di bawah,

[i] determine the number of stable nodes, unstable nodes and saddles,  
tentukan bilangan nod-nod stabil, nod-nod tidak stabil dan pelana-pelana,

[3 marks/markah]

[ii] estimate the composition of azeotropes.  
anggarkan komposisi azeotrop.

[2 marks/markah]

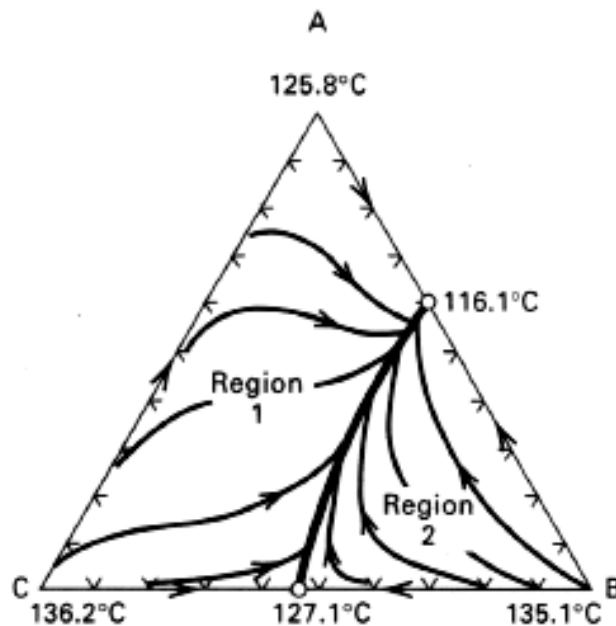


Figure Q.4.[c].  
Rajah S.4.[c].

- [d] Define extractive distillation, steam distillation and pressure-swing distillation. *Takrifkan penyulingan ekstraktif, penyulingan stim dan penyulingan tekanan-berayun.*

[3 marks/markah]

- [e] A distillation column separating butane-pentane is to be shut down for repairs. Some of its feed 0.0126 kgmol/s (100 lbmol/hr) will be diverted temporarily to a smaller column, which has only 11 trays plus a partial reboiler. The feed enters on the middle tray. Past experience on similar feeds indicates that the 11 trays plus the reboiler are roughly equivalent to 10 equilibrium stages and that the column has a maximum top-vapor capacity of 1.75 times the feed rate on a mole basis. The column will operate at a condenser pressure of 827.4 kPa (120 psia). The feed will be at its bubble point ( $q = 1.0$ ) at the feed-tray conditions and has the following composition.

*Satu turus penyulingan yang memisahkan butana-pentana akan ditutup untuk pembaikan. Sebahagian daripada suapan (0.0126 kgmol/s atau 100 lbmol/jam) akan dialihkan sementara ke satu turus yang lebih kecil, mempunyai hanya 11 dulang dan satu pengulang didih separa. Suapan memasuki pada dulang tengah. Pengalaman lepas pada suapan yang sama menunjukkan bahawa 11 dulang dan satu pengulang didih lebih kurang bersamaan dengan 10 peringkat keseimbangan dan turus tersebut mempunyai kapasiti wap atas maksima sebanyak 1.75 kali kadar suapan pada asas mol. Turus itu akan beroperasi pada tekanan pemeluwap 827.4 kPa (120 psia). Suapan akan berada pada takat gelembung ( $q = 1.0$ ) dalam keadaan dulang suapan dan mempunyai komposisi berikut.*

Table Q.4.[d].  
Jadual S.4.[d].

Component <i>Komponen</i>	$F_{XF}$
C <sub>3</sub>	5
i-C <sub>4</sub>	15
n-C <sub>4</sub>	25
i-C <sub>5</sub>	20
n-C <sub>5</sub>	35

- [i] The small column is to be operated at a distillate rate of  $D/F = 0.489$ . Determine the reflux ratio if the column has a maximum top-vapor capacity of 1.75 times the feed rate on a mole basis.

*Turus yang kecil beroperasi pada kadar sulingan  $D/F = 0.489$ . Tentukan nisbah refluks jika turus itu mempunyai kapasiti wap atas maksima sebanyak 1.75 kali kadar suapan pada asas mol.*

[5 marks/markah]

- [ii] The original column normally has less than 7 mol percent  $i\text{-C}_5$  in the overhead and less than 3 mole percent  $n\text{-C}_4$  in the bottoms product. If the mean relative volatility is 2.366, can the same product quality can be achieved using the new column? Explain your answer.

*Turus asal biasanya mempunyai kurang daripada 7 peratus mol  $i\text{-C}_5$  dalam produk atas dan kurang daripada 3 peratus mol  $n\text{-C}_4$  dalam produk bahagian bawah. Jika min kemeruapan relatif adalah 2.366, bolehkah kualiti produk yang sama dicapai dengan menggunakan turus baru? Jelaskan jawapan anda.*

*[5 marks/markah]*

Appendix

Constant-pressure filtration

$$\frac{dt}{dV} = \frac{\mu\alpha c_s}{A^2(-\Delta p)} V + \frac{\mu}{A(-\Delta p)} R_m = K_p V + B$$

Washing in filtration

$$\left(\frac{dV}{dt}\right)_f = \frac{1}{K_p V_f + B}$$

Darcy's Law

$$Q = \frac{-\kappa A (P_b - P_a)}{\mu L}$$

Hagen-Poiseuille equation

$$v = \frac{D^2}{32\mu L} (P_b - P_a)$$

Superficial fluid bulk-flow flux (mass velocity) through membrane

$$N = v\rho\varepsilon = \frac{\varepsilon D^2}{32\mu l_M} (P_b - P_a) = \frac{n\pi D^4}{128\mu l_M} (P_b - P_a)$$

Drying time in the falling-rate period

$$t_f = t + t_c = \frac{m_s X_c}{AR_c} \ln\left(\frac{X_c}{X}\right) = \frac{m_s X_c}{AR_c} \ln\left(\frac{R_c}{R}\right)$$

Total Drying time

$$t_T = t_c + t_f = \frac{m_s}{AR_c} \left[ (X_o - X_c) + X_c \ln\left(\frac{X_c}{X}\right) \right]$$