
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2011/2012 Academic Session

June 2012

EKC 111 – Mass Balance
[Imbangan Jisim]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please ensure that this examination paper contains **SEVEN** printed pages before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **TUJUH** muka surat yang bercetak 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 digunapakai].

...2/-

Answer ALL questions.

Jawab SEMUA soalan.

1. [a] The density of a liquid is given by the equation:
Ketumpatan suatu cecair diberikan oleh persamaan:

$$\rho = (1.096 + 0.00086T)e^{0.000953P}$$

where ρ = density in g/cm^3 , T = temperature in $^{\circ}\text{C}$ and P = pressure in atm.
 The equation is dimensionally consistent.

*di mana ρ = ketumpatan g/sm^3 , T = suhu $^{\circ}\text{C}$ and P = tekanan atm.
 Persamaan ini konsisten dari segi dimensi.*

- [i] What are the units of 1.096, 0.00086 and 0.000953?
Apakah unit-unit bagi 1.096, 0.00086 dan 0.000953?
- [ii] Calculate the density in lb/ft^3 for a pressure of $22.044 \text{ lb}_f/\text{in}^2$ and temperature of 527°R .
Kirakan ketumpatan dalam unit lb/ft^3 bagi tekanan $22.044 \text{ lb}_f/\text{in}^2$ dan suhu 527°R .
- [iii] Derive a formula for ρ (lb/ft^3) as a function of P (lb_f/in^2) and T ($^{\circ}\text{R}$).
*Terbitkan formula bagi ρ (lb/ft^3) sebagai fungsi P (lb_f/in^2) dan T ($^{\circ}\text{R}$).
 [12 marks/markah]*

- [b] In normal living cells, the nitrogen requirement for the cells is provided from protein metabolism. When individual cell are commercially grown, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ is usually used as the source of nitrogen. Determine the amount of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ consumed in a fermentation medium in which the final cell concentration is 35 g/L in a 500 L volume of the fermentation medium. Assume that the cells contain 9 wt. \% N , and that $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ is the only nitrogen source.

Lazimnya bagi sel-sel hidup keperluan nitrogen dibekalkan oleh metabolisma protin. Apabila sel individu dibiak secara komersial, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ biasanya digunakan sebagai sumber nitrogen. Tentukan amaun $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ yang digunakan dalam medium fermentasi yang mengandungi kepekatan akhir sel sebanyak 35 g/L dalam 500 L medium fermentasi. Anggap bahawa sel-sel mengandungi 9% berat N, dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ merupakan satu-satunya sumber nitrogen.

[4 marks/markah]

- [c] In the production of a drug having a molecular weight of 192, the exit stream from the reactor flows at a rate of 10.5 L/min . The drug concentration is 41.2% (in water), and the specific gravity of the solution is 1.024. Calculate the concentration of the drug (in kg/L) in the exit stream, and the flow rate of the drug in kgmol/min .

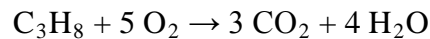
...3/-

Dalam penghasilan ubat yang mempunyai berat molekul 192, aliran keluar daripada reaktor mengalir pada kadar 10.5 L/min. Kepekatan ubat tersebut ialah 41.2 % (dalam air), dan graviti tentu larutan tersebut ialah 1.024. Kirakan kepekatan ubat tersebut (dalam unit kg/L) di aliran keluar, dan kadar aliran ubat tersebut dalam unit kg mol/min.

[9 marks/markah]

2. [a] Compressed propane has been suggested as a source of fuel for motor vehicle because they generate lower levels of pollutants than others. In a simple test, 20 kg of propane (C₃H₈) is burned with 400 kg of air to produce 44 kg of CO₂ and 12 kg of CO. The reaction take place as follows:

Propana termampat telah dicadangkan sebagai sumber bahan api untuk kenderaan bermotor kerana ia menjana tahap pencemaran yang lebih rendah berbanding bahan api lain. Dalam satu kajian yang mudah, 20 kg propana (C₃H₈) dibakar dengan 400 kg udara untuk menghasilkan 44 kg CO₂ dan 12 kg CO. Tindakbalas tersebut berlaku seperti berikut:



Calculate the percentage of excess air.
Kirakan peratus udara berlebihan.

[12 marks/markah]

- [b] Figure Q.2.[b]. shows that a distillation column separates 10,000 kg/h of a 50% benzene – 50% toluene mixture. The top product (D) recovered from the condenser contains 95% benzene, and the bottom product (W) from the column contains 96% toluene. The vapour stream (V) entering the condenser from the top of the column is 8000 kg/h. A portion of the product from the condenser is returned to the column as reflux (R). Calculate the ratio of the amount refluxed to the bottom product.

Rajah S.2.[b]. menunjukkan turus penyulingan yang memisahkan 10,000 kg/j suatu campuran yang mengandungi 50% benzena - 50% toluena. Produk atas (D) yang terhasil daripada pemeluwap mengandungi 95% benzena dan produk bawah (W) mengandungi 96% toluena. Aliran wap (V) memasuki pemeluwap dari bahagian atas turus pada 8000 kg/j. Sebahagian daripada produk dari pemeluwap dikembalikan ke turus sebagai refluks (R). Kirakan nisbah di antara amaun yang direflukskan dan produk bawah.

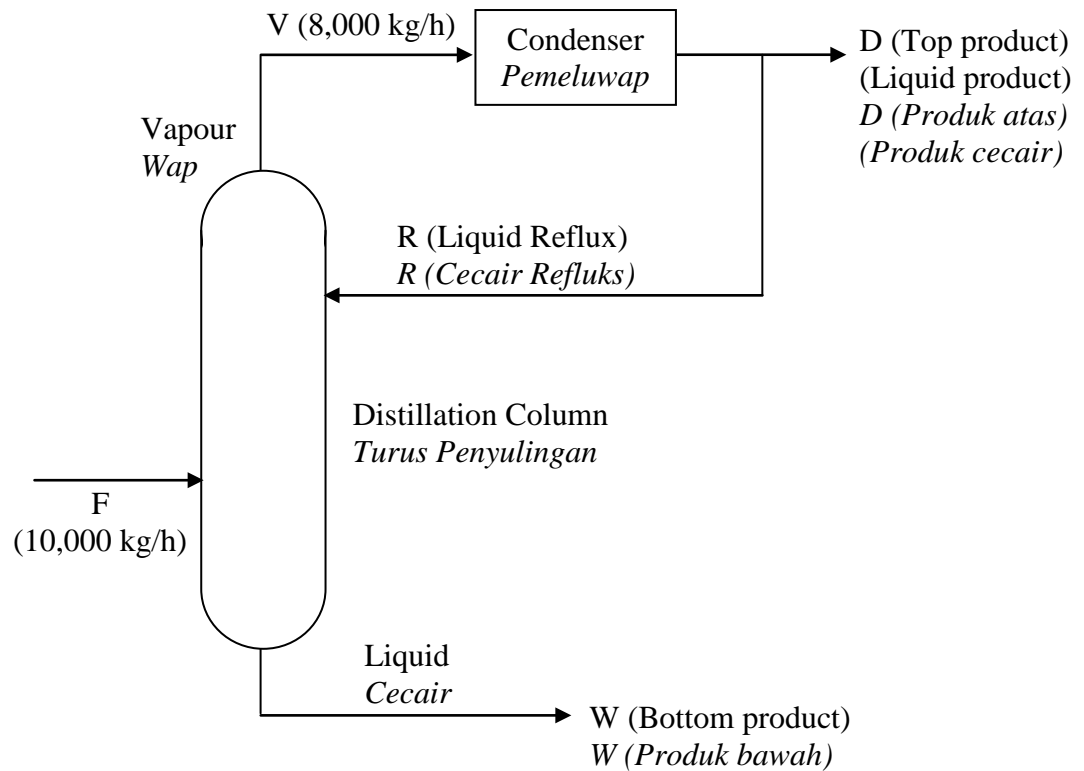


Figure Q.2.[b].
Rajah S.2.[b].

Hint: Composition in V, D and R are identical since the V stream is condensed completely.

Petunjuk: Komposisi V, D dan R adalah serupa disebabkan oleh aliran V meluwap sepenuhnya.

[13 marks/markah]

3. [a] Figure Q.3.[a]. shows a tubular membrane used to separate/absorb CO_2 from air. The feed stream (F) enters the tubular membrane and goes out at the other end as the retentate stream. The internal surface of the membrane has been coated which makes the membrane CO_2 selective where only CO_2 permeated through the membrane instead of O_2 and N_2 . The efficiency of the membrane is 92%. Calculate:

Rajah S.3.[a] menunjukkan membran tiub yang digunakan untuk memisahkan/menyerap CO_2 dari udara. Aliran suapan (F) memasuki membran tiub dan keluar pada hujung yang lain sebagai aliran retentat. Permukaan dalaman membran tersebut telah disalut supaya ia memilih kepada CO_2 di mana hanya CO_2 meresap melalui membran dan tidak membenarkan O_2 dan N_2 . Kecekapan membran tersebut ialah 92%. Kirakan:

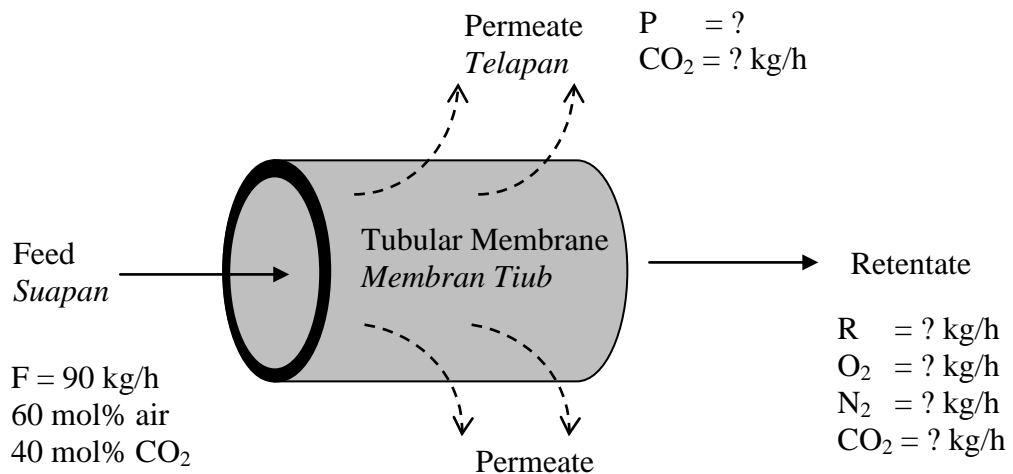


Figure Q.3.[a].
Rajah S.3.[a].

- [i] The mass flowrate of the permeate (P) and retentate (R) streams.
Kadar aliran jisim telapan (P) dan retentat (R).
- [ii] The mass flowrate of CO_2 , N_2 and O_2 in permeate and retentate streams.
Kadar aliran jisim CO_2 , N_2 dan O_2 dalam telapan (P) dan retentat (R).

Given:

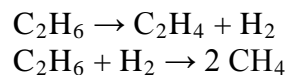
Diberi:

Molecular Weight (MW)	$\text{O}_2 = 32 \text{ kg/kmol}$
<i>Berat Molekul (MW)</i>	$\text{N}_2 = 28 \text{ kg/kmol}$
	$\text{CO}_2 = 44 \text{ kg/kmol}$

[10 marks/markah]

- [b] The following reactions take place in a continuous reactor at steady state as shown in Figure Q.3.[b].

Tindakbalas berikut berlaku di dalam sebuah reaktor berterusan pada keadaan mantap seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S.3.[b].



The feed contains 85 mol% ethane (C_2H_6) and the balance is inerts (I). The fractional conversion of ethane is 0.501 and the fractional yield of ethylene (C_2H_4) is 0.471. Calculate the molar composition of the product gas and the selectivity of ethylene to methane production.

Suapan reaktor tersebut mengandungi 85 mol % etana (C_2H_6) dan bakinya ialah lengai (I). Pecahan penukaran etana ialah 0.501 dan hasil pecahan etilena (C_2H_4) ialah 0.471. Kirakan komposisi molar gas produk dan kepemilihan etilena terhadap penghasilan metana.

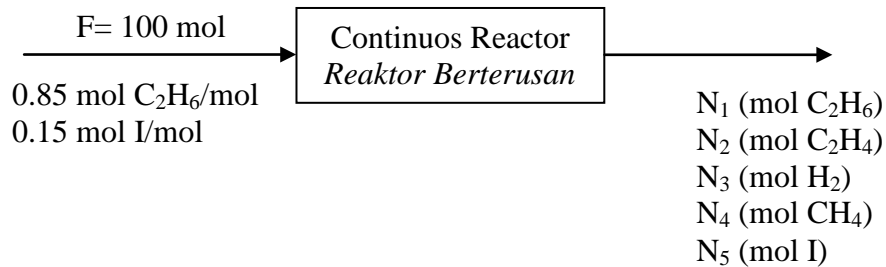


Figure Q.3.[b]
Rajah S.3.[b].

[15 marks/markah]

4. [a] An ideal gas mixture contains 35 % helium, 20 % methane and 45 % nitrogen by volume at 2.00 atm absolute and 90 °C. Calculate:
Satu campuran gas unggul mengandungi 35 % helium, 20 % metana dan 45% nitrogen mengikut isipadu pada 2.00 atm mutlak dan 90 °C. Kirakan:

- [i] partial pressure of each component
tekanan separa setiap komponen
- [ii] mass fraction of methane
pecahan jisim metana
- [iii] average molecular weight of the gas
berat molekul purata bagi gas tersebut
- [iv] density of the gas in kg/m^3
ketumpatan gas tersebut dalam unit kg/m^3

[12 marks/markah]

- [b] An adult takes about 12 breaths per minute, inhaling roughly 500 mL of air in each breath. The molar composition of the inspired and expired gases are as in Table Q.4.[b]. The inspired gas is at 24 °C and 1 atm, and the expired gas is at 37 °C and 1 atm. Nitrogen is not transported into or out of the blood in the lungs, so that $(N_2)_{in} = (N_2)_{out}$.

Seseorang dewasa mengambil sekitar 12 nafas seminit, menyedut kira-kira 500 mL udara dengan setiap nafas. Komposisi molar gas yang disedut dan dihembus diberikan dalam Jadual S.4.[b]. Gas yang disedut adalah pada 24 °C dan 1 atm, manakala gas yang dihembus adalah pada 37 °C dan 1 atm. Nitrogen tidak diangkut ke dalam atau keluar daripada darah di dalam paru-paru, maka $(N_2)_{dalam} = (N_2)_{luar}$.

...7/-

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

Species <i>Spesis</i>	Inspired Gas (%) <i>Gas disedut (%)</i>	Expired Gas (%) <i>Gas dihembus (%)</i>
O ₂	20.6	15.1
CO ₂	0.0	3.7
N ₂	77.4	75.0
H ₂ O	2.0	6.2

- [i] Draw and label the flowchart, and calculate the masses of O₂, CO₂ and H₂O transferred from the pulmonary gases to the blood or vice versa per minute.

Lukis dan labelkan carta aliran tersebut, dan kirakan jisim O₂, CO₂ dan H₂O yang dipindah dari gas pulmonari ke darah atau sebaliknya bagi setiap minit.

- [ii] Calculate the volume of air exhaled per milliliter inhaled.
Kirakan isipadu udara yang dihembus bagi setiap milliliter udara yang disedut.

[13 marks/markah]