

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
2011/2012 Academic Session

June 2012

**KIT 252 – Unit Operations**  
***[Operasi Unit]***

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

---

Please check that this examination paper consists of ELEVEN pages of printed material before you begin the examination

**Instructions:**

Answer **FIVE** (5) questions.

Answer each question on a new page.

You may answer either in Bahasa Malaysia or in English.

If a candidate answers more than five questions, only the answers to the first five questions in the answer sheet will be graded.

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

Appendix: Factors For Unit Conversions.

- 2 -

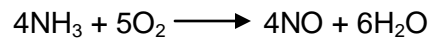
1. (a) A supersonic aircraft consumes 5320 imperial gallons of kerosene per hour of flight and flies an average of 14 hours per day. It takes roughly seven tons of crude oil to produce one ton of kerosene. The density of kerosene is  $0.965 \text{ g cm}^{-3}$ . How many planes would it take to consume the entire annual world production of  $4.02 \times 10^9$  metric tons of crude oil?  
Given: 220.83 imperial gallons = 1000L  
( 7 marks)
- (b) According to Archimedes' principle, the mass of a floating object equals the mass of the fluid displaced by the object. Use this principle to solve the following problems:
- (i) A wooden cylinder 30.0 cm high floats vertically in a tub of water (density =  $1.00 \text{ g cm}^{-3}$ ). The top of the cylinder is 14.1 cm above the surface of the liquid. What is the density of the wood?
- (ii) The same cylinder floats vertically in a liquid of unknown density. The top of the cylinder is 20.7 cm above the surface of the liquid. What is the liquid density?  
(13 marks)
2. At  $25^\circ\text{C}$ , an aqueous solution containing 35.0 wt%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  has a specific gravity of 1.2563. A volume of the solution is needed that contains 195.5 kg of  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- (a) Calculate the required volume (L) of the solution using the given specific gravity.  
(14 marks)
- (b) Estimate the percentage error that would have resulted if pure-component specific gravities of  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (s.g. = 1.8255) and water had been used for the calculation instead of the given specific gravity of the mixture.  
( 6 marks)
3. Liquid water at  $30.0^\circ\text{C}$  and liquid water at  $90.0^\circ\text{C}$  are combined in a ratio: 1 kg water at  $30.0^\circ\text{C}$  and 2 kg water at  $90.0^\circ\text{C}$ .
- (a) Use a simple calculation to estimate the final water temperature. For this part, pretend you never heard of energy balances.  
(6 marks)

- 3 -

- (b) Now assume a basis of calculation and write a closed system energy balance for the process, neglecting potential and kinetic energy changes and expansion work and assuming that the mixing is adiabatic. Use the balance to calculate the specific internal energy and hence (from the steam tables) the final temperature of the mixture. What is the percentage difference between your answer and that of part (a)?

(14 marks)

4. Ammonia is burned to form nitric oxide in the following reaction:



- (a) Calculate the ratio lb-mole  $\text{O}_2$  react/lb-mole NO formed. (2 marks)
- (b) If ammonia is fed to a continuous reactor at a rate of 100.0 kmol  $\text{NH}_3$  per hour, what oxygen feed rate (kmol  $\text{h}^{-1}$ ) would correspond to 40.0% excess  $\text{O}_2$ ? (6 marks)
- (c) If 50.0 kg of ammonia and 100.0 kg of oxygen are fed to a batch reactor, determine the limiting reactant, the percentage by which the other reactant is in excess, and the extent of reaction (mol) and mass of NO produced (kg) if the reaction proceeds to completion.

(12 marks)

-4-

5. (a) A water tank located in the mountains where the atmospheric pressure is 85.6 kPa is fixed to a multifluid manometer as shown in Figure 1. Calculate the pressure at point 1 if  $h_1 = 0.1$  m,  $h_2 = 0.2$  m and  $h_3 = 0.35$  m. The densities of water, oil and mercury are  $1000 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $850 \text{ kg m}^{-3}$  and  $13600 \text{ kg m}^{-3}$  respectively.

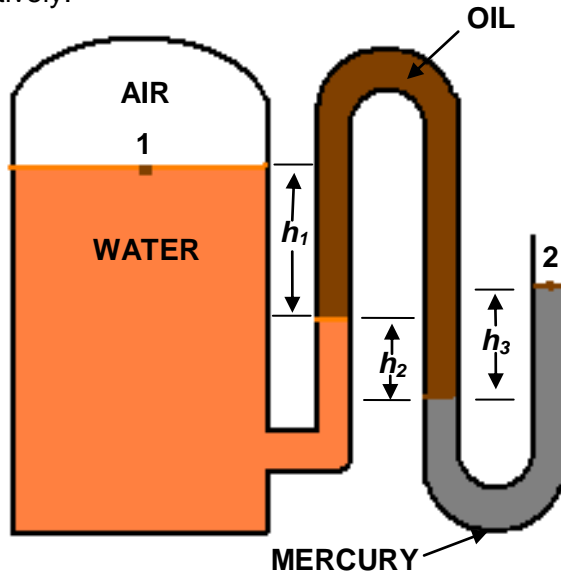
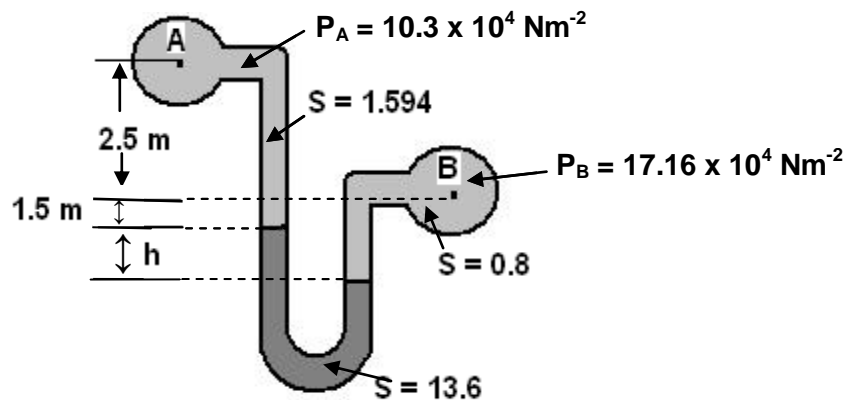


FIGURE 1

(10 marks)

- (b) A manometer is connected to pipes A and B. Pipe A and B contains liquids with specific gravities of 1.594 and 0.8 respectively. The pressure in pipe A is  $10.3 \text{ N cm}^{-2}$  while pipe B has a pressure of  $17.16 \text{ N cm}^{-2}$ . If pipe A lies 2.5 m above pipe B, find the difference of pressure measured by mercury as in Figure 2 when the left limb lies 1.5 m below B.



## FIGURE 2

(10 marks)

-5-

6. (a) A horizontal venturimeter with an inlet diameter 30 cm and throat diameter 15 cm is used to measure the flow of water. The reading in the differential manometer connected to the inlet and throat is 10 cm of mercury. Determine the discharge if the coefficient of venturimeter is 0.98.

(8 marks)

- (b) A main pipe is divided into two parallel pipes in series, which again forms one pipe. The length and diameter of the first parallel pipe is 1000 m and 0.5 m. The length and diameter of the second parallel pipe are 1000 m and 0.4 m, respectively. Find the discharges in each parallel pipe if the rate of flow in the main pipe is  $1.5 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$ . Assume the friction factors of both the parallel pipes to be equal.

(12 marks)

7. (a) Giving examples, briefly explain the different heat transfer mechanisms.

(6 marks)

- (b) An iron pipe which has a thermal conductivity,  $k$  of  $80 \text{ W m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , has an inner and outer diameter of 5 cm and 5.5 cm respectively. It is used to transfer steam at a temperature of  $320 \text{ }^\circ\text{C}$ . The pipe is covered with a 3 cm thick glass wool insulation with  $k = 0.05 \text{ W m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ . Heat which is lost to the surroundings ( $T = 5^\circ\text{C}$ ) via natural convection has a heat transfer coefficient,  $h$  of  $18 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ . If the  $h$  inside the pipe is  $60 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , determine:

- (i) The rate of heat loss from steam per unit length of pipe  
 (ii) The temperature drops across the pipe as well as the insulation.

(14 marks)

## TERJEMAHAN

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi SEBELAS muka surat bahan bercetak.

**Arahan:**

Jawab **LIMA** (5) soalan sahaja.

Jawab setiap soalan pada muka surat yang baru.

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

Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan, hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.

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

- 7 -

1. (a) Sebuah pesawat supersonik menggunakan 5320 galen imperial karosin bagi setiap jam penerbangan dan terbang secara purata sebanyak 14 jam sehari. Kira-kira tujuh tan minyak mentah diperlukan untuk menghasilkan satu tan karosin. Ketumpatan karosin ialah  $0.965 \text{ g cm}^{-3}$ . Berapa banyak pesawat boleh diterbangkan hasil dari keseluruhan pengeluaran minyak mentah tahunan iaitu sebanyak  $4.02 \times 10^9$  tan metrik? Diberi : 220.83 galen imperial = 1000 L

(7 markah)

- (b) Berdasarkan prinsip Archimedes, jisim objek terapung adalah sama dengan jisim bendalir yang disesarkan oleh objek tersebut. Gunakan prinsip ini untuk menyelesaikan masalah berikut:

(i) Sebatang kayu berbentuk silinder 30.0 cm tinggi terapung secara menegak dalam tab air (ketumpatan air =  $1.00 \text{ g cm}^{-3}$ ). Bahagian atas silinder ialah 14.1 cm di atas permukaan air. Berapakah nilai ketumpatan kayu tersebut?

(ii) Silinder yang sama terapung secara menegak dalam cecair yang mempunyai ketumpatan yang tidak diketahui. Bahagian atas silinder ialah 20.7 cm tinggi dari permukaan cecair. Berapakah nilai ketumpatan cecair tersebut?

(13 markah)

2. Pada suhu  $25^\circ\text{C}$ , larutan akueus yang mengandungi 35.0 wt%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  mempunyai spesifik graviti 1.2563. Suatu kuantiti larutan 35% tersebut diperlukan agar larutan tersebut mengandungi 195.5 kg  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

- (a) Kiralah isipadu (L) larutan tersebut yang diperlukan dengan menggunakan nilai spesifik graviti yang diberikan di atas.

(14 markah)

- (b) Anggarkan peratusan ralat yang akan berlaku jika spesifik graviti bagi komponen tulen  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (s.g.= 1.8255) dan spesifik graviti air digunakan untuk pengiraan ini berbanding nilai 1.2563 di atas.

(6 markah)

- 8 -

3. Air pada suhu  $30.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan suhu  $90.0^{\circ}\text{C}$  dicampurkan dalam nisbah: 1kg air pada  $30.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan 2 kg air pada  $90.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

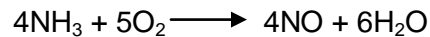
(a) Gunakan satu pengiraan mudah untuk menganggarkan suhu campuran air di atas tanpa menggunakan konsep keseimbangan tenaga yang telah anda pelajari.

(6 markah)

(b) Sekarang gunalah pengiraan asas dan tuliskan imbalan tenaga bagi sistem tertutup bagi proses tersebut, abaikan perubahan tenaga keupayaan dan kinetik dan kerja-kerja pengembangan dan mengangap bahawa pencampuran adalah adiabatik. Gunakan konsep imbalan tenaga untuk mengira tenaga dalaman tentu dan seterusnya (dari jadual stim) kiralah suhu akhir campuran tersebut. Berapakah perbezaan peratusan antara jawapan anda dan jawapan di bahagian (a)?

(14 markah)

4. Amonia dibakar untuk membentuk nitrik oksida dalam tindak balas berikut:



(a) Kiralah nisbah:  $\text{O}_2$  lb-mol bertindak balas /  $\text{NO}$  lb-mol dibentuk.

(2 markah)

(b) Jika amonia disuapkan ke dalam reaktor secara berterusan pada kadar  $100.0\text{ kmol NH}_3\text{ jam}^{-1}$ , berapakah kadar suapan oksigen ( $\text{kmol jam}^{-1}$ ) yang sepadan dengan 40.0%  $\text{O}_2$  berlebihan?

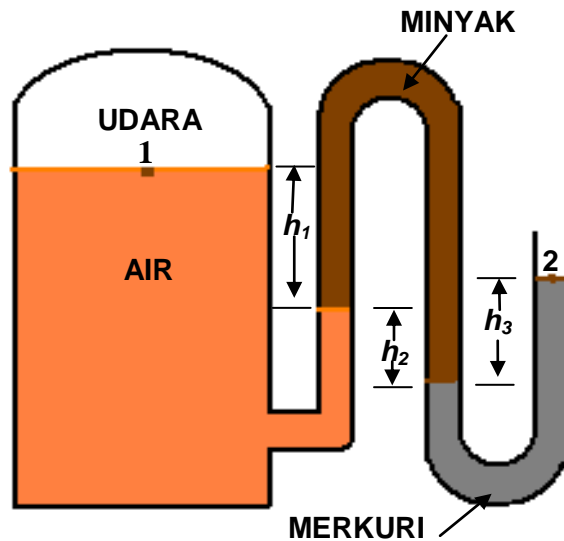
(6 markah)

(c) Jika 50.0 kg amonia dan 100.0 kg oksigen dimasukkan ke dalam reaktor berkelompok, tentukan reaktan penghad, peratusan bahan lebihan, nilai peluasan tindak balas (mol) dan jisim  $\text{NO}$  yang dihasilkan (kg) jika tindak balas ini lengkap.

(12 markah)

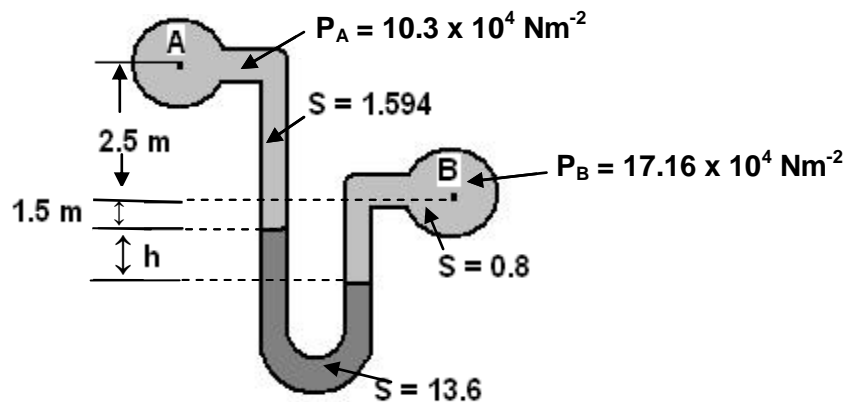


5. (a) Sebuah tangki air yang terletak di atas bukit yang bertekanan 85.6 kPa telah disambungkan pada manometer pelbagai cecair seperti ditunjukkan dalam Gambarajah 1. Kirakan tekanan pada titik 1 sekiranya,  $h_1 = 0.1$  m,  $h_2 = 0.2$  m dan  $h_3 = 0.35$  m. Ketumpatan bagi air, minyak dan merkuri adalah masing – masing  $1000 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $850 \text{ kg m}^{-3}$  dan  $13600 \text{ kg m}^{-3}$ .



GAMBARAJAH 1 (10 markah)

- (b) Sebuah manometer telah disambungkan pada paip A dan B yang mengandungi cecair dengan gravity khusus masing-masing 1.594 dan 0.8. Tekanan di dalam paip A adalah  $10.3 \text{ N cm}^{-2}$  manakala paip B dikenakan tekanan sebanyak  $17.16 \text{ N cm}^{-2}$ . Sekiranya paip A terletak 2.5 m di atas Paip B, cari perbezaan tekanan bagi merkuri seperti ditunjukkan dalam Gambarajah 2 apabila lengan kiri terletak 1.5 m di bawah B.



GAMBARAJAH 2

(10 markah)

-10-

6. (a) Suatu tiub venturi mendatar yang mempunyai pembukaan berdiameter 30 cm dan kerengkong berdiameter 15 cm digunakan untuk mengukur aliran air. Bacaan pada manometer yang disambungkan pada pembukaan dan kerengkong ialah 10 cm merkuri. Tentukan kadar alir jika pemalar venturi ialah 0.98.

(8 markah)

- (b) Sebuah paip utama dibahagikan kepada dua paip selari yang bersiri. Paip ini kemudian membentuk suatu paip. Panjang dan diameter paip selari pertama ialah 1000 m dan 0.5 m. Panjang dan diameter paip selari kedua adalah masing – masing 1000 m dan 0.4 m. Cari kadar alir untuk setiap paip selari jika kadar alir paip utama ialah  $1.5 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$ . Anggapkan bahawa pekali geseran untuk kedua – dua paip selari adalah sama.

(12 markah)

7. (a) Dengan memberi contoh, terangkan secara ringkas mekanisma pemindahan haba yang berbeza.

(6 markah)

- (b) Suatu paip besi yang mempunyai kekonduksian thermal,  $k = 80 \text{ W m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  mempunyai diameter dalam dan luar masing–masing 5 cm dan 5.5 cm. Ia digunakan untuk memindahkan stim pada suhu  $320 \text{ }^\circ\text{C}$ . Paip tersebut ditutupi oleh penebat kapas kaca yang mempunyai ketebalan 3 cm dan  $k = 0.05 \text{ W m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ . Haba yang dibebaskan ke sekitarnya ( $T = 5^\circ\text{C}$ ) secara olakan semulajadi mempunyai pemalar pemindahan haba,  $h = 18 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ . Jika pemalar  $h$  di dalam paip ialah  $60 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , tentukan:

- (i) Kadar kehilangan haba dari stim per unit panjang paip  
 (ii) Penurunan suhu merentasi paip serta penebat.

(14 markah)

## APPENDIX

## FACTORS FOR UNIT CONVERSIONS

Quantity	Equivalent Values
Mass	$1 \text{ kg} = 1000\text{g} = 0.001 \text{ metric ton} = 2.20462 \text{ lb}_m = 35.27392 \text{ oz}$ $1 \text{ lb}_m = 16 \text{ oz} = 5 \times 10^{-4} \text{ ton} = 453.593 \text{ g} = 0.453593 \text{ kg}$
Length	$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm} = 10^6 \text{ microns } (\mu\text{m}) = 10^{10} \text{ angstroms } (\text{Å})$ $= 39.37 \text{ in.} = 3.2808 \text{ ft} = 1.0936 \text{ yd} = 0.0006214 \text{ mile}$ $1 \text{ ft} = 12 \text{ in.} = 1/3 \text{ yd} = 0.3048 \text{ m} = 30.48 \text{ cm}$
Volume	$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} = 10^6 \text{ cm}^3 = 10^6 \text{ mL}$ $= 35.3145 \text{ ft}^3 = 220.83 \text{ imperial gallons} = 264.17 \text{ gal}$ $= 1056.68 \text{ qt}$ $1 \text{ ft}^3 = 1728 \text{ in.}^3 = 7.4805 \text{ gal} = 0.028317 \text{ m}^3 = 28317 \text{ L}$ $= 28,317 \text{ cm}^3$
Force	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2 = 10^5 \text{ dynes} = 10^5 \text{ g}\cdot\text{cm}/\text{s}^2 = 0.22481 \text{ lb}_f$ $1 \text{ lb}_f = 32.174 \text{ lb}_m\cdot\text{ft}/\text{s}^2 = 4.4482 \text{ N} = 4.4482 \times 10^5 \text{ dynes}$
Pressure	$1 \text{ atm} = 1.01325 \times 10^5 \text{ N}/\text{m}^2 (\text{Pa}) = 101.325 \text{ kPa} = 1.01325 \text{ bar}$ $= 1.01325 \times 10^6 \text{ dynes}/\text{cm}^2$ $= 760 \text{ mm Hg at } 0^\circ\text{C} (\text{torr}) = 10.333 \text{ m H}_2\text{O at } 4^\circ\text{C}$ $= 14.696 \text{ lb}_f/\text{in.}^2 (\text{psi}) = 33.9 \text{ ft H}_2\text{O at } 4^\circ\text{C}$ $= 29.921 \text{ in. Hg at } 0^\circ\text{C}$
Energy	$1 \text{ J} = 1 \text{ N}\cdot\text{m} = 10^7 \text{ ergs} = 10^7 \text{ dyne}\cdot\text{cm}$ $= 2.778 \times 10^{-7} \text{ kW}\cdot\text{h} = 0.23901 \text{ cal}$ $= 0.7376 \text{ ft}\cdot\text{lb}_f = 9.486 \times 10^{-4} \text{ Btu}$
Power	$1 \text{ W} = 1 \text{ J}/\text{s} = 0.23901 \text{ cal}/\text{s} = 0.7376 \text{ ft}\cdot\text{lb}_f/\text{s} = 9.486 \times 10^{-4} \text{ Btu}/\text{s}$ $= 1.341 \times 10^{-3} \text{ hp}$