



**UTM**  
UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

**Fakulti**

**Kejuruteraan Kimia dan Kejuruteraan Tenaga**

**PEPERIKSAAN AKHIR SEMESTER 2**

*FINAL EXAMINATION SEMESTER 2*

**SESI 2015/2016**

*SESSION 2015/2016*

<b>KOD KURSUS</b> <i>COURSE CODE</i>	:	<b>SKKK2123</b> <i>SKKK2123</i>
<b>KURSUS</b> <i>COURSE</i>	:	<b>PRINSIP PEMROSESAN KIMIA II</b> <i>(PRINCIPLES OF CHEMICAL PROCESSES II)</i>
<b>PROGRAM</b> <i>PROGRAMME</i>	:	<b>SKKK/SKPG</b>
<b>MASA</b> <i>TIME</i>	:	
<b>TARIKH</b> <i>DATE</i>	:	

---

**ARAHAN KEPADA CALON** (*INSTRUCTIONS TO STUDENT*):

- 1. Pelajar dibenarkan membawa buku rujukan sahaja.**  
*Students are allowed to bring their reference textbook only*
- 2. Jawab semua soalan**  
*Answer all questions*
- 3. Tunjukkan semua carakerja, asas pengiraan, keadaan rujukan dan anggapan yang dibuat dengan jelas.**  
*Show all calculations involved, basis of calculation, reference state and assumptions made clearly*
- 4. Kotakkan semua jawapan berangka akhir.**  
*Box all final numerical answer*
- 5. Kepilkan carta psikrometrik pada kertas jawapan**  
*Submit psychrometric chart with the answer script*

**DILARANG MENIRU SEMASA PEPERIKSAAN**  
**CHEATING IS PROHIBITED DURING EXAMINATION**

---

**KERTAS SOALAN INI TERDIRI DARIPADA 13 MUKA SURAT BERCETAK**  
**TERMASUK MUKA SURAT INI**

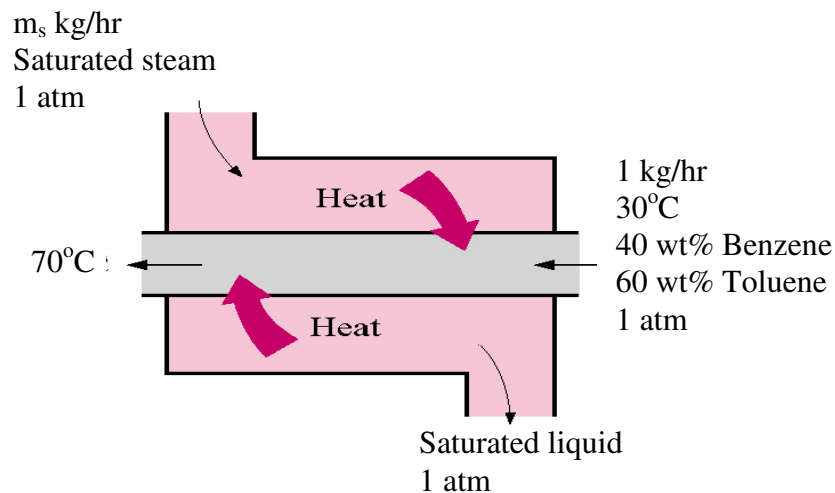
*THIS EXAMINATION PAPER CONSISTS OF 13 PRINTED PAGES INCLUSIVE  
OF THIS PAGE*

## ENGLISH VERSION

### QUESTION 1 (15 Marks)

CO1	CO2	
a	b	c
3	9	3

Distillation is often used for separating binary mixture. To facilitate the operation, the feed temperature should be the same as the tray temperature at which the feed stream is fed. This is normally accomplished using a pre-heater. In one process, a benzene-toluene mixture feed stream is heated from 30°C to 70°C in a shell and tube heat exchanger using steam, condensing at 1 atm as shown in Figure 1. The benzene and toluene compositions in the mixture inlet are 40 % and 60 % by weight, respectively. Assume there is no heat loss to surrounding.



**Figure 1**

#### Data of Physical Properties.

- The heat of vaporization of water ( $H_{\text{steam}} - H_{\text{liquid}} = \Delta H_v = 40.675 \text{ kJ/mol}$ ).
- $C_{p_{\text{benzene}}} (\text{liquid}) = 0.1382 \text{ kJ/mol}$
- $C_{p_{\text{toluene}}} (\text{liquid}) = 0.1645 \text{ kJ/mol}$
- Molecular weight of benzene, toluene and water are 78.11, 92.13 and 18 respectively

- (a) Draw the flowchart and do the labelling process completely (3 marks)
- (b) Prepare the inlet-outlet enthalpy table and determine the amount of steam (kg/hr) required for every kg/hr of benzene-toluene mixture feed. (9 marks)
- (c) Without calculation, identify the heat transfer of water (increase OR decrease) as the temperature outlet of benzene-toulene mixture increased to 80 °C. Explain. (3 marks)

**Question 2 (15 Marks)**

CO1		CO2			
a	c(ii)	b	c(i)	c(ii)	d
2	1	2	3	4	3

Management office in Gas Malaysia Berhad has an industrial air conditioning unit which consists of a condenser and a heater. In the air conditioning unit, the ambient air is cooled to a temperature in an isobaric condition until it reached saturation and condenses the necessary amount of water and the outlet air from the condenser is then heated at constant pressure to 15°C and relative humidity of 40%. Given that the average temperature of the ambient air is 28°C with relative humidity of 80%,

- (a) Sketch the process path on a psychometric chart as shown in Figure 2 (**Remember to attached the psychromeric chart with the answer script**) (3 marks)
- (b) What is the air temperature leaving the condenser (°C) (2 marks)
- (c) If the air conditioning unit delivers 600m<sup>3</sup>/min, calculate
- The water condensation rate (kg/min) (3 marks)
  - The net heat required (kW) (4 marks)
- (d) What happen to the water condensation rate if the average temperature of the ambient air is higher than 28°C? (3 marks)

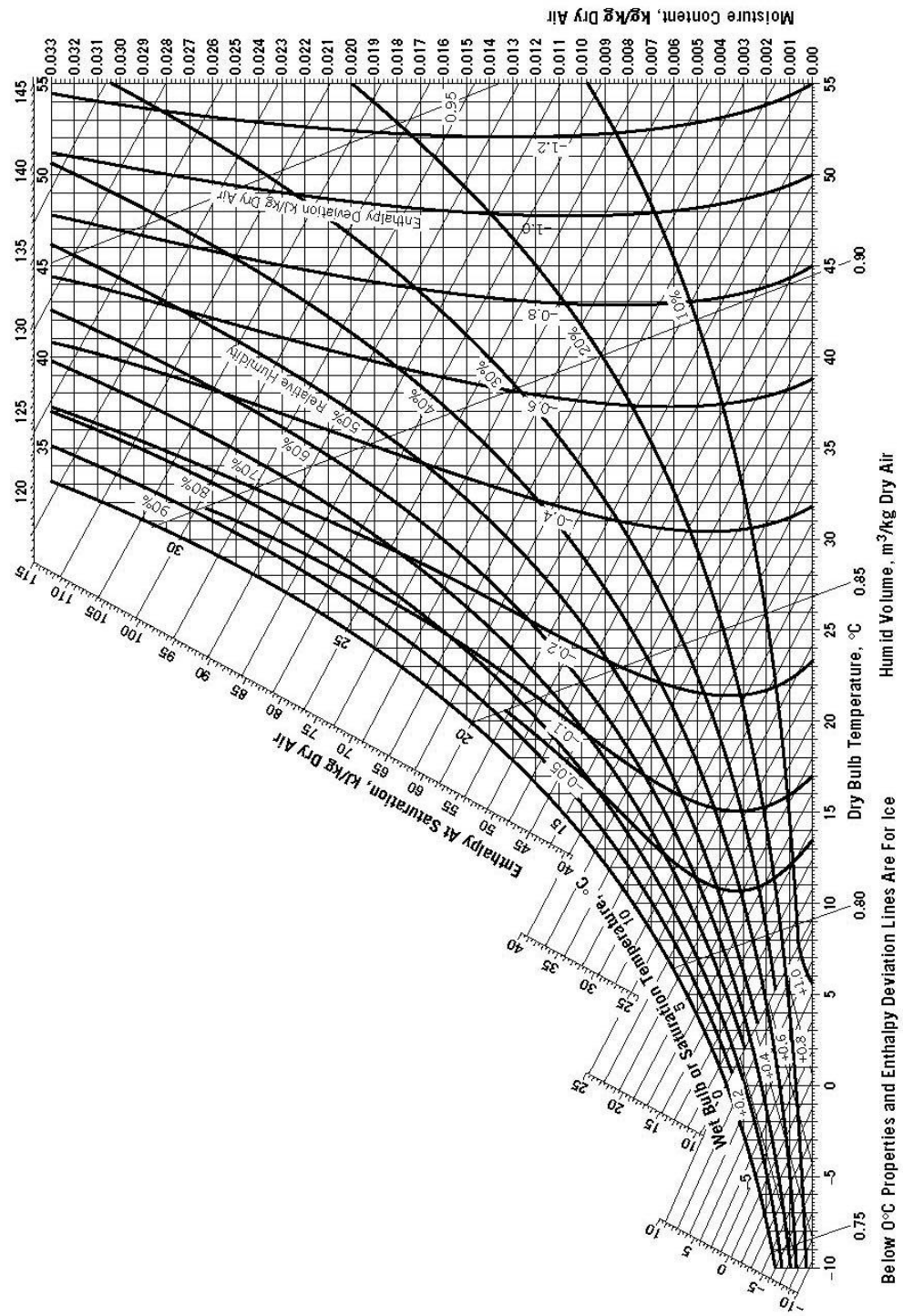
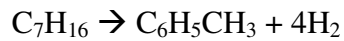


Figure 2

**Question 3 (15 Marks)**

CO1		CO3	
a	b	b	c
2	1	9	3

In a chemical plant heptane is dehydrocyclized to toluene in a continuous vapor-phase reaction following below reaction:



The process is carried out by supplying 100 mol/s of pure heptane at 400°C to the reactor. The reactor operates isothermally at 400°C and the reaction goes to completion.

$$\text{Given heat capacities of heptane} = 137.44 \times 10^{-3} + 40.85 \times 10^{-5}T - 23.92 \times 10^{-8}T^2 + 57.66 \times 10^{-12}T^3$$

- (a) Draw and label the flow chart (2 marks)
- (b) Prepare an inlet-outlet enthalpy table and calculate the required heat transfer by using **heat of reaction method**. (kW) (10 marks)
- (c) If the reactor is insulated, analyze the heat transfer (kW). (3 marks)

**Question 4 (15 Marks)**

CO1	CO4	
b	a	b
3	5	7

- (a) A 300 MW steam power plant, which is cooled by a nearby river, has a thermal efficiency of 50 percent. Determine the rate of heat transfer to the river water. Will the actual heat transfer rate be higher or lower than this value? Explain. (5 Marks)

(b) 80 kg copper block initially at 115°C is dropped into an insulated tank that contains 170 L of water at 15°C. Determine the final equilibrium temperature and the total entropy change for this process. (10 marks)

Given:  $\rho_{\text{water}} = 997 \text{ kg/m}^3$ ,  $C_{p,\text{water}} = 4.18 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$ ,  $C_{p,\text{copper}} = 0.386 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$

**Question 5 (20 Marks)**

CO1	CO5		
a	a	b	c
3	6	4	7

Consider a steam power plant operating on the simple ideal Rankine cycle. Steam generated in a power plant enters the turbine at a pressure of 3 MPa and a temperature of 400°C and is condensed in the condenser at a pressure of 70.11 kPa.

(a) Determine the thermal efficiency of this cycle. (9 marks)

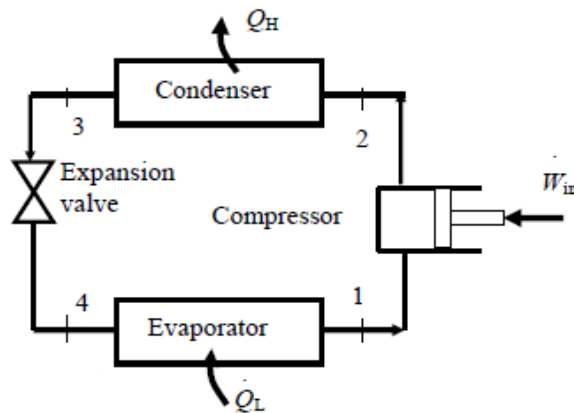
(b) Calculate the Carnot thermal efficiency of this cycle. (4 marks)

(c) Based on answers (a) and (b) compare and explain the differences between the two efficiencies. (7 marks)

**QUESTION 6 (20 Marks)**

CO1	CO5			
a	b (i)	b(ii)	b(iii)	c
3	4	4	2	7

A refrigerator uses refrigerant 134a as the working fluid and operates on the ideal vapor-compression refrigeration cycle. The refrigerant 134a enters the evaporator at 120 kPa with the quality of 30 percent and leaves the compressor at 60°C. The compressor consumes 450W of power.



**Figure 3**

(a) Draw and label the cycle on a  $T$ - $s$  diagram completely based on the schematic of refrigerator as shown in Figure 3 . (3 marks)

(b) Calculate:

- i. the mass flow rate of refrigerant 134a (kg/s) (4 marks)
- ii. the condenser pressure (kPa) (4 marks)
- iii. the Coefficient of Performance (COP) of the refrigerator (2 marks)

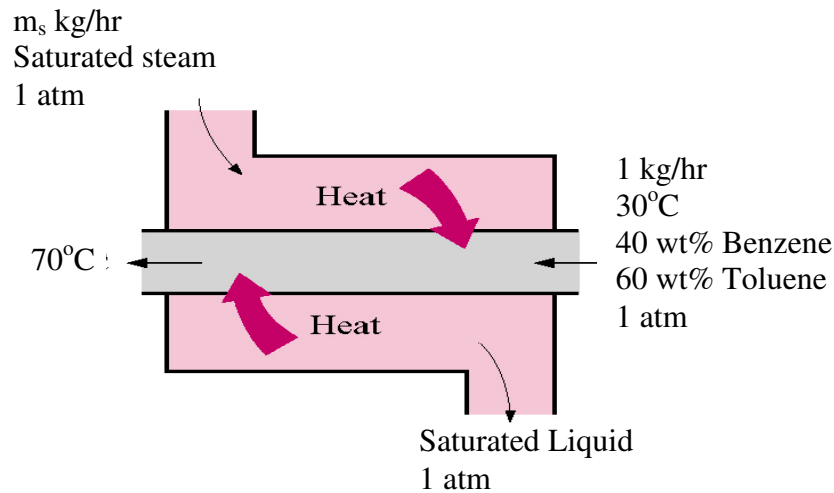
(c) Is the calculated COP in part (iii) reasonable? Prove it. (7 marks)

## VERSI BAHASA MELAYU

### Soalan 1 (15 Markah)

CO1	CO2	
a	b	c
3	9	3

Penyulingan adalah selalu digunakan untuk pemisahan campuran binari. Untuk memudahkan operasi, suhu suapan seharusnya sama dengan suhu dulang pada suapan yang disuap. Ini biasanya dicapai dengan menggunakan pra-pemanas. Pada satu proses, aliran suapan campuran benzena-toulena dipanaskan dari 30 °C ke 70 °C dalam penukar haba lompong dan tiub dengan menggunakan stim, memeluwap pada 1 atm seperti ditunjukkan dalam Rajah 1. Komposisi benzena dan toulena dalam campuran masukan masing-masing adalah 40 % dan 60 % berat. Anggapkan bahawa tiada haba yang hilang ke persekitaran.



**Rajah 1**

#### Data sifat-sifat fizikal.

- Haba pemeruapan air ( $H_{\text{steam}} - H_{\text{liquid}} = \Delta H_v = 40.675$  kJ/mol.
- $C_{p\text{benzene}}$  (cecair)=5.528 kJ/mol
- $C_{p\text{toluene}}$  (cecair)=6.579 kJ/mol
- Berat molekul benzena, toulena dan air masing-masing adalah 78.11, 92.13 dan 18



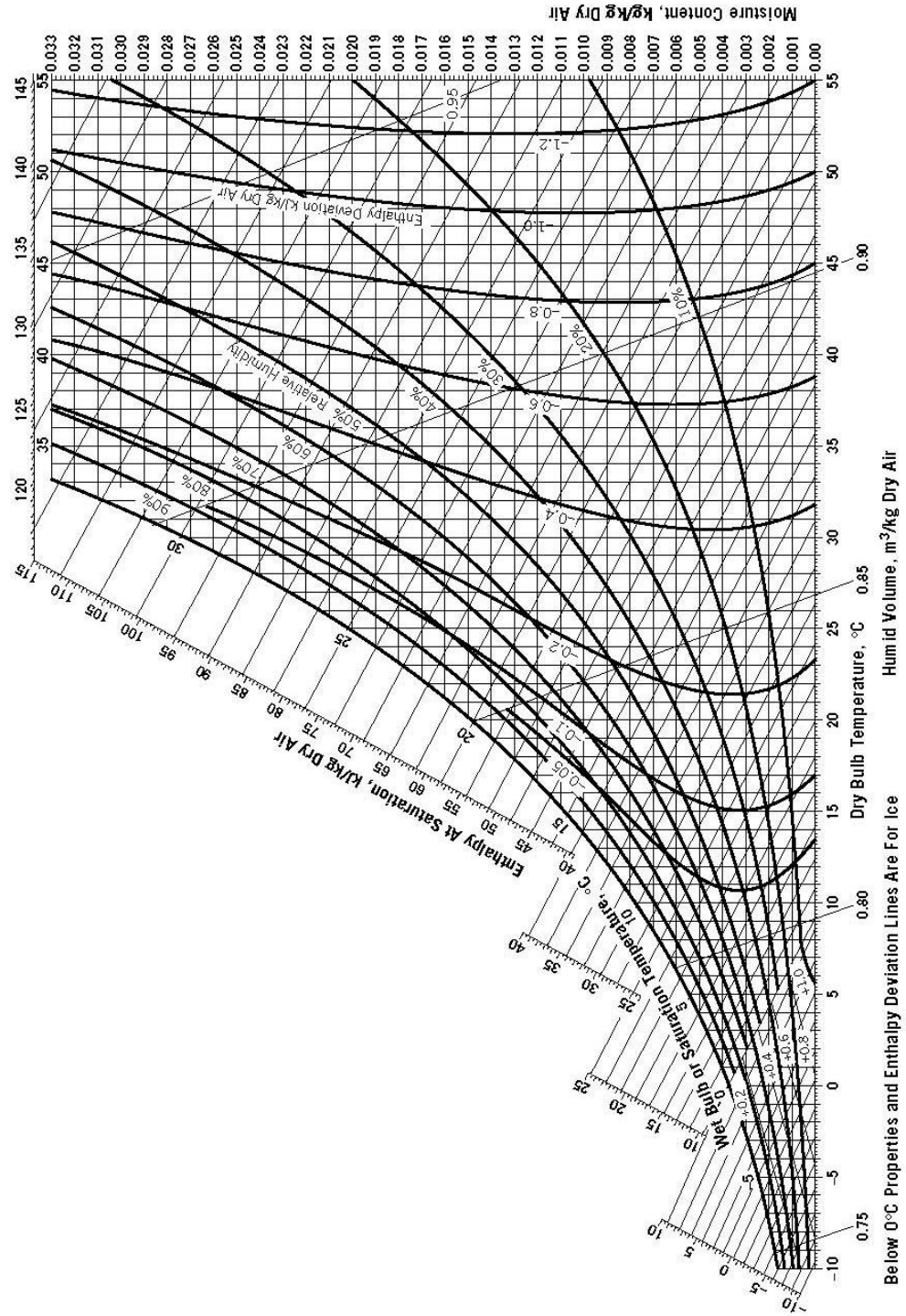
- (a) Lukis carta alir dan label secara lengkap. (3 markah)
- (b) Sediakan jadual entalpi masuk-keluar dan tentukan jumlah stim (kg/hr) yang diperlukan untuk setiap kg/hr suapan campuran. (9 markah)
- (c) Tanpa melakukan pengiraan, kenalpasti pemindahan haba oleh air (bertambah ATAU berkurang) jika suhu aliran keluar campuran benzena-toulena ditingkatkan kepada 80 °C. Jelaskan. (3 markah)

**Soalan 2 (15 Markah)**

CO1		CO2			
a	c(ii)	b	c(i)	c(ii)	d
2	1	2	3	4	3

Pejabat Pengurusan di Gas Malaysia Berhad mempunyai unit penyaman udara perindustrian yang terdiri daripada kondenser dan pemanas. Udara persekitaran disejukkan dalam keadaan tekanan malar sehingga mencapai takat tepu dan memeluwapkan air dan udara yang keluar daripada kondenser kemudiannya di panaskan pada tekanan malar kepada suhu 15°C dan kelembapan relatif 40%. Diberi suhu purata udara persekitaran adalah pada suhu 28°C dengan kelembapan relatif 80%;

- (a) Lakarkan laluan proses pada carta psikrometrik di Rajah 2 (**Sila kepilkan carta bersama kertas jawapan**) (3 markah)
- (b) Berapakah suhu udara yang keluar daripada kondenser (°C) (2 markah)
- (c) Jika penyaman udara mengeluarkan 600 m<sup>3</sup> / min, kira
- Kadar pemeluwapan air (kg / min) (3 markah)
  - Keperluan haba bersih (kW) (4 markah)
- (d) Apakah yang akan berlaku kepada kadar pemeluwapan air sekiranya suhu purata udara persekitaran lebih tinggi daripada suhu 28°C? (3 markah)



Rajah 2

**Soalan 3 (15 Markah)**

CO1		CO3	
a	b	b	c
2	1	9	3

Sebuah kilang kimia, heptana telah ‘dehydrocyclized’ untuk menghasilkan toluena dalam satu tindak balas fasa wap secara berterusan seperti tindak balas dibawah:



Proses ini dijalankan dengan membekalkan 100 mol / s heptana tulen pada suhu 400°C ke reaktor. Tindakbalas lengkap telah berlaku dan reaktor beroperasi secara isoterma pada suhu 400°C.

Diberi Kapasiti haba untuk heptana =  $137.44 \times 10^{-3} + 40.85 \times 10^{-5}T - 23.92 \times 10^{-8}T^2 + 57.66 \times 10^{-12}T^3$

- (a) Lukis dan labelkan carta aliran dengan lengkap (2 markah)
- (b) Sediakan jadual enthalpi masuk-keluar dan kira kadar pemindahan haba yang diperlukan dengan menggunakan kaedah haba tindak balas (kW) (10 markah)
- (c) Jika reaktor berpenebat digunakan, analisa kadar pemindahan haba (kW) (3 markah)

**Soalan 4 (15 Markah)**

CO1	CO4	
b	a	b
3	5	7

- a) Sebuah loji kuasa stim 300 MW, yang disejukkan oleh sungai yang berdekatan, mempunyai kecekapan haba sebanyak 50 peratus. Tentukan kadar pemindahan haba kepada air sungai. Adakah kadar pemindahan haba sebenar lebih tinggi atau lebih rendah daripada nilai ini? Terangkan. (5 Markah)
- b) Satu blok tembaga seberat 80 kg pada awalnya bersuhu 115 °C dimasukkan kedalam sebuah tangki berpenebat yang mengandungi 170 L air pada suhu 15 °C. Tentukan suhu keseimbangan akhir dan jumlah perubahan entropi untuk proses ini.

(10 markah)

Diberi:  $\rho_{air} = 997 \text{ kg/m}^3$ ,  $C_{p,air} = 4.18 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ,  $C_{p,tembaga} = 0.386 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$

**Soalan 5 (20 Markah)**

CO1	CO5		
a	a	b	c
3	6	4	7

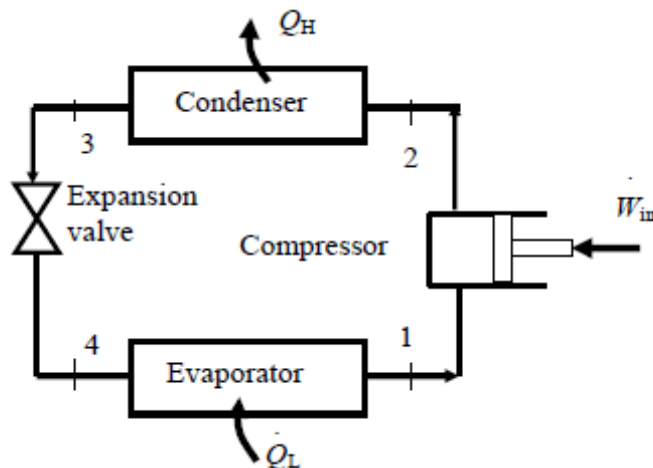
Pertimbangkan loji janakuasa stim beroperasi berdasarkan kitaran Rankine ideal yang ringkas. Stim di janakan di dalam loji kuasa memasuki turbin pada tekanan 3 MPa dan suhu 400°C dan di kondensasikan di dalam kondenser pada tekanan 70.11 kPa.

- (a) Tentukan kecekapan terma bagi kitaran ini. (9 markah)
- (b) Kira kecekapan terma Carnot untuk kitaran ini. (4 markah)
- (c) Berdasarkan jawapan dari (a) dan (b) banding dan jelaskan perbezaan antara kecekapan terma dan Carnot bagi kitaran ini. (7 markah)

**SOALAN 6 (20 Markah)**

CO1	CO5			
a	b (i)	b(ii)	b(iii)	c
3	4	4	2	7

Sebuah peti sejuk menggunakan *refrigerant 134a* sebagai bendalir kerja dan beroperasi dalam kitaran penyejukan wap-mampatan unggul. *Refrigerant 134a* memasuki penyejat pada 120 kPa dengan kualiti 30 % dan meninggalkan pemampat pada 60 °C. Pemampat menggunakan kuasa 450 W.



**Rajah 3**

- (a) Lukis dan label rajah kitaran T-s dengan lengkap berdasarkan kepada rajah skematik peti sejuk yang ditunjukkan di Rajah 3 (3 markah)
- (b) Kira:
- i. kadar alir *refrigerant 134a* (kg/s) (4 markah)
  - ii. tekanan kondenser (kPa) (4 markah)
  - iii. pekali prestasi (COP) refrigerator (2 markah)
- (c) Adakah COP yang dikira di bahagian (iii) munasabah? Buktikan (7 markah)