

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
Academic Session 2014/2015

December 2014 / January 2015

**EME 431 – Refrigeration and Air Conditioning**  
***[Penyejukan dan Penyamanan Udara]***

Duration : 3 hours

*Masa : 3 jam*

---

Please check that this paper contains **NINE** printed pages, **TWO** pages appendix and **SIX** questions before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEMBILAN** mukasurat, **DUA** mukasurat lampiran dan **ENAM** soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.]*

**Appendix/Lampiran :**

1. Lithium Bromide in Solution % by Mass [1 page/mukasurat]
2. Enthalpy of LiBr-Water Solutions [1 page/mukasurat]

**INSTRUCTIONS** : Answer **FIVE (5)** questions only.

**[ARAHAN** : Jawab **LIMA (5)** soalan sahaja.]

Answer questions in English OR Bahasa Malaysia.

*[Jawab soalan dalam Bahasa Inggeris ATAU Bahasa Malaysia.]*

Answer to each question must begin from a new page.

*[Jawapan bagi setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.]*

*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.]*

**Thermodynamic Property Table and Cooling Load Calculation Table are provided.**  
***Jadual Sifat Bendalir Termodinamik dan Jadual Perkiraan Beban Penyejukan adalah dibekalkan.***

- Q1. [a] Explain why the power requirement in a two stage compression using Ammonia is lower than when using R134a. Define a refrigerant. Explain 4 properties of refrigerant with examples. Explain why the condensing pressure must be much lower than the critical pressure.**

*Terangkan samada penggunaan kuasa bagi mampatan dua peringkat menggunakan Ammonia adalah lebih rendah daripada menggunakan R134a. Takrifkan bahan penyejuk. Terangkan 4 sifat bahan penyejuk dengan contoh. Terangkan kenapa tekanan pemeluwap perlu lebih rendah daripada tekanan kritikal.*

**(30 marks/markah)**

- [b] A multistage refrigeration system has 2 compressors and 2 evaporators using R22 as refrigerant. The condenser pressure is 1.0MPa and the low temperature evaporator (LTE) is at  $-10^{\circ}\text{C}$  whilst the high temperature evaporator (HTE) is at  $5^{\circ}\text{C}$ . The flow rate of refrigerant at LTE and HTE are 1.5 kg/s and 2.5 kg/s respectively. Use the chart and tables provided.**

- [i] Sketch the schematic drawing of the refrigeration system**
- [ii] Draw the cycle on the P-h diagram provided and submit with your answers.**
- [iii] Calculate the power requirement,**
- [iv] Calculate the refrigerating effect for LTE and HTE**
- [v] Calculate the COP of the system**

*Sebuah sistem pelbagai tahap mempunyai 2 pemampat dan 2 penyejat menggunakan R22 sebagai bahan penyejuk. Tekanan pemeluwap adalah 1.0MPa dan suhu penyejat suhu rendah (LTE) adalah  $-10^{\circ}\text{C}$  dan suhu penyejat suhu tinggi (THE) adalah  $5^{\circ}\text{C}$ . Kadar alir bahan penyejuk di LTE adalah 1.5 kg/s dan di HTE adalah 2.5kg/s. Gunakan carta dan jadual yang dibekal.*

- [i] Lakarkan gambarajah skema sistem penyejukan*
- [ii] Lukiskan kitar penyejukan pada gambarajah P-h yang dibekal dan hantar bersama jawapan.*
- [iii] Kirakan kuasa yang diperlukan oleh pemampat,*
- [iv] Kirakan kesan penyejukan pada LTE dan HTE*
- [v] Kirakan Pekali prestasi kitar*

**(70 marks/markah)**

**Q2. The generator and the evaporator of a LiBr-H<sub>2</sub>O vapour absorption system operate at the temperatures of 100°C and 10°C, respectively.**

- [i] Sketch a schematic drawing of a LiBr-H<sub>2</sub>O vapour absorption system.**
- [ii] Calculate the LiBr-H<sub>2</sub>O concentration at the generator and absorber when the ambient temperature is 35°C.**
- [iii] Calculate the mass flow rate at point 2 and 3 when the mass flow rate of the pump is 1.2 kg/s**
- [iv] Calculate the coefficient of performance (COP) of the system**
- [v] A heat exchanger is placed between the generator and the absorber. Calculate the COP of the system if the heat exchanger is at temperature of 60°C.**

*Penjana dan penyejat sistem penyerapan LiBr-Air masing-masing beroperasi pada 100°C dan 10°C.*

- [i] Lakarkan gambarajah skema bagi sistem penyerapan LiBr-Air.*
- [ii] Kirakan kepekatan LiBr-Air dalam penjana and penyerap semasa suhu ambien ialah 35°C*
- [iii] Kirakan kadar alir jisim di titik 2 dan 3 semasa kadar alir jisim pam ialah 1.2 kg/s*
- [iv] Kirakan pekali prestasi system*
- [v] Sebuah penukar haba diletakkan di antara penjana dengan penyerap. Kirakan pekali prestasi sistem jika suhu penukar haba ialah 60°C*

**(100 marks/markah)**

**Q3. [a] With the aid of diagrams, describe the following alternative refrigeration systems and their applications.**

- [i] Evaporative cooling**
- [ii] Steam jet refrigeration**
- [iii] Vortex cooling**
- [iv] Air refrigeration**
- [v] Dry ice production**

*Dengan bantuan gambar rajah, terangkan sistem penyejukan alternatif berikut dan aplikasinya.*

[i] *Penyejukan penyejatan*

[ii] *Penyejukan jet steam*

[iii] *Penyejukan pusat*

[iv] *Penyejukan udara*

[v] *Pengeluaran ais kering*

**(70 marks/markah)**

- [b] Explain why evaporative cooling and steam jet refrigeration are not commercially used systems.**

*Terangkan mengapa penyejukan penyejatan dan penyejukan jet stim tidak digunakan secara komersial.*

**(30 marks/markah)**

- Q4. [a] Define thermal comfort and briefly describe the criteria that influence it.**

*Terangkan keselesaan terma dan jelaskan dengan ringkas kriteria yang mempengaruhinya.*

**(30 marks/markah)**

- [b] An office space is to be designed for air conditioning as follows:**

**Designed condition: 20°C, specific humidity,  $w = 0.0079$**

**Outside air condition: 30°C, 60% RH**

**Sensible cooling load, SCL = 18kW**

**Latent cooling load, LCL = 3.6kW**

**Supply air contains 30% outside fresh air (30% ventilation air)**

**Supply temperature 15°C**

**Cooler efficiency 80% (contact factor).**

**Calculate:**

**[i] Mass flow rate of the supply air,  $m_a$**

**[ii] Temperature of the air leaving the cooling coil**

**[iii] Refrigeration capacity (coil cooling load)**

**[iv] Ducting load.**

*Sebuah ruang pejabat direka bentuk bagi penyamanan udara seperti berikut:*

*Keadaan rekabentuk: 20°C, Kelembapan tentu,  $w = 0.0079$*

*Keadaan udara luar: 30°C, 60% RH.*

*Beban penyejukan deria, SCL = 18kW*

*Beban penyejukan pendam, LCL = 3.6kW*

*Udara yang disalur mengandungi 30% udara segar (30% udara aliran)*

*Suhu udara dibekal 15°C*

*Keberkesanan pendingin 80% (faktor sentuhan).*

*Kirakan:*

*[i] Kadar aliran jisim udara disalur,  $m_a$*

*[ii] Suhu udara selepas gegelung pendingin*

*[iii] Kapasiti pendinginan (beban gegelung pendingin)*

*[iv] Beban saluran.*

**(40 marks/markah)**

- [c] As an air conditioning engineer, propose an air conditioning system for a cubicle type office space considering the thermal comfort for up to 10 workers.**

*Sebagai seorang jurutera penyamanan udara, cadangkan sebuah sistem penyamanan udara bagi ruang pejabat yang berbentuk kubikel dengan mengambil kira keselesaan terma bagi maksima 10 pekerja.*

**(30 marks/markah)**

- Q5. [a] Explain the differences between the combinations of two cooling load calculation methods below:**

**[i] Heat balance (HB) and Resistance time series (RTS)**

**[ii] Cooling load temperature difference (CLTD) and Cooling load factor (CLF).**

*Jelaskan perbezaan di antara dua kombinasi kaedah-kaedah pengiraan beban pendinginan seperti berikut:*

*[i] Imbangan haba (HB) dan Siri masa rintangan (RTS)*

*[ii] Perbezaan suhu beban pendinginan (CLTD) dan Faktor beban pendinginan (CLF).*

**(30 marks/markah)**

- [b] An air conditioning ducting system for a factory floor is designed as in Figure Q5[b]. The frictional pressure drop per unit length ( $\Delta P/m$ ) is maintained at 0.9 Pa/m throughout the ducting system. The diameters of each ducting section are as follows:

A-B: 675mm

B-H: 525mm

B-C: 525mm

C-G: 375mm

C-D: 450mm

D-F: 375mm

D-E: 375mm

Given that pressure due to velocity,  $P_v = \rho v^2/2$ , fittings losses =  $C_d \cdot P_v$ , coefficient of friction loss,  $C_d = 0.25$  for all elbows and tees, and density of air,  $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ , calculate the sectional pressure losses and the total pressure loss at the air handling unit (AHU).

*Sebuah sistem saluran penyaman udara sebuah ruang lantai kilang direka bentuk sepertimana dalam Rajah S5[b]. Kehilangan tekanan akibat geseran per unit jarak ( $\Delta P/m$ ) adalah tetap pada 0.9 Pa/m sepanjang sistem saluran tersebut. Garis rentas setiap seksyen saluran adalah seperti berikut:*

*A-B: 675mm*

*B-H: 525mm*

*B-C: 525mm*

*C-G: 375mm*

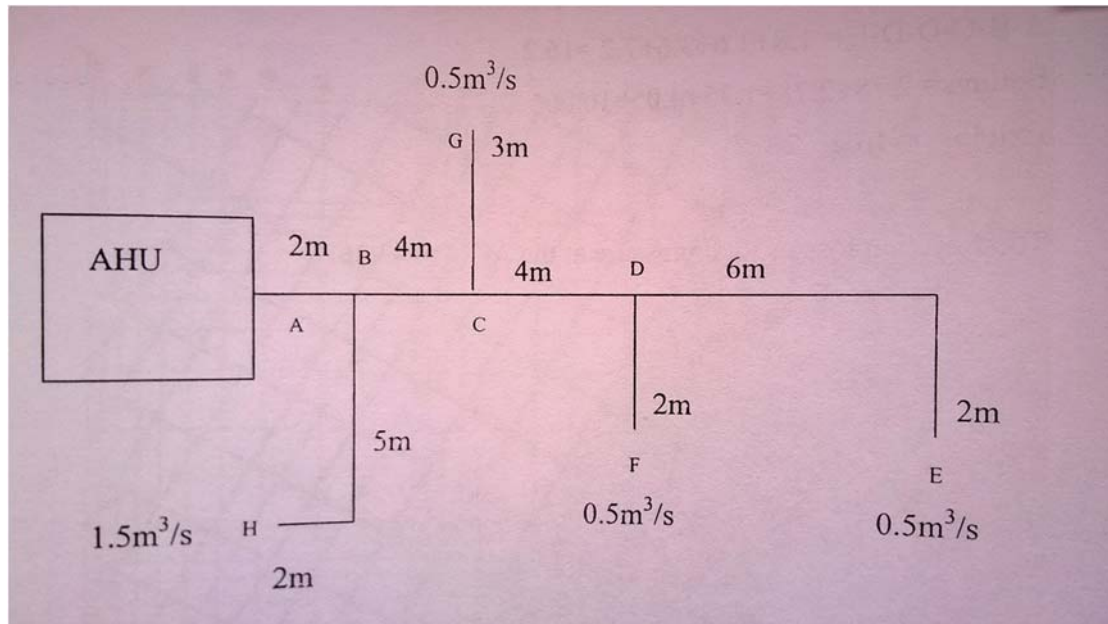
*C-D: 450mm*

*D-F: 375mm*

*D-E: 375mm*

*Diberi bahawa tekanan disebabkan halaju,  $P_v = \rho v^2/2$ , kehilangan tekanan akibat perkakasan =  $C_d \cdot P_v$ , pekali kehilangan akibat geseran,  $C_d = 0.25$  bagi setiap sesiku dan simpang-T, dan ketumpatan udara,  $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ , kirakan kehilangan tekanan setiap seksyen dan jumlah kehilangan tekanan pada unit pengendalian udara (AHU).*

**(40 marks/markah)**



**Figure Q5[b]**  
Rajah S5[b]

- [c] A hypermarket shop floor consists of air conditioned areas and a section of chilled and frozen areas. In designing the HVAC system for the hypermarket, briefly describe the main factors to be taken.

*Ruang lantai sebuah pasaraya mengandungi kawasan berhawa dingin dan satu seksyen penyejukan dan pembekuan. Dalam merekabentuk sistem HVAC bagi pasaraya tersebut, jelaskan dengan ringkas faktor utama yang perlu diambil kira.*

(30 marks/markah)

- Q6. [a] With the aid of schematic diagrams, briefly describe the three types of air handling unit (AHU).

*Dengan bantuan rajah skematik, terangkan dengan ringkas tiga jenis unit pengendalian udara (AHU).*

(30 marks/markah)

- [b] A typical 2-storey, 4-bedroom terraced house has a number of electrical appliances as in Table Q6[b](i). An electricity tariff is shown in Table Q6[b](ii). The house owner plans to save the electricity bills by changing the lights to LED types and the air conditioning units to the inverter type units with 5-star Energy Efficient Rating (EER). An LED light bulb consumes only 6W for the equivalent fluorescent light and costs RM20 each. Each new air conditioning unit consumes 65% less power than the current unit. The new air conditioning unit costs RM2000 each while the owner sells the old unit back at RM600 each. If other factors remain the same.

**Calculate:**

- [i] The average monthly electricity bill for the house.
- [ii] The new expected electricity bill for the house.
- [iii] Payback period of the investment.

*Sebuah rumah teres biasa 2-tingkat, 4-bilik mempunyai peralatan elektrik seperti Jadual S6[b](i). Tarif elektrik ditunjukkan dalam Jadual S6[b](ii). Tuan rumah tersebut bercadang untuk menjimatkan bil elektrik dengan menukar lampu kepada jenis LED serta alat pendingin udara kepada jenis pengalih dengan kadar keberkesanan tenaga (EER) 5-bintang. Mentol LED menggunakan hanya 6W bagi kuasa yang sama oleh lampu kalimantang dan berharga RM20 seunit. Setiap alat pendingin udara menggunakan 65% kurang kuasa berbanding unit sedia ada. Alat pendingin udara baru berharga RM2000 setiap satu manakala tuan rumah menjual semula unit lama pada harga RM600 seunit. Jika semua faktor lain kekal sama,*

*Kirakan:*

- [i] *Purata bil elektrik bulanan rumah tersebut.*
- [ii] *Jangkaan bil elektrik yang baharu bagi rumah tersebut.*
- [iii] *Tempoh bayar balik bagi pelaburan tersebut.*

**Table Q6[b](i)**  
*Jadual S6[b](i)*

<b>Item/ Peralatan</b>	<b>Quantity/ Bilangan</b>	<b>Average W/unit/ Purata W/unit</b>	<b>Usage/day (hour)/ Penggunaan/hari (jam)</b>
<b>Lights/ lampu</b>	50	60	4
<b>Air conditioner/ Alat penyaman udara</b>	5	1000	3
<b>Refrigerator/ Peti sejuk</b>	1	200	24
<b>Television/ Televisyen</b>	3	100	6
<b>Washing machine/ Mesin basuh</b>	1	500	1
<b>Others/ Lain-lain</b>	Various/ pelbagai	1000	2



**Table Q6[b](ii)**  
*Jadual S6[b](ii)*

<b>Electricity used/ Penggunaan elektrik (kWh)</b>	<b>Tariff rates/ kadar tarif (sen/kWh)</b>
1 – 200	21.80
201 – 300	33.40
301 – 600	51.60
601 – 900	54.60
901 and above/ dan ke atas	57.10

(40 marks/markah)

- [c] **Discuss how an energy efficient rating (EER) system would influence the choice consumers make before purchasing electrical appliances. Discuss their reaction with the escalating electricity tariff that we currently have in Malaysia.**

*Bincangkan bagaimana sistem penarafan keberkesanan tenaga (EER) dapat mempengaruhi pilihan yang dibuat oleh pengguna sebelum membeli peralatan elektrik. Bincangkan tentang reaksi mereka terhadap tarif elektrik yang menaik sebagaimana yang kita ada ketika ini di Malaysia.*

(30 marks/markah)

**Lithium Bromide in Solution % by Mass**

**Enthalpy of LiBr-Water Solutions**