

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Course Examination During Long Vacation  
Academic Session 2008/2009  
*Peperiksaan Kursus Semasa Cuti Panjang  
Sidang Akademik 2008/2009*

June 2009  
*Jun 2009*

**EMH 311/3 – Applied Thermodynamics**  
**Termodinamik Gunaan**

Duration : 3 hours  
*Masa : 3 jam*

---

**INSTRUCTIONS TO CANDIDATE:**

**ARAHAN KEPADA CALON :**

Please check that this paper contains **EIGHT (8)** printed pages, and **FIVE (5)** questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **LAPAN (8)** mukasurat bercetak dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **FOUR (4)** questions, **TWO** from Section A and **TWO** from Section B.

*Jawab **EMPAT (4)** soalan, **DUA** daripada Bahagian A dan **DUA** dari Bahagian B.*

Answer all questions in **English** OR **Bahasa Malaysia** OR a combination of both.

*Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** ATAU **Bahasa Inggeris** ATAU kombinasi kedua-duanya.*

Each question must begin from a new page.

*Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.*

## SECTION A

Answer only TWO questions from this section.

Take: Universal gas constant,  $R_u = 8.3145 \text{ kJ/kmol K}$ ; atomic masses of C = 12, O = 16, H = 1, N = 14, Ar = 40 in kg/kmol respectively; 1 atmosphere = 1.01325 bar. Unless otherwise stated, normal air volume can be assumed to consist of 21% oxygen and 79% nitrogen in gaseous form.

Jawab hanya DUA soalan daripada bahagian ini.

Ambil: Pemalar gas semesta,  $R_u = 8.3145 \text{ kJ/kmol K}$ ; jisim atomik C = 12, O = 16, H = 1, N = 14, Ar = 40 dalam kg/kmol setiap satu; 1 atmosfera = 1.01325 bar. Melainkan dinyatakan sebaliknya, isipadu udara biasa boleh dianggap mengandungi 21% oksigen dan 79% nitrogen dalam bentuk gas.

- Q1. [a] Describe briefly the Dalton's law regarding the mixture of perfect gases. Give mathematical expressions on the relationship of each constituent's internal energy, enthalpy and entropy as extended by Gibbs-Dalton law. How would that relationship be different for real gases?

Terangkan secara ringkas hukum Dalton berkenaan campuran gas-gas unggul. Nyatakan ungkapan matematik terhadap hubungan bagi setiap jujuk berkenaan tenaga dalaman, entalpi dan entropi sebagaimana yang diunjurkan oleh hukum Gibbs-Dalton. Bagaimanakah perkaitan tersebut akan berbeza bagi gas-gas sebenar?

(30 marks/markah)

- [b] A cooking gas vessel of volume  $0.5 \text{ m}^3$  contains a gas mixture that consists of 1.5 kg of oxygen ( $\text{O}_2$ ), 6 kg of nitrogen ( $\text{N}_2$ ), 3 kg of propane ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) and 4 kg of methane ( $\text{CH}_4$ ), at  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Determine:

- (i) the mass fraction of each component;
- (ii) the mole fraction of each component;
- (iii) the percentage of carbon content of the mixture;
- (iv) the average molar and gas constant of the mixture;
- (v) the partial pressure of each constituent; and
- (vi) the total pressure in the vessel.

Sebuah pengandung gas masakan berisipadu  $0.5 \text{ m}^3$  mengandungi campuran gas yang terdiri daripada 1.5 kg oksigen ( $\text{O}_2$ ), 6 kg nitrogen ( $\text{N}_2$ ), 3 kg propana ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) dan 4 kg metana ( $\text{CH}_4$ ), pada suhu  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tentukan:

- (i) pecahan jisim setiap komponen;
- (ii) pecahan mol setiap komponen;
- (iii) peratus kandungan karbon dalam campuran tersebut;
- (iv) purata molar dan pemalar gas campuran tersebut;
- (v) tekanan bahagian setiap jujuk; dan
- (vi) jumlah tekanan dalam pengandung.

(50 marks/markah)

- [c] List three examples of industrial application of steam condenser. Describe briefly three main considerations in designing a steam condenser for a large-sized fishball production factory that uses steam for its power generation and raw materials heating process.

*Senaraikan tiga contoh aplikasi industri bagi pemeluwap stim. Terangkan secara ringkas tiga pertimbangan utama dalam merekabentuk pemeluwap stim bagi sebuah kilang membuat bebola ikan bersaiz besar yang menggunakan stim bagi penjanaan kuasa dan proses pemanasan bahan-bahan mentah.*

(20 marks/markah)

- Q2. [a] One of the important analysis of a solid fuel is to measure the amount of its calorific value. Name the apparatus that can be used to conduct the measurement and describe its main features and working principles.

*Salah satu daripada analisa penting bagi bahan bakar pepejal ialah mengukur nilai kalorinya. Namakan satu alat yang digunakan untuk pengukuran tersebut dan terangkan ciri-ciri utama dan prinsip-prinsip kerjanya.*

(20 marks/markah)

- [b] The volumetric analysis of a supply of combustible gas is as follows:

H <sub>2</sub>	49.4%
CO	18.0%
CH <sub>4</sub>	20.0%
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	2.0%
O <sub>2</sub>	0.4%
N <sub>2</sub>	6.2%
CO <sub>2</sub>	4.0%

Calculate:

- (i) the stoichiometric air to fuel ratio; and  
 (ii) the wet and dry analysis of the products of combustion if the actual mixture is 20% rich.

*Analisa isipadu bagi bekalan gas boleh terbakar adalah seperti berikut:*

$H_2$	49.4%
$CO$	18.0%
$CH_4$	20.0%
$C_4H_8$	2.0%
$O_2$	0.4%
$N_2$	6.2%
$CO_2$	4.0%

*Kirakan:*

- (i) *nisbah stoikiometri udara kepada bahanapi; dan*
- (ii) *analisa basah dan kering bagi produk pembakaran jika campuran sebenar adalah 20% terkaya.*

**(50 marks/markah)**

- [c] An industrial natural gas boiler in a palm oil mill has been operating for almost 25 years and its efficiency has shown a drop of 30% from the design value. Due to some sharp price hike for industrial natural gas, the management of the company is looking at the option of using producer gas from a biomass gasifier as an alternative fuel. The gasifier would be using biomass from the by-products of the mill as its main feeds. As an engineer at the company, you are supposed to prepare a technical proposal for the option of the said situation. Discuss three main considerations that you need to obtain in preparing such proposal.**

*Dandang gas asli industri di sebuah kilang minyak sawit telah beroperasi selama hampir 25 tahun dan kecekapannya telah menunjukkan penurunan sebanyak 30% daripada nilai rekabentuk. Memandangkan kenaikan harga mendadak bagi gas asli industri, pihak pengurusan syarikat sedang menimbangakan pilihan untuk menggunakan gas keluaran daripada penggas biojisim sebagai bahanapi alternatif. Penggas tersebut akan menggunakan sisa produk biojisim daripada kilang sebagai bahan utamanya. Sebagai seorang jurutera syarikat, anda ditugaskan untuk menyediakan satu cadangan teknikal bagi keadaan yang disebutkan di atas. Bincangkan tiga pertimbangan utama yang anda perlukan bagi menyediakan cadangan tersebut.*

**(30 marks/markah)**

- Q3. [a] (i) State the difference between specific humidity and relative humidity.
- (ii) Describe briefly why the windows and the windscreen of a car without air conditioning will form “sweats” on its inner surface on a rainy day.
- (i) *Nyatakan perbezaan di antara kelembapan spesifik dan kelembapan relatif.*
- (ii) *Jelaskan dengan ringkas kenapa pada permukaan dalaman tingkap dan cermin kereta yang tiada penyaman udara biasanya “berpeluh” pada hari yang panas.*

(20 marks/markah)

- [b] An auditorium’s air-conditioning system is to be maintained at 20°C with relative humidity of 50 %. The walls and curtains of the room would normally keep 2500 W of heat gains whereas each person in the room would provide sensible heat gains of 100 W. The average latent heat gain per person can be taken as 20 W and any other heat gains or losses can be neglected. If the barometric pressure is 1 atmosphere and there are 100 persons in the room, calculate:

- (i) the required volume flow rate of air to be supplied to the room; and
- (ii) the percentage saturation of the supplied air if its temperature is 25 °C.

*(You may use Thermodynamics tables or Psychrometric chart for this question.)*

Sistem pendinginan udara sebuah auditorium dikekalkan pada suhu  $20^{\circ}\text{C}$  dengan kelembapan relatif 50 %. Bahagian dinding dan langsir auditorium biasanya mengekalkan haba tambahan sebanyak 2500 W manakala setiap orang di dalam bilik biasanya memberikan haba munasabah sebanyak 100 W. Purata haba lakur tambahan setiap orang adalah sebanyak 20 W dan segala tambahan atau pengurangan haba selain daripada itu boleh diabaikan. Jika tekanan barometer ialah 1 atmosfera dan terdapat 100 orang di dalam bilik tersebut, kirakan:

- (i) kadar aliran udara yang perlu dibekalkan ke dalam auditorium; dan
- (ii) peratus ketepuan udara yang dibekalkan jika suhunya ialah  $25^{\circ}\text{C}$ .

(Anda boleh gunakan jadual Termodinamik atau carta Psikrometri bagi soalan ini.)

(50 marks/markah)

- [c] **Describe the three major factors that affect human comfort at home or office. Briefly explain how air conditioning system can be designed to increase the level of human comfort.**

Terangkan tiga faktor utama yang mempengaruhi keselesaan manusia di rumah atau pejabat. Jelaskan dengan ringkas bagaimana sistem pendinginan udara boleh direkabentuk bagi meningkatkan tahap keselesaan manusia.

(30 marks/markah)

## SECTION B

- Q4. [a] Show the variation of Otto cycle efficiency at different values of compression ratio.

*Tunjukkan perubahan kecekapan kitar Otto pada nilai-nilai nisbah mampatan yang berbeza.*

(20 marks/markah)

- [b] Define brake torque, brake power and brake mean effective pressure.

*Takrifkan tork brek, kuasa brek dan tekanan berkesan min brek.*

(20 marks/markah)

- [c] A four-stroke single cylinder diesel engine has a swept volume of 0.8L and is running at 350 rev/min. When a torque of 50 Nm is applied using a dynamometer, the indicated mean effective pressure measured is 1000 kPa. Calculate the brake power and mechanical efficiency of the engine.

*Sebuah enjin diesel empat-lejang berselinder tunggal mempunyai isipadu tersapu 0.8L dan beroperasi pada 350 pusingan/minit. Apabila tork sebanyak 50 Nm dikenakan menggunakan dinamometer, tekanan berkesan min tertunjuk ialah 1000 kPa. Kirakan kuasa brek dan kecekapan mekanikal enjin.*

(60 marks/markah)

- Q5. [a] A single stage air compressor running at 1000 rev/min, delivers air at 25 bar. For this purpose, the induction conditions are 1.013 bar and 15°C, and the free air delivery (FAD) is 0.25 m<sup>3</sup>/min. The clearance volume is 3% of the swept volume and the stroke/bore ratio is 1.2/1. The index of compression and re-expansion is 1.3. Calculate the

(i) bore and stroke

(ii) volumetric efficiency

If the actual induction conditions are 1 bar and 40°C, using the bore and stroke dimension as in (i) above, calculate (iii) the free air delivery (FAD) referred to 1.013 bar and 15°C, and (iv) the new volumetric efficiency.

*Sebuah pemampat berperingkat tunggal beroperasi pada 1000 pusingan/minit, menghantar udara pada 25 bar. Untuk tujuan ini, keadaan-keadaan masukan adalah 1.013 bar dan 15°C, dan penghantaran udara bebas ialah 0.25 m<sup>3</sup>/min. Isipadu kelegaan ialah 3% dari isipadu tersapu dan nisbah lejang/jara ialah 1.2/1. Indeks-indeks mampatan dan pengembangan-semula ialah 1.3. Kirakan*

- (i) *jara dan lejang*
- (ii) *kecekapan isipadu*

*Jika keadaan-keadaan sebenar ketika masukan adalah 1 bar dan 40°C, dengan menggunakan dimensi-dimensi jara dan lejang di dalam (i) di atas, kirakan (iii) penghantaran udara bebas dengan merujuk kepada 1.013 bar dan 15°C, dan (iv) kecekapan isipadu yang baru.*

**(60 marks/markah)**

- [b] A single stage single cylinder air compressor compresses air from a pressure of 1.03 bar to 7.21 bar. The clearance volume of the compressor is 2000cm<sup>3</sup>, and the index of compression and expansion is 1.35. If the volumetric efficiency is 80 percent, and the stroke length is 25cm, calculate the cylinder bore.**

*Sebuah pemampat udara berselinder tunggal satu peringkat memampatkan udara dari tekanan 1.03 bar dan 7.21 bar. Isipadu kelegaan bagi pemampat ialah 2000 cm<sup>3</sup>, dan indeks-indeks mampatan dan pengembangan ialah 1.35. Jika kecekapan isipadu ialah 80 peratus, dan lejang ialah 25 cm, kirakan jara bagi selinder.*

**(40 marks/markah)**