

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
Academic Session 2008  
*Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 2008*

November 2008  
*November 2008*

**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 **TEN (10)** printed pages and **SEVEN (7)** questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEPULUH (10)** mukasurat dan **TUJUH (7)** soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **FIVE (5)** questions.

Jawab **LIMA (5)** soalan.

Answer **TWO (2)** questions from each **SECTION A** and **SECTION B**, and choose **ONE (1)** question from either **SECTION A OR SECTION B**.

*Sila jawab **DUA (2)** soalan dari setiap **BAHAGIAN A** dan **BAHAGIAN B**, dan pilih **SATU (1)** soalan dari mana-mana **BAHAGIAN A** ATAU **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.*

**BAHAGIAN A**

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.

*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 juzuk 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 vessel of  $1.8 \text{ m}^3$  capacity contains  $\text{O}_2$  at 8 bar and  $40^\circ\text{C}$ . The vessel is connected to another vessel of  $2.8 \text{ m}^3$  capacity containing CO at 1.2 bar and  $15^\circ\text{C}$ . A connecting valve is opened and the gases mix adiabatically. Calculate:**

- (i) the final temperature and pressure of the mixture; and  
(ii) the change in entropy of the system.

**Given molar heat capacities at constant volume,  $c_v$ , for  $\text{O}_2$  is  $21.07 \text{ kJ/kmol K}$ ; for CO is  $20.86 \text{ kJ/kmol K}$ .**

*Sebuah bekas berkapasiti  $1.8 \text{ m}^3$  mengandungi  $\text{O}_2$  pada 8 bar dan  $40^\circ\text{C}$ . Bekas tersebut disambungkan kepada sebuah bekas lain yang berkapasiti  $2.8 \text{ m}^3$  yang mengandungi CO pada 1.2 bar dan  $15^\circ\text{C}$ . Injap penyambung dibuka dan gas-gas tersebut bercampur secara adiabatik. Kirakan:*

- (i) suhu dan tekanan akhir campuran; dan  
(ii) perubahan entropi pada sistem.

*Diberi kapasiti haba molar pada isipadu malar,  $c_v$ , bagi  $\text{O}_2$  ialah  $21.07 \text{ kJ/kmol K}$ ; bagi CO ialah  $20.86 \text{ kJ/kmol K}$ .*

**(45 marks/markah)**

- [c] **List five examples of industrial application of steam condenser. Describe briefly three main considerations in designing a steam condenser for a large-sized paper mill that uses steam for its power generation and pulp heating process.**

*Senaraikan lima contoh aplikasi industri bagi pemeluwap stim. Terangkan secara ringkas tiga pertimbangan utama dalam merencanakan pemeluwap stim bagi sebuah kilang kertas bersaiz besar yang menggunakan stim bagi penjanaan kuasa dan proses pemanasan palpa.*

**(25 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 operating 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 operasinya.*

**(20 marks/markah)**

- [b] **A combustion chamber of volume  $0.8 \text{ m}^3$  is supplied with a 15 % rich mixture of carbon monoxide (CO) and air. It is compressed to a pressure of 8.5 bar and heated to a temperature of  $252 \text{ }^\circ\text{C}$ . The mixture is ignited and combustion occurs adiabatically at constant volume. When the maximum temperature is attained, the value of  $K^\theta$  is found to be 4.21 while analysis shows that 0.255 kmol of CO is still present for every kmol of CO supplied. Determine:**

- (i) **the stoichiometric air to fuel ratio;**
- (ii) **the actual air to fuel ratio;**
- (iii) **the maximum pressure attained; and**
- (iv) **the maximum temperature attained.**

*Sebuah kebuk pembakaran dengan isipadu  $0.8 \text{ m}^3$  dibekalkan dengan campuran yang terkaya dengan 15 % karbon monoksida (CO) dan udara. Campuran tersebut dimampatkan kepada tekanan 8.5 bar dan dipanaskan kepada suhu  $252 \text{ }^\circ\text{C}$ . Campuran tersebut dinyalakan dan pembakaran berlaku secara adiabatik pada isipadu malar. Apabila suhu maksima tercapai, nilai  $K^\theta$  yang didapati ialah 4.21 manakala analisa menunjukkan bahawa masih terdapat 0.255 kmol CO bagi setiap kmol of CO yang dibekalkan. Pastikan:*

- (i) *nisbah stoikiometri udara kepada bahan bakar;*
- (ii) *nisbah sebenar udara kepada bahan bakar;*
- (iii) *tekanan maksima yang diperolehi; dan*
- (iv) *suhu maksima yang diperolehi.*

**(50 marks/markah)**

- [c] An industrial natural gas boiler in a palm oil mill has been operating for almost 20 years and its efficiency has shown a drop of 25% 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. State 5 main information that you need to obtain in preparing such proposal.

*Dandang gas asli industri di sebuah kilang minyak sawit telah beroperasi selama hampir 20 tahun dan kecekapannya telah menunjukkan penurunan sebanyak 25% daripada nilai rekabentuk. Memandangkan kenaikan harga mendadak bagi gas asli industri, pihak pengurusan syarikat sedang menimbangakan pilihan untuk menggunakan gas keluaran daripada penggas biomasa sebagai bahanapi alternatif. Penggas tersebut akan menggunakan sisa produk biomasa daripada kilang sebagai bahan utamanya. Sebagai seorang jurutera syarikat, anda ditugaskan untuk menyediakan satu cadangan teknikal bagi keadaan yang disebutkan di atas. Nyatakan 5 maklumat utama yang anda perlukan bagi menyediakan cadangan tersebut.*

(30 marks/markah)

- Q3. [a] Describe briefly the following types of air-conditioning systems:

- (i) Induction,
- (ii) Fan-coil; and
- (iii) Variable air volume.

*Terangkan secara ringkas jenis-jenis sistem pendinginan udara berikut:*

- (i) Induksi,
- (ii) Kipas-gegelung; dan
- (iii) Isipadu udara boleh-ubah.

(30 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 dkekalkan pada suhu 20 °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 °C.

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

**(50 marks/markah)**

- [c] Describe briefly five main criteria that have to be considered in order to design an effective air conditioning system for a medium sized factory floor that mainly assembles sensitive electronic products.**

*Terangkan dengan ringkas lima kriteria utama yang perlu dipertimbangkan dalam merekabentuk sistem pendinginan udara yang berkesan bagi ruang kerja sebuah kilang bersaiz sederhana yang memasang barangan elektronik yang sensitif.*

**(20 marks/markah)**

- Q4. [a] (i) State the difference between specific humidity and relative humidity.**
- (ii) Describe briefly why a glass of iced drinks will form “sweats” on its outer surface on a hot day.**

*[a] (i) Nyatakan perbezaan di antara kelembapan spesifik dan kelembapan relatif.*

*(ii) Jelaskan dengan ringkas kenapa pada permukaan luar sebuah gelas berisi minuman ber ais biasanya “berpeluh” pada hari yang panas.*

**(30 marks/markah)**

- [b] The gas in an engine cylinder has a volumetric analysis of 12 % CO<sub>2</sub>, 11.5 % O<sub>2</sub>, and 76.5 % N<sub>2</sub>. The temperature at the beginning of expansion is 1000 °C and the gas mixture expands reversibly through a volume ratio of 7 to 1, following the relationship of  $pv^{1.25} = \text{constant}$ . Calculate:
- the mass fractions of the constituents of the mixture,
  - the specific gas constant,  $R$ , and specific heat capacities,  $c_p$  and  $c_v$  of the mixture,
  - the final temperature of the mixture,
  - the work done by the gas mixture; and
  - the heat flow per unit mass of the gas mixture.

The values of the specific heat capacities at constant pressure,  $c_p$ , for the constituents averaged over the temperature are as follows: for CO<sub>2</sub> is 1.271 kJ/kg K; for O<sub>2</sub> is 1.110 kJ/kg K, and for N<sub>2</sub> is 1.196 kJ/kg K. Also recall that  $W = R(T_2 - T_1)/(n - 1)$ ;  $T_2/T_1 = (v_1/v_2)^{n-1}$ ; and  $Q + W = u_2 - u_1$  where all symbols have their usual meanings.

*Analisa isipadu gas di dalam sebuah selinder enjin mengandungi 12 % CO<sub>2</sub>, 11.5 % O<sub>2</sub>, and 76.5 % N<sub>2</sub>. Suhu pada tahap permulaan pengembangan ialah 1000 °C dan campuran gas tersebut mengembang secara boleh-balik melalui nisbah isipadu 7 kepada 1, mengikut hubungan  $pv^{1.25} = \text{malar}$ . Kirakan:*

- pecahan jisim jujuk-jujuk campuran,*
- pemalar gas spesifik,  $R$ , dan kapasiti haba spesifik,  $c_p$  dan  $c_v$  campuran tersebut,*
- suhu akhir campuran,*
- kerja yang dilakukan oleh campuran gas; dan*
- aliran haba per unit jisim bagi campuran gas.*

*Nilai-nilai kapasiti haba spesifik pada tekanan malar,  $c_p$ , bagi setiap jujuk yang dipuratakan dalam julat suhu berkenaan: bagi CO<sub>2</sub> ialah 1.271 kJ/kg K; bagi O<sub>2</sub> ialah 1.110 kJ/kg K, dan bagi N<sub>2</sub> ialah 1.196 kJ/kg K. Juga diingatkan bahawa  $W = R(T_2 - T_1)/(n - 1)$ ;  $T_2/T_1 = (v_1/v_2)^{n-1}$ ; dan  $Q + W = u_2 - u_1$  di mana setiap simbol mempunyai maknanya yang biasa.*

**(40 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)**

**BAHAGIAN B**

- Q5. [a] (i) What is a dynamometer?
- (ii) Name **THREE (3)** types of electrical dynamometer.
- (iii) Briefly explain the difference between a hydraulic dynamometer and an electric dynamometer.
- (i) *Apakah dinamometer?*
- (ii) *Namakan TIGA (3) jenis dinamometer elektrik.*
- (iii) *Terangkan dengan ringkas perbezaan di antara dinamometer hidraulik dan elektrik.*

(30 marks/markah)

[b] A four-stroke diesel engine with a swept volume of 2.5 liters has the performance curve shown in Figure Q5[b] below. Calculate

- (i) the maximum power output
- (ii) the air-fuel ratio, corresponding to maximum power output calculated in [b](i)
- (iii) the maximum brake thermal efficiency
- (iv) the brake mean effective pressures (bmep) at maximum power
- (v) the brake mean effective pressures (bmep) at maximum torque

The calorific value of the fuel is 44 MJ/kg, and the ambient temperature and pressure are 17°C and 1.02 bar respectively.

*Sebuah enjin diesel empat lejang dengan isipadu tersapu 2.5 liter mempunyai lengkukan prestasi seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S5[b]. Kirakan*

- (i) *kuasa keluaran maksima*
- (ii) *nisbah udara-bahanapi, pada kuasa keluaran maksima yang dikira dalam [b](i)*
- (iii) *kecekapan maksima terma brek*
- (iv) *tekanan berkesan min brek (bmep) pada kuasa maksima*
- (v) *tekanan berkesan min brek (bmep) pada tork maksima*

*Nilai kalori bahanapi ialah 44 MJ/kg, dan suhu persekitaran ialah 17°C dan tekanan persekitaran ialah 1.02 bar.*

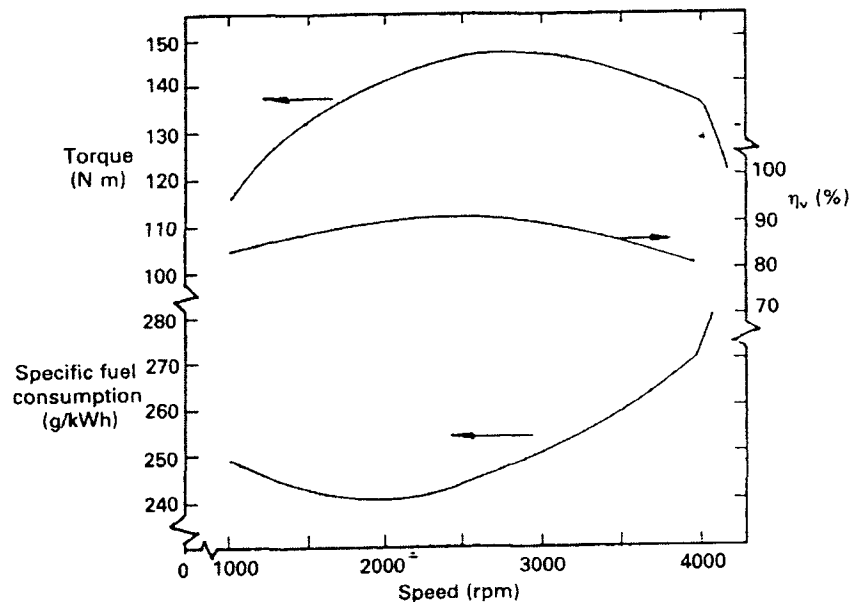


Figure Q5[b]  
Rajah S5[b]

(70 marks/markah)

- Q6. [a] Explain the combustion stage during the normal combustion in a compression ignition engine.

*Terangkan peringkat pembakaran semasa proses pembakaran normal bagi enjin mampatan bunga api.*

(25 marks/markah)

- [b] A three-liter V6 four-stroke spark ignition engine has a compression ratio of 9.0. During a test run at 3700 rev/min, the brake torque reading from a dynamometer is 200 Nm. At this speed, air enters the cylinders at 101 kPa and 30°C. The air-fuel ratio measured is 14.5:1 and the mechanical efficiency of the engine is 92%. The engine cylinder bore is the same as the stroke length. Gas constant  $R$  for air is 0.287 kJ/kgK and fuel calorific value is 44 MJ/kg. Calculate the

- (i) cylinder bore and stroke length
- (ii) mean piston speed
- (iii) clearance volume for one cylinder
- (iv) brake power
- (v) indicated power
- (vi) brake mean effective pressure
- (vii) indicated mean effective pressure
- (viii) mass flow rate of fuel into the engine
- (ix) brake thermal efficiency



*Sebuah enjin empat lejang V6 cucuhan bunga api tiga-liter mempunyai nisbah mampatan 9.0. Ketika ujian dijalankan ke atas enjin pada kelajuan 3700 pusingan/minit, bacaan tork brek yang diperolehi dari dinamometer ialah 200 Nm. Pada kelajuan ini, udara memasuki selinder-selinder pada 101 kPa dan 30°C. Nisbah udara-bahanapi yang diukur ialah 14.5:1 dan kecekapan mekanikal ialah 92%. Jara bagi enjin selinder adalah sama dengan lejang. Nilai pemalar gas bagi udara R ialah 0.287 kJ/kgK dan nilai kalori bahanapi ialah 44 MJ/kg. Kirakan*

- (i) jara dan lejang
- (ii) halaju purata ombok
- (iii) isipadu kelegaan bagi satu selinder
- (iv) kuasa brek
- (v) kuasa tertunjuk
- (vi) tekanan berkesan min brek
- (vii) tekanan berkesan min tertunjuk
- (viii) kadar alir jisim bahanapi ke dalam enjin
- (ix) kecekapan terma brek

(75 marks/markah)

- Q7. [a] Define the volumetric efficiency for a compressor in a mass basis and in a volume basis. Write down the equation of volumetric efficiency in terms of the pressure ratio. In the indicated diagram, show the correlation between the volumetric efficiency and pressure ratio for a multi stage compressor.**

*Takrifkan kecekapan isipadu bagi pemampat berasaskan jisim dan isipadu. Tuliskan persamaan bagi kecekapan isipadu bagi pemampat dalam bentuk nisbah tekanan. Di dalam gambarajah tertunjuk, tunjukkan hubungkait antara kecekapan isipadu dan nisbah tekanan bagi pemampat pelbagai peringkat.*

(40 marks/markah)

- [b] A three stage single acting reciprocating compressor has perfect intercooling. The pressure and temperature at the end of the suction stroke in low pressure LP cylinder is 101 kPa and 25°C respectively. The volume flow rate of air is 8.5 m<sup>3</sup>/min measured at free air conditions of 101 kPa and 25°C. The intermediate pressures (LP) are chosen so that the work done is equally divided among the stages. The delivery pressure in the final cylinder is 7 MPa. With the help of the indicated diagram, determine**

- (i) LP and IP delivery pressure
- (ii) ratio of cylinder volumes
- (iii) the indicated power

**Neglect clearance volume and the index of compression is 1.28.**

*Sebuah pemampat salingan tindakan tunggal tiga peringkat mempunyai penyejukantara sempurna. Di akhir lejang sedutan, tekanan di dalam silinder bertekanan rendah (LP) ialah 101 kPa dan suhu ialah 25°C. Kadar alir isipadu udara ialah 8.5 m<sup>3</sup>/min yang diukur pada keadaan udara bebas pada 101 kPa dan 25°C. Tekanan perantaraan (LP) dipilih bagi memastikan kerja yang dilakukan adalah sama pada setiap peringkat. Tekanan penghantaran pada selinder akhir ialah 7 MPa. Dengan bantuan gambarajah tertunjuk, tentukan*

- (i) tekanan penghantaran LP dan IP*
- (ii) nisbah isipadu selinder*
- (iii) kuasa tertunjuk*

*Abaikan isipadu kelegaan dan nilai indeks pemampatan ialah 1.28.*

**(60 marks/markah)**