
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
Academic Session 2007/2008
*Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2007/2008*

October / November 2007
Oktober / November 2007

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 **SEVEN (7)** questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **LAPAN (8)** 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

Ambil: Pemalar gas semesta, $\check{R}_u = 8.3145$ 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.

Take: Universal gas constant, $\check{R}_u = 8.3145$ 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.

- S1. [a] Terangkan, dengan bantuan gambarajah, ciri-ciri utama dan prinsip-prinsip kerja sebuah pemeluwap permukaan bagi sebuah janakuasa stim biasa.

Describe, with the aid of a diagram, the main features and working principles of a surface condenser for a typical steam power plant.

(30 markah)

- [b] Sebuah pengandung gas masakan berisipadu 0.45 m^3 mengandungi campuran gas yang terdiri daripada 1.2 kg oksigen (O_2), 6 kg nitrogen (N_2), 3 kg propana (C_3H_8) dan 4 kg metana (CH_4), pada suhu 15°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.

A cooking gas vessel of volume 0.45 m^3 contains a gas mixture that consists of 1.2 kg of oxygen (O_2), 6 kg of nitrogen (N_2), 3 kg of propane (C_3H_8) and 4 kg of methane (CH_4), at 15°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.*

(50 markah)

- [c] Bincangkan dua contoh aplikasi industri bagi pemeluwap stim. Senaraikan lima pertimbangan utama dalam merencanakan pemeluwap stim bagi sebuah kilang minyak kelapa sawit biasa.

Discuss two examples of industrial application of steam condenser. List five main considerations in designing a steam condenser for a typical palm oil mill.

(20 markah)

- S2. [a] Salah satu daripada analisa penting bagi produk pembakaran ialah mengukur jumlah karbon dioksida, karbon monoksida, sebatian-sebatian sulfur dan nitrogen, hidrokarbon, dan juga wap-wap organik. Namakan satu alat yang berkesan yang boleh digunakan untuk pengukuran tersebut dan terangkan ciri-ciri utama dan prinsip-prinsip kerjanya.

One of the important analysis of a combustion product is to measure the amount of carbon monoxide, carbon dioxide, sulphur and nitrogen compounds, hydrocarbons, and organic vapours. Name one of the most effective apparatus that can be used to do the measurement and describe its main features and working principles.

(30 markah)

- [b] Analisa isipadu bagi bekalan gas boleh terbakar adalah seperti berikut:

H ₂	49.4%
CO	18.0%
CH ₄	20.0%
C ₄ H 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% lemah.

The volumetric analysis of a supply of combustible gas is as follows:

H ₂	49.4%
CO	18.0%
CH ₄	20.0%
C ₄ H ₈	2.0%
O ₂	0.4%
N ₂	6.2%
CO ₂	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% weak.

(50 markah)

- [c] Dandang gas asli industri di sebuah kilang kertas telah beroperasi selama hampir 20 tahun dan kecekapannya telah menunjukkan penurunan sebanyak 20% 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. Sebagai seorang jurutera syarikat, anda ditugaskan untuk menyediakan satu cadangan teknikal bagi keadaan yang disebutkan di atas. Terangkan secara ringkas maklumat-maklumat utama yang anda perlukan bagi menyediakan cadangan tersebut.

An industrial natural gas boiler in a paper mill has been operating for almost 20 years and its efficiency has shown a drop of 20% 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. As an engineer at the company, you are supposed to prepare a technical proposal for the option of the said situation. Briefly describe the main data that you need to obtain in preparing such proposal.

(20 markah)

- S3. [a] Terangkan, dengan bantuan gambarajah-gambarajah, ciri-ciri utama dan prinsip-prinsip kerja bagi dua jenis menara penyejuk.

Describe, with the aid of diagrams, the main features and working principles of the two types of cooling towers.

(30 markah)

- [b] Menara penyejuk loji pendingin bagi sebuah bangunan direkabentuk untuk menyejukan 5.5 liter air sesaat, di mana suhu kemasukan ialah 44°C. Kipas janaan motor mengaruhkan 9 m³/s udara melalui menara tersebut dan kuasa yang diserap ialah 4.75 kW. Udara yang masuk ke dalam menara ialah 18°C dengan kelembapan relatif 60%. Udara yang keluar dari menara adalah tepu dan suhunya ialah 26°C. Dengan mengangap bahawa tekanan pada keseluruhan menara adalah malar pada 1 atmosfera, manakala air ditokok di luar menara, kirakan:

- (i) kadar alir air yang perlu ditokok; dan
- (ii) suhu akhir air yang keluar dari menara.

A cooling tower of a chiller plant for a building is designed to cool 5.5 litres of water per second, the inlet temperature of which is 44°C. The motor-driven fan induces 9 m³/s of air through the tower and the power absorbed is 4.75 kW. The air entering the tower is at 18°C with a relative humidity of 60%. The air leaving the tower is saturated and its temperature is 26°C. Assuming that the pressure throughout the tower is constant at 1 atmosphere, and make-up water is added outside the tower, calculate:

- (i) the mass flow rate of the make-up water required; and
- (ii) the final temperature of the water leaving the tower.

(50 markah)

- [c] Dalam merencanakan sistem pendinginan udara yang berkesan bagi ruang kerja sebuah kilang bersaiz sederhana yang memasang beberapa jenis produk pabrik, apakah kriteria-kriteria yang perlu dipertimbangkan?

In order to design an effective air conditioning system for a medium sized factory floor that mainly assembles various fabric products, what are the criteria that have to be considered?

(20 markah)

- S4. [a] 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.

Describe briefly the Dalton's law regarding the mixture of perfect gases. Give mathematical expressions for the relationship of each constituent's internal energy, enthalpy and entropy as extended by Gibbs-Dalton law.

(30 markah)

- [b] Sebuah dandang stim bersaiz sederhana dijalankan dengan bahanapi gas asli yang mengandungi 96.5% CH₄, 0.5% C₂H₆, dengan jujuk selebihnya tidak boleh terbakar. Nilai kalori kasar bahanapi tersebut ialah 38 700 kJ/m³ pada tekanan 1 atmosfera dan suhu 15°C. Dandang tersebut menggunakan bahanapi pada kadar 2.85 m³/s. Pada suhu air suapan 100°C, kadar pengeluaran stim adalah 31.6 kg/s pada tekanan 60 bar dan suhu 500°C. Stim tersebut menjalankan tarbin yang disambungkan kepada alat penjana elektrik dengan keluaran namaan 25 MW. Berdasarkan nilai kalori bersih bahanapi tersebut, kirakan:

- (i) kecekapan dandang; dan
(ii) kecekapan haba keseluruhan.

A medium sized steam boiler runs on natural gas fuel that consists of 96.5% CH₄, 0.5% C₂H₆, with the rest of constituents incombustible. The gross calorific value of the fuel is 38 700 kJ/m³ at 1 atmosphere and 15°C. The boiler consumes fuel at the rate of 2.85 m³/s. At a feedwater temperature of 100°C, the steam production rate is 31.6 kg/s at a pressure of 60 bar and temperature of 500°C. The steam runs the turbine that is connected to a generator with nominal output of 25 MW. Based on the net calorific value of the fuel, calculate:

- (i) the boiler efficiency; and
(ii) the overall thermal efficiency.

(40 markah)

- [c] 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.

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.

(30 markah)

BAHAGIAN B

- S5. [a] Lukiskan gambarajah pemasaan bagi enjin cucuhan bunga api dua-lejang.

Draw a timing diagram for two-stroke spark ignition engine.

(20 markah)

- [b] Dengan bantuan gambarajah p-V, terbitkan ungkapan kecekapan bagi kitar Otto di dalam bentuk nisbah mampatan dan haba tentu.

With the help of a p-V diagram, derive the expression of an efficiency of the Otto cycle in the form of compression ratio and ratio of specific heats.

(30 markah)

- [c] Sebuah enjin diesel lapan selinder dengan jara 229 mm, lejang 304 mm menghasilkan 375 kW pada 750 pusingan per minit. Kecekapan mekanikal ialah 90%. Jika tekanan berkesan min tertunjuk bagi gelung mengepam ialah 0.345 bar, kirakan tekanan berkesan min tertunjuk bagi gelung kerja.

An eight cylinder four-stroke diesel engine of 229 mm bore, 304 mm stroke has an output of 375 kW at 750 rev/min. The mechanical efficiency is 90%. If the indicated mean effective pressure for the pumping loop is 0.345 bar, calculate the indicated mean effective pressure for the working loop.

(50 markah)

- S6. [a] Terangkan peringkat pengabusan dan pencampuran semasa proses pembakaran bagi enjin mampatan bunga api.

Describe the atomization and mixing stage during the combustion process of compression ignition engine.

(30 markah)

- [b] Data-data berikut merujuk kepada enjin cucuhan bunga api empat-lejang empat selinder:

The following data refer to a four cylinder four-stroke spark ignition engine:

Halaju enjin	
<i>Engine speed</i>	: 40 rev/s
Kuasa brek	
<i>Brake power</i>	: 40kW
Nisbah mampatan	
<i>Compression ratio</i>	: 10:1
Nilai kalori bahanapi	
<i>Calorific value of fuel</i>	: 44 MJ/kg
Kecekapan terma tertunjuk	
<i>Indicated thermal efficiency, η_{ith}</i>	: 50% of air standard Otto cycle
Kecekapan mekanikal	
<i>Mechanical efficiency, η_m</i>	: 90%
Kecekapan isipadu	
<i>Volumetric efficiency, η_v</i>	: 92%
Nisbah kapasiti haba tentu	
<i>Specific heat capacity ratio</i>	: 1.4
Nisbah udara-bahanapi	
<i>Air-fuel ratio</i>	: 15.4:1
Keadaan udara persekitaran	
<i>Ambient air conditions</i>	: 1 bar and 18°C
(Kecekapan keseluruhan = kecekapan terma tertunjuk x kecekapan mekanik)	
<i>(Overall efficiency = indicated thermal efficiency × mechanical efficiency)</i>	

Kirakan:

Calculate:

- (i) **Penggunaan bahanapi tentu, berdasarkan kecekapan keseluruhan (dalam kg/MJ)**
specific fuel consumption, based on overall efficiency (in kg/MJ)
- (ii) **Isipadu tersapu keseluruhan**
total swept volume
- (iii) **Jara selinder (jara = lejang)**
cylinder bore (bore = stroke)
- (iv) **Tekanan berkesan min brek**
brake mean effective pressure

(70 markah)

- S7. [a] Dengan bantuan gambarajah p-V, T-s dan loji, terbitkan ungkapan bagi kerja minima untuk pemampatan dua peringkat dengan penyejukan-antara.

With the help of p-V, T-s, and plant diagrams, derive the expression for the minimum work of two- stage compression with perfect intercooling.

(40 markah)

- [b] Sebuah pemampat empat peringkat beroperasi di antara tekanan 1 bar dan 112 bar. Indeks mampatan pada setiap peringkat ialah 1.28, suhu pada permulaan mampatan ialah 32°C, dan tekanan perantaraan dipilih supaya kerja dilakukan adalah sama pada setiap peringkat. Dengan mengabaikan kelegaaan, kirakan

- (i) suhu penghantaran dari setiap peringkat
- (ii) isipadu udara bebas yang dihantar per kilowatt-jam pada 1.013 bar dan 15°C
- (iii) kecekapan isoterma

A four-stage compressor operates between limits of 1 bar and 112 bar. The index of compression in each stage is 1.28, the temperature at the start of compression in each stage is 32°C, and the intermediate pressures are chosen so that the work is divided equally among the stages. Neglecting clearance, calculate

- (i) *the temperature at delivery from each stage*
- (ii) *the volume of free air delivered per kilowatt-hour at 1.013 bar and 15°C*
- (iii) *the isothermal efficiency*

(60 markah)