

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
2016/2017 Academic Session

December 2016 / January 2017

**EKC 214 – Energy Balance**  
**[*Imbangan Tenaga*]**

Duration : 3 hours  
[*Masa : 3 jam*]

---

Please check that this examination paper consists of SEVEN pages of printed material and TWO pages of Appendix before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TUJUH muka surat yang bercetak dan DUA muka surat Lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

**Instruction:** Answer **ALL** (4) questions.

**Arahan:** Jawab **SEMUA** (4) soalan.]

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.]*

Write your index number in the space provided on the question paper to be attached to answer sheet.

*[Tulis nombor angka giliran dalam ruangan yang disediakan pada kertas soalan peperiksaan untuk dikepilkan bersama kertas jawapan.]*

Answer ALL questions.

1. [a] Explain the difference between heat and internal energy. [2 marks]
- [b] What is a waste heat recovery unit? Give one example. [2 marks]
- [c] Steam enters a turbine at a rate of 200 kg/min,  $350^{\circ}\text{C}$  and 40 bar through a 7.5 cm internal diameter (ID) pipe and exits at  $75^{\circ}\text{C}$  and 5 bar through a 5 cm ID pipe. Assume that the change in potential energy is neglected. Using steam table,
- [i] How much energy is transferred to or from the turbine (kW)? [10 marks]
- [ii] What is the quality of the steam if it exits from the turbine at  $160^{\circ}\text{C}$  and 5 bar? [2 marks]
- [d] It is desired to pump water from the bottom of a 50 m deep well at the rate of 1 L/s into an atmospheric storage tank that is 10 m above the ground. In order to keep the water warm, a heater supplies 52 kW into the water during its transfer from the well to the storage tank. Heat is lost from the whole system at a constant rate of 21 kW. The net pump work on the fluid is 0.825 kW. Assume the change in kinetic energy to be negligible and both the well and storage tank are at atmospheric pressure. The water density is 1 kg/L.
- [i] Draw and label a block diagram for the process. [2 marks]
- [ii] Apply the mechanical energy balance equation to determine the change in internal energies between the storage tank and the bottom of the well (kW). [7 marks]
2. [a] Define latent heat and sensible heat, and compare their relative magnitudes. [3 marks]
- [b] It is required in one process to dilute 60 wt% sodium hydroxide (NaOH) solution at  $100^{\circ}\text{C}$  to 10 wt% strength by adding water at  $35^{\circ}\text{C}$ .
- [i] Use the enthalpy-concentration diagram for NaOH- $\text{H}_2\text{O}$  system to find the resultant temperature of the 10 wt% NaOH solution if the process is carried out adiabatically. [6 marks]
- [ii] Determine the heat to be removed to cool down the above 10 wt% NaOH solution in part [i] to  $25^{\circ}\text{C}$ . [6 marks]

Jawab SEMUA soalan.

1. [a] Terangkan perbezaan antara haba dan tenaga dalam. [2 markah]
- [b] Apakah unit perolehan haba sisa? Berikan satu contoh. [2 markah]
- [c] Stim memasuki turbin pada kadar 200 kg/min, 350°C dan 40 bar melalui sebatang paip berdiameter dalam (ID) 7.5 sm dan keluar pada 75°C dan 5 bar melalui sebatang paip ID 5 sm. Anggap perubahan dalam tenaga keupayaan boleh diabaikan. Menggunakan jadual stim,
- [i] Berapa banyakkah tenaga dipindahkan dari atau ke turbin (kW)? [10 markah]
- [ii] Apakah kualiti stim jika ia keluar dari turbin pada 160°C dan 5 bar? [2 markah]
- [d] Air perlu dipam dari dasar telaga 50 m pada kadar 1 L/s ke dalam tangki simpanan atmosfera yang berada pada 10 m di atas aras bumi. Bagi mengekalkan kepanasan air, pemanas membekalkan 52 kW air ketika pemindahan dari telaga ke tangki simpanan. Haba hilang dari sistem keseluruhan pada kadar malar 21 kW. Kerja bersih pam adalah 0.825 kW. Anggapkan perubahan pada tenaga kinetik boleh diabaikan dan kedua-dua telaga dan tangki simpanan adalah pada tekanan atmosfera. Ketumpatan air adalah 1 kg/L.
- [i] Lukis dan labelkan gambarajah blok bagi proses tersebut. [2 markah]
- [ii] Gunakan persamaan keseimbangan tenaga mekanik untuk menentukan perubahan tenaga dalam antara tangki simpanan dan dasar telaga (kW). [7 markah]
2. [a] Takrifkan haba pendam dan haba deria, dan bandingkan magnitud relatif masing-masing. [3 markah]
- [b] Suatu proses diperlukan untuk mencairkan larutan Natrium hidroksida (NaOH) 60 %berat pada 100°C ke 10 %berat dengan menambahkan air pada 35°C.
- [i] Guna gambarajah entalpi-kepekatan bagi sistem NaOH-H<sub>2</sub>O untuk mencari suhu hasilan bagi larutan NaOH 10 %berat jika proses tersebut dilakukan secara adiabatik. [6 markah]
- [ii] Tentukan haba yang perlu disingkirkan untuk menyejukkan larutan NaOH 10 %berat seperti mana dalam bahagian [i] di atas pada 25°C. [6 markah]

[c] Air and water enter a forced-draft cooling tower at 29.5°C and 39°C and leave at 32°C and 31.5°C, respectively. The wet-bulb temperature of the entering air is 25°C. Assuming the air leaving the tower is saturated. Using the Psychrometric chart, calculate

[i] the humidity of the entering air (kg water/kg dry air).

[4 marks]

[ii] the amount of water (kg) removed in the tower per kg of air entering the tower. State any assumptions.

[6 marks]

3. [a] SO<sub>2</sub> emission from power plant is the primary source of acid rain. Considering two fuels listed in the Table Q.3.[a], determine which fuel would be preferred to provide 10<sup>6</sup> Btu of thermal energy from combustion while minimizing the SO<sub>2</sub> emission.

Table Q.3.[a]

	Fuel A	Fuel B
Density (lb/gal)	60.2	58.7
Lower heating value (Btu/gal)	155,000	120,000
Carbon (wt %)	87.2	87.3
Hydrogen (wt %)	10.5	12.6
Sulfur (wt %)	0.72	0.62
Ash (wt %)	0.04	<0.01

[6 marks]

[b] Synthesis gas with composition of 5.4 mol% CO<sub>2</sub>, 0.3 mol% O<sub>2</sub>, 42 mol% CO, 49.8% mol H<sub>2</sub> and the balance N<sub>2</sub> is burned at 500°C at constant pressure with 35% excess air feed at 25°C, to produce flue gas at 750°C.

[i] Determine the composition of the flue gas in mol%.

[6 marks]

[ii] Calculate the heat transfer to or from the combustion process.

[10 marks]

[iii] If the reaction in this process is incomplete, what is the effect on the value of the standard heat of reaction?

[3 marks]

[c] Udara dan air memasuki menara penyejuk alir bebas paksa pada  $29.5^{\circ}\text{C}$  dan  $39^{\circ}\text{C}$  dan meninggalkannya masing-masing pada  $32^{\circ}\text{C}$  dan  $31.5^{\circ}\text{C}$ . Suhu bebuli-basah bagi udara masuk adalah  $25^{\circ}\text{C}$ . Anggapkan udara yang meninggalkan menara adalah tepu. Menggunakan carta psikrometrik, kirakan

[i] kelembapan udara masuk (kg air/kg udara kering) [4 markah]

[ii] jumlah air (kg) yang disingkirkan dalam menara per kg udara masuk ke dalam menara. Nyatakan andaian-andaianya. [6 markah]

3. [a] Pelepasan  $\text{SO}_2$  dari loji kuasa adalah sumber utama hujan asid. Memandangkan dua bahan api yang tersenarai dalam Jadual S.3.[a], tentukan bahan api yang dapat membekalkan  $10^6$  Btu tenaga haba daripada pembakaran dengan pelepasan  $\text{SO}_2$  yang paling kurang.

Jadual S.3.[a]

	Bahan Api A	Bahan Api B
Ketumpatan (lb/gal)	60.2	58.7
Nilai pemanasan rendah (Btu/gal)	155,000	120,000
Karbon (%berat)	87.2	87.3
Hidrogen (%berat)	10.5	12.6
Sulfur(%berat)	0.72	0.62
Debu (%berat)	0.04	<0.01

[6 markah]

[b] Gas sintesis dengan komposisi 5.4 %mol  $\text{CO}_2$ , 0.3 %mol  $\text{O}_2$ , 42 %mol  $\text{CO}$ , 49.8 %mol  $\text{H}_2$  dan bakinya  $\text{N}_2$  telah dibakarkan pada suhu  $500^{\circ}\text{C}$  dan tekanan malar dengan 35% lebih udara disuapkan pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$ , untuk menghasilkan gas serombong pada  $750^{\circ}\text{C}$ .

[i] Tentukan komposisi gas serombong dalam %mol. [6 markah]

[ii] Kirakan haba dipindahkan kepada atau daripada proses pembakaran. [10 markah]

[iii] Sekiranya tindak balas dalam proses tersebut adalah tidak lengkap, apakah akan terjadi pada nilai haba tindak balas piawai? [3 markah]

4. [a] Calculate the heat of reaction at standard condition ( $25^{\circ}\text{C}$ , 1 atm) for 1 mol of  $\text{H}_2(\text{g})$  using the heat of combustion data, and then calculate the  $\Delta H_{\text{rxn}}$  for  $\text{H}_2(\text{g})$  at  $0^{\circ}\text{C}$  and 1 atm.

[8 marks]

- [b] Limestone ( $\text{CaCO}_3$ ) is converted to calcium oxide ( $\text{CaO}$ ) in a continuous vertical kiln operated at 1 atm, as illustrated in Figure Q.4.[b]. The energy to decompose the limestone is supplied by the combustion of methane gas ( $\text{CH}_4$ ) using 50% excess air. The  $\text{CaCO}_3$  enters the process at  $25^{\circ}\text{C}$  and  $\text{CaO}$  exists at  $900^{\circ}\text{C}$ . The  $\text{CH}_4$  and air enter at  $25^{\circ}\text{C}$  and product gases exit at  $500^{\circ}\text{C}$ . Calculate the amount of  $\text{CaCO}_3$  (mol) that can be processed per 100 mol  $\text{CH}_4$ . Assume:  $Q = 0$  for a well-insulated kiln and the heat capacities of  $\text{CaO}$  is  $0.0621 \text{ kJ/mol}\cdot^{\circ}\text{C}$

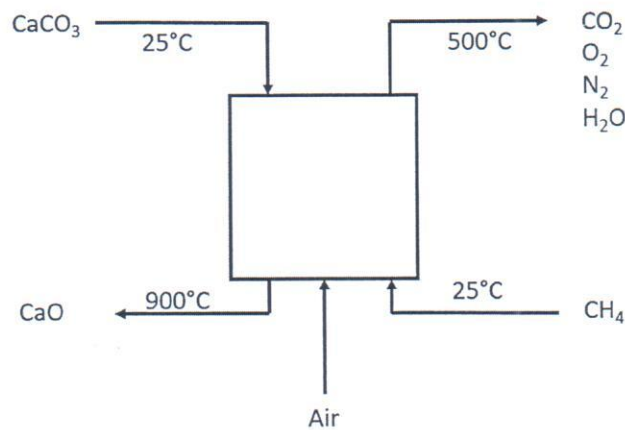


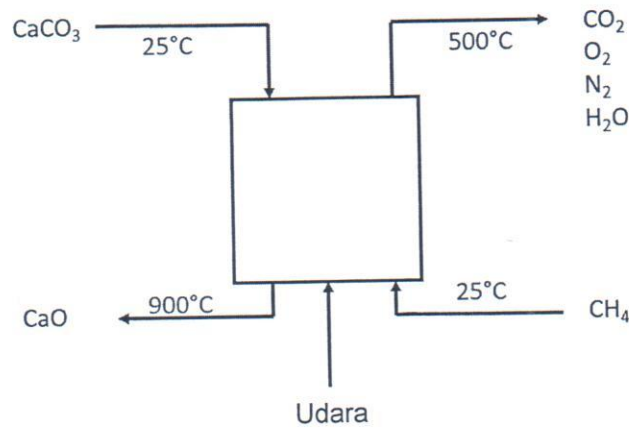
Figure Q.4.[b]

[17 marks]

4. [a] Kirakan haba tindak balas pada keadaan piawai ( $25^{\circ}\text{C}$ ,  $1\text{ atm}$ ) untuk  $1\text{ mol H}_2(\text{g})$  dengan menggunakan data haba pembakaran, dan kemudian, kirakan  $\Delta H_{\text{rxn}}$  untuk  $\text{H}_2(\text{g})$  pada  $0^{\circ}\text{C}$  dan tekanan  $1\text{ atm}$ .

[8 markah]

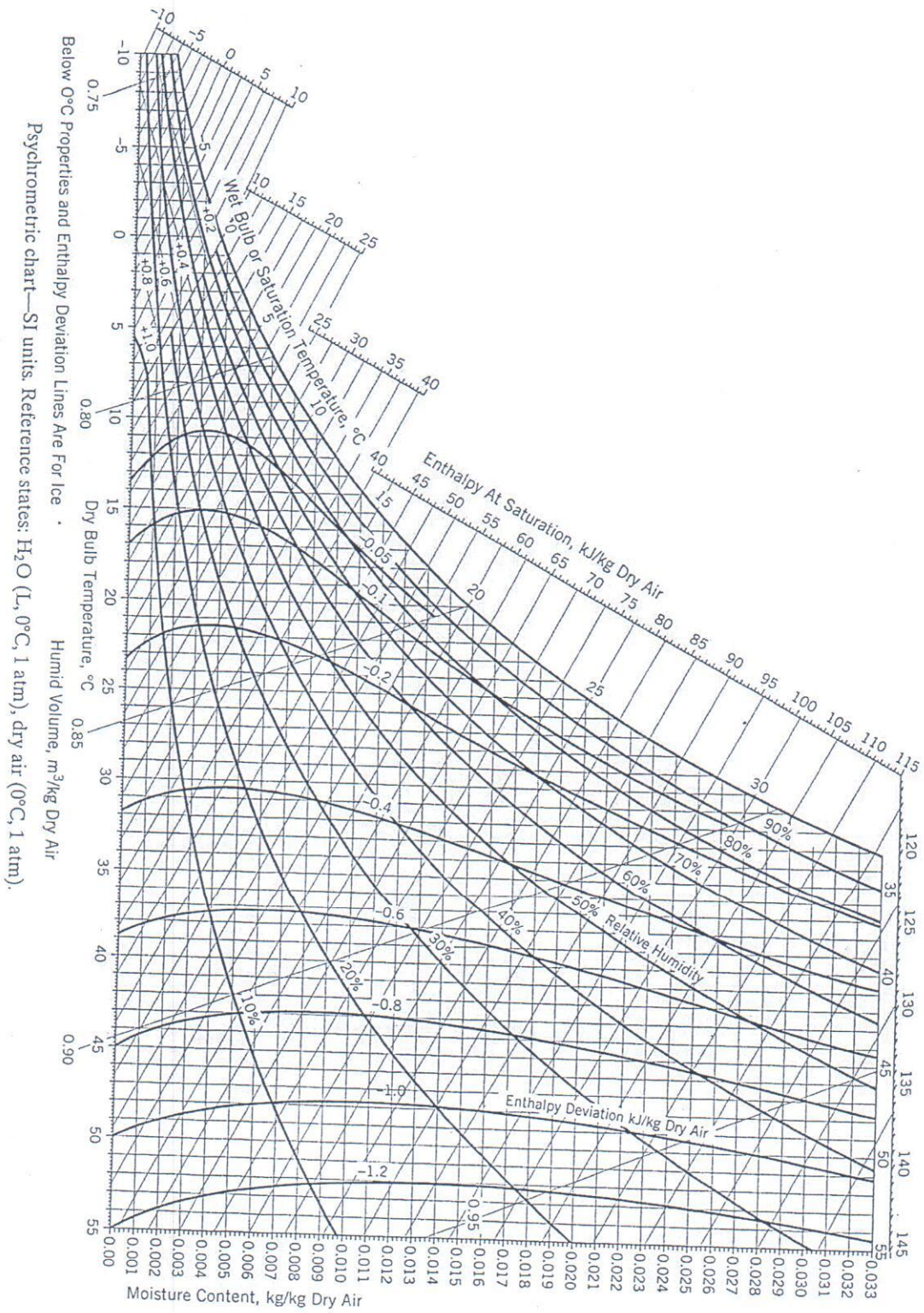
- [b] Batu kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) ditukar kepada kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) dalam relau menegak berterusan yang beroperasi pada  $1\text{ atm}$ , seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S.4.[b]. Tenaga penguraian batu kapur dibekalkan oleh pembakaran gas metana ( $\text{CH}_4$ ) dengan 50% udara lebihan.  $\text{CaCO}_3$  memasuki proses pada  $25^{\circ}\text{C}$  dan  $\text{CaO}$  keluar pada  $900^{\circ}\text{C}$ .  $\text{CH}_4$  dan udara masuk pada  $25^{\circ}\text{C}$  dan gas produk keluar pada suhu  $500^{\circ}\text{C}$ . Kirakan jumlah  $\text{CaCO}_3$  (mol) yang akan diproses untuk setiap pembakaran  $100\text{ mol CH}_4$ . Andaikan:  $Q = 0$  untuk relau yang berpenebat dan kapasiti haba  $\text{CaO}$  adalah  $0.0621\text{ kJ/mol}\cdot^{\circ}\text{C}$ .



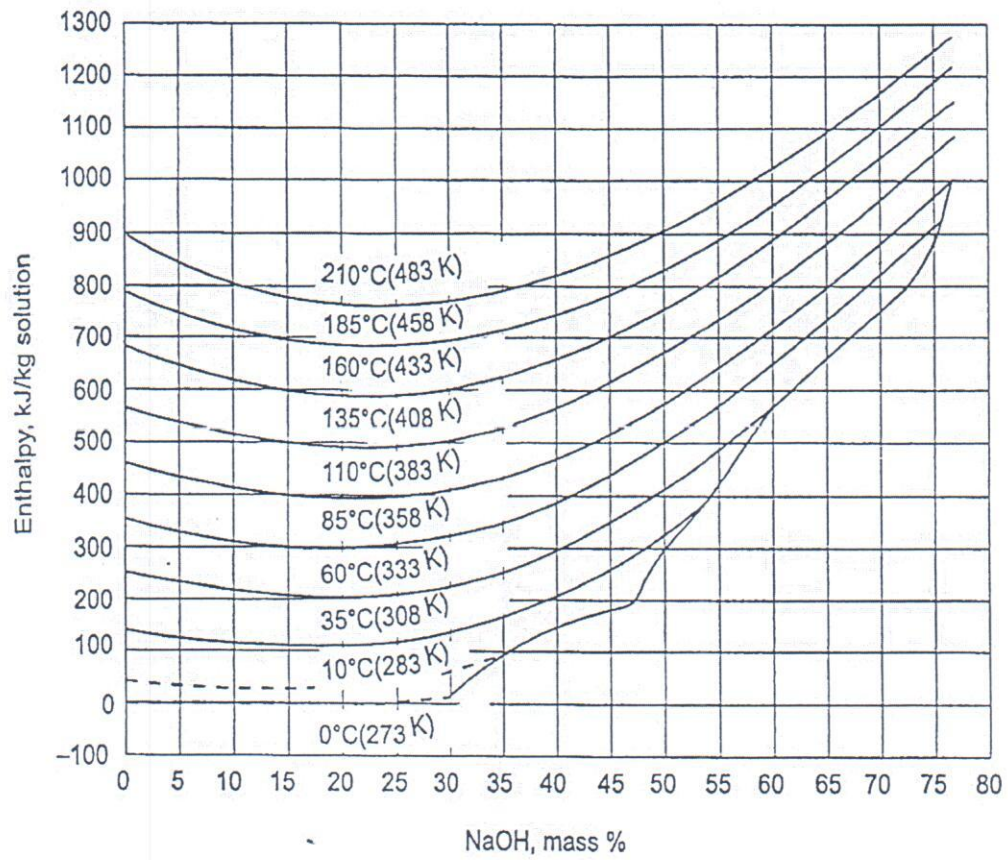
Rajah S.4.[b]

[17 markah]

Appendix





Enthalpy-Concentration Diagram for NaOH-H<sub>2</sub>O System