

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
Academic Session 2008/2009

April/May 2009

**EKC 111 – Mass Balance**  
**[Imbangan Jisim]**

Duration : 3 hours  
[Masa : 3 jam]

---

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

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

**Instructions:** Answer **SEVEN** (7) questions. Answer **ALL** (4) questions from Section A. Answer **THREE** (3) questions from Section B.

**[Arahan:** Jawab **TUJUH** (7) soalan. Jawab **SEMUA** (4) soalan dari Bahagian A. Jawab **TIGA** (3) soalan dari Bahagian B.]

You may answer the question either in Bahasa Malaysia or in English.

*[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]*

Section A : Answer ALL questions.

Section A : Answer ALL questions.

1. n-Pentane is burned with excess air in a continuous combustion chamber. A technician runs an analysis and reports that the product gas contains 0.270 mole % pentane, 5.3% oxygen, 9.1% carbon dioxide and the balance nitrogen on a dry basis. Assume 100 mol of dry product gas as the basis of calculation, draw and label a flow chart, perform a degree of freedom analysis based on atomic species balances.

1. *n-Pentana dibakar dalam relau pembakaran secara berterusan dengan udara berlebihan. Seorang juruteknik telah melakukan analisa dan beliau melaporkan bahawa produk gas tersebut mengandungi 0.270 mol % pentana, 5.3% oxygen, 9.1% karbon dioksida dan selebihnya adalah nitrogen dalam keadaan kering. Anggapkan 100 mol produk gas kering sebagai asas pengiraan, lukis dan labelkan carta aliran, lakukan analisa darjah kebebasan berdasarkan keseimbangan spesis atom.*

[10 marks/markah]

2. [a] The product gas from a solid fuel combustion reaction has the following dry-basis molar composition: 72% CO<sub>2</sub>, 2.57% CO, 0.0592% SO<sub>2</sub> and 25.4% O<sub>2</sub>. Pure oxygen is fed to the furnace in 20% excess of that required to burn the fuel completely. There is no oxygen in the fuel. Show that the problem can be solved.

2. [a] *Produk gas dari tindakbalas pembakaran bahanapi pepejal mengandungi asas kering komposisi molar: 72% CO<sub>2</sub>, 2.57% CO, 0.0592% SO<sub>2</sub> dan 25.4% O<sub>2</sub>. Oksigen tulen disuapkan ke relau tersebut pada kadar 20% lebih dari keperluan pembakaran lengkap bahanapi. Tiada oksigen dalam bahanapi tersebut. Tunjukkan bahawa masalah ini boleh diselesaikan.*

[5 marks/markah]

- [b] Ethylene oxide is produced by the reaction of ethylene with oxygen. The feed to the reaction contains 5 mole ethylene, 3 mole oxygen and 2 mole ethylene oxide. Draw and label the process flow sheet. Write the material balance equations as a function of the extent of reaction.

- [b] *Etilena oksida dihasilkan dengan tindakbalas antara etilena dan oksigen. Suapan tindakbalas tersebut mengandungi 5 mol etilena, 3 mol oksigen dan 2 mol etilena oksida. Lukis dan labelkan carta aliran proses ini. Tuliskan persamaan keseimbangan bahan sebagai fungsi had tindakbalas.*

[5 marks/markah]

3. [a] Air (assumed to contain 79 mol % nitrogen and 21 mol % oxygen) is separated into two product streams. The separator operates at steady state. One product stream is 98 mol % oxygen and it contains 80% of the oxygen in the air fed to the column. The other product stream is mostly nitrogen. Calculate the quantity of air required (tons/day) to produce 1 ton/yr of the oxygen product. Draw a process flow diagram corresponding to this description and correctly label all streams. Calculate the mol % nitrogen in the second product stream.

...3/-

3. [a] Udara (andaikan udara mengandungi 79 mol % nitrogen dan 21 mol % oksigen) dipisahkan kepada dua aliran produk. Turus pemisah beroperasi pada keadaan mantap. Satu aliran produk ialah 98 mol % oksigen dan ia mengandungi 80% oksigen dari udara yang disuapkan ke dalam turus. Aliran produk yang satu lagi sebahagian besarnya mengandungi nitrogen. Kirakan jumlah udara (tan/hari) yang diperlukan untuk menghasilkan 1 tan/tahun produk oksigen tersebut. Lakarkan rajah aliran proses yang berkaitan dengan diskripsi ini dan label kesemua aliran dengan betul. Kirakan mol % nitrogen di dalam aliran produk yang kedua.
- [6 marks/markah]
- [b] Oxygen at 100°C and 75 psia flows through a pipe at 115 lb/min. Calculate the molar flow rate (kmol/min) and the volumetric flow rate (m<sup>3</sup>/min) at both the actual temperature and pressure and at STP.
- [b] Oksigen pada 100°C dan 75 psia mengalir melalui sebatang paip pada kelajuan 115 lb/min. Kirakan kadar aliran molar (kmol/min) dan kadar aliran isipadu (m<sup>3</sup>/min) pada kedua-dua keadaan iaitu suhu dan tekanan sebenar serta pada keadaan STP.
- [4 marks/markah]
4. The solubility of manganous sulfate (MnSO<sub>4</sub>) at 20°C is 62.9 g/100 g H<sub>2</sub>O. How much MnSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O must be dissolved in 100 kg of water to give a saturated solution at 20°C.
4. Kebolehlarutan mangan sulfat (MnSO<sub>4</sub>) pada 20°C ialah 62.9 g/100 g H<sub>2</sub>O. Berapakah MnSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O yang perlu dilarutkan dalam 100 kg air untuk memberikan suatu larutan tepu pada 20°C.

[10 marks/markah]

**Section B** : Answer any **THREE** questions.

**Bahagian B** : Jawab mana-mana **TIGA** soalan.

5. [a] As part of the process of producing sugar crystals from sugar cane, raw sugar cane juices is sent to a series of three evaporators to remove water. The sugar cane juice, which is 85 wt % water, is fed to the first evaporator at 10,000 lb/h. Equal amounts of water are removed in each evaporator. The concentrated juice out of the last evaporator is 40 wt % water.
- [i] Draw the process flow diagram and label each stream.
- [ii] Calculate the flow rate of the concentrated juice out of the last evaporator in kg/h.
- [iii] Calculate the amount of water removed in each evaporator.
- [iv] Calculate the concentration of water in the juice fed to the second evaporator.

...4/-

5. [a] *Sebagai sebahagian daripada proses menghasilkan hablur-hablur gula daripada tebu, jus tebu mentah diproses melalui 3 siri penyejat untuk menyingkirkan air. Jus tebu tersebut yang mengandungi 85 berat % air disuapkan ke dalam penyejat pertama pada kadar 10,000 lb/jam. Jumlah air yang sama disingkirkan di setiap penyejat-penyejat tersebut. Jus pekat yang keluar daripada penyejat terakhir mengandungi 40 berat % air.*

[i] *Lukiskan rajah aliran proses dan label setiap aliran.*

[ii] *Kirakan kadar aliran jus pekat tersebut yang keluar daripada penyejat terakhir di dalam unit kg/jam.*

[iii] *Kirakan jumlah air yang disingkirkan disetiap penyejat.*

[iv] *Kirakan kepekatan air di dalam jus yang disuapkan ke dalam penyejat kedua.*

[14 marks/markah]

- [b] *To make cherry jam, cherries (18 wt % solids, 82 wt % water) are mixed with sugar at a 1:2 (lb/lb) cherry: sugar ratio. Then the mixture is fed to an evaporator, where two-thirds of the water is boiled off.*

[i] *What is the jam production rate if 10 lb/h cherries are fed to the process?*

[ii] *What feed rate of cherries (kg/h) is required to produce 20 kg jam/h?*

- [b] *Untuk menghasilkan jem ceri, ceri-ceri (18 berat % pepejal, 82 berat % air) dicampurkan dengan gula pada nisbah 1:2 (lb/lb) ceri: gula. Kemudian campuran tersebut disuap kepada penyejat di mana dua per tiga kandungan air dididih.*

[i] *Apakah kadar pengeluaran jem sekiranya 10 lb/jam ceri disuapkan kepada proses?*

[ii] *Apakah kadar suapan ceri (kg/jam) yang diperlukan untuk menghasilkan 20 kg jem/jam?*

[6 marks/markah]

6. *Consider the coal combustion process as shown in Figure Q.6. Calculate the flow rate of all streams and their compositions. Assuming all the coal is consumed, note that the given feed composition is in mass fraction, calculate the following.*

[a] *Percent excess air*

[b] *Ratio of water vapour and dry gas*

[c] *Selectivity of CO<sub>2</sub> relative to CO*

[d] *If only 900 ppm of SO<sub>2</sub> is allowed in the dry gas, find the ratio of kilogram SO<sub>2</sub> removed per kilogram of coal fed to the furnace.*

*Set 100 mol/min dry gas product as the basis. Use atomic species balance to solve this problem.*

6. Fikirkan proses pembakaran arang batu seperti yang ditunjukkan dalam Rajah S.6. Kirakan kadar aliran semua arus dan komposisi masing-masing. Dengan anggapan kesemua arang batu digunakan, dan komposisi suapan yang diberikan dalam pecahan jisim, kirakan.

- [a] Peratusan lebih udara
- [b] Nisbah wap air dan gas kering
- [c] Kepemilihan CO<sub>2</sub> secara relatif ke CO
- [d] Jika 900 ppm SO<sub>2</sub> yang dibenarkan dalam gas kering, carikan nisbah pada unit kilogram SO<sub>2</sub> yang dialihkan bagi setiap kilogram arang batu yang disuapkan ke relau.

Jadikan 100 mol/min produk gas kering sebagai asas. Gunakan keseimbangan spesis atom untuk menyelesaikan permasalahan ini.

[20 marks/markah]

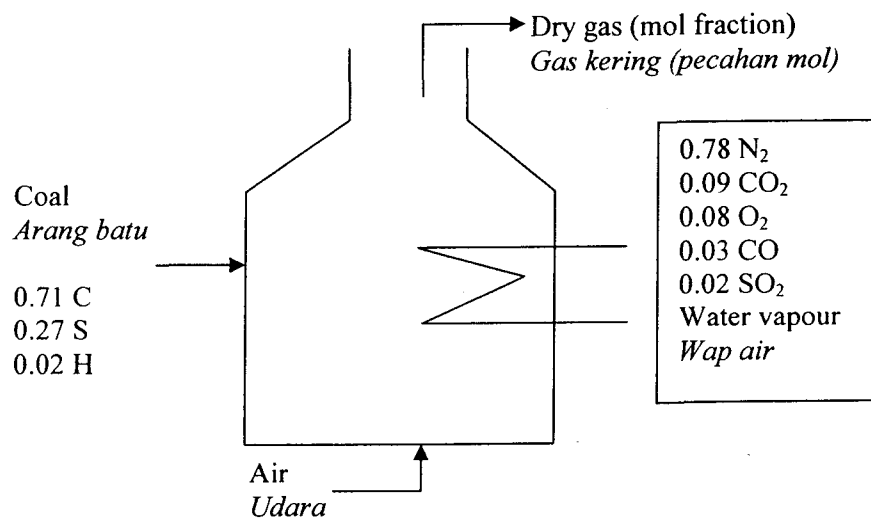
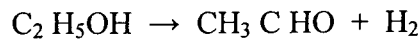


Figure Q.6.  
Rajah S.6.

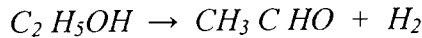
7. Acetaldehyde is synthesised by the catalytic dehydrogenation of ethanol



Fresh feed (pure ethanol) is blended with a recycle stream (95 mol % ethanol and 5% acetaldehyde), and the combined stream is heated and vaporised, entering the reactor at 250°C. Gases leaving the reactor are cooled to -40°C to condense the acetaldehyde and unreacted ethanol. Off-gas from the condenser is sent to a scrubber, where the uncondensed organic compounds are removed and hydrogen is recovered as a byproduct. The condensate from the condenser, which is 45 mole % ethanol, is sent to a distillation column that produces a distillate containing 97 mole % acetaldehyde and a bottom product that constitutes the recycle blended with fresh feed to the process. The production rate of the distillate is 1000 kg/h. The pressure throughout the process may be taken as 1 atm absolute.

- [a] Figure Q.7.[a] shows a part of the process. Please complete the schematic diagram, including the existing diagram.

7. Asetildehyd disintesisikan dengan penyahhidrogenan etanol bermangkin



Suapan baru (etanol tulen) diadukkan dengan aliran kitar semula (95 mol % etanol dan 5% acetaldehida), ianya dipanaskan dan diwapkan sebelum memasuki reaktor pada suhu 250°C. Gas-gas yang keluar dari reaktor disejukkan ke -40°C untuk memeluwapkan asetildehyd dan etanol berbaki. Gas lepas dari pemeluwap dihantarkan ke panggahar di mana komponen organik tak termeluwap akan diasingkan dan hidrogen diambil semula sebagai produk sampingan. Hasilan peluwap dari pemeluwap yang mengandungi 45 mol % etanol dihantar ke turus penyulingan. Turus penyulingan menghasilkan sulingan 97 mol % asetildehyd dan produk bawah yang bergabung sebagai aliran kitar semula dengan suapan baru ke proses. Kadar penghasilan sulingan adalah 1000 kg/jam. Tekanan sepanjang proses tersebut boleh diambil pada 1 atm mutlak.

[a] Rajah S. 7.[a] menunjukkan sebahagian dari proses tersebut. Sila lengkapkan gambarajah skema termasuk gambarajah yang sedia ada.

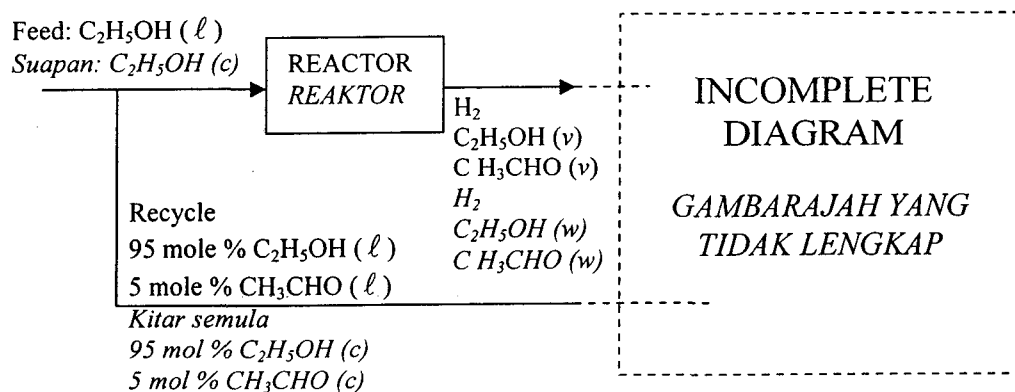


Figure 7.[a]  
 Rajah S.[a]

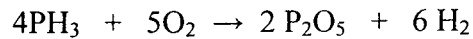
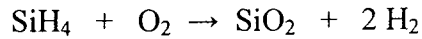
[3 marks/markah]

[b] Calculate the molar flow rates (kmol/h) of the fresh feed, the recycle stream and the hydrogen in the off-gas. Also, determine the volumetric flow rate ( $m^3/h$ ) of the feed to the reactor. (Suggestion : Use Raoult's Law in the analysis of the condenser).

[b] Kirakan kadar aliran molar (kmol/j) bagi setiap suapan baru, aliran kitar semula dan hidrogen dalam gas lepas. Tentukan juga kadar aliran isipadu ( $m^3/j$ ) suapan ke reaktor. (Cadangan: Gunakan Hukum Raoult's dalam analisa untuk pemeluwap).

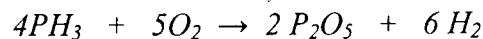
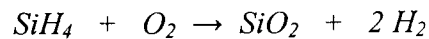
[17 marks/markah]

8. Semiconductor microchip processing often involves chemical vapor deposition (CVD) of thin layers. The materials being deposited needs to have certain desirable properties. For instance, to overlay an aluminum or other bases, a phosphorous pentoxide-doped silican dioxide coating is deposit as passivation (protective) coating by the simultaneous reactions:



Determine the relative masses of  $\text{SiH}_4$  and  $\text{PH}_3$  required to deposite a film of 5% by weight of phosphorus (P) in the protective coating.

8. *Pemprosesan mikrocip semikonduktor seringkali melibatkan pengendapan wap kimia (CVD) lapisan-lapisan nipis. Bahan-bahan yang diendapkan perlu mempunyai sifat-sifat tertentu yang diinginkan. Sebagai contoh, untuk menindan aluminium atau asas-asas yang lain, suatu salutan silikon dioksida fosforus pentoksida terdop diendapkan sebagai salutan pasifan (lindungan) melalui tindakbalas-tindakbalas serentak:*



*Tentukan jisim relatif  $\text{SiH}_4$  dan  $\text{PH}_3$  yang diperlukan untuk mengendap suatu saput 5% mengikut berat fosforus (P) dalam salutan lindungan.*

*[20 marks/markah]*