
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2006/2007

April 2007

EKC 334 – Analisis Reaktor Bermangkin & Operasi

Masa : 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi LAPAN muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Arahan: Jawab **EMPAT** (4) soalan. Jika calon menjawab lebih daripada empat soalan hanya empat soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.

PELAJAR DIBENARKAN MENJAWAB SOALAN SAMA ADA DALAM BAHASA MALAYSIA ATAU BAHASA INGGERIS.

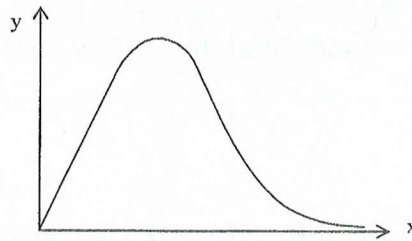
Jawab mana-mana EMPAT soalan.

Answer any FOUR questions.

1. [a] Bincangkan peranan mangkin dalam menggalakkan kadar tindakbalas dari segi aras tenaga, spesis perantaraan dan proses pengerapan kimia.

[10 markah]

- [b] *i*-pentana dihasilkan dari *n*-pentana melalui suatu tindakbalas pengisomeran yang dimangkinkan oleh mangkin alumina tergalak. Reaktor kebezaan telah digunakan untuk menentukan kadar tindakbalas mula (*y*) sebagai fungsi tekanan separa *n*-pentana (*x*) dan plotnya ialah seperti berikut.



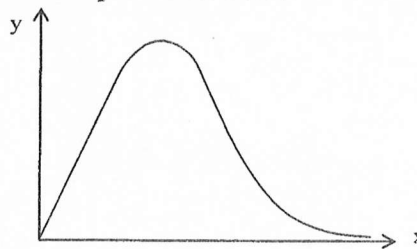
Sekiranya penukaran tersebut diketahui sebagai dikawal oleh tindakbalas permukaan, tentukan samaada mekanisma tapak tunggal atau tapak duaan lebih sesuai bagi penukaran ini.

[15 markah]

1. [a] *Discuss the role of a catalyst in promoting the rate of reaction in terms of energy level, intermediate species and chemisorption process.*

[10 marks]

- [b] *i*-pentane is produced from *n*-pentane through an isomerization reaction catalyzed by a promoted alumina catalyst. A differential reactor is used to determine the initial rate of reaction (*y*) as a function of partial pressure of *n*-pentane (*x*) and the plot is as below.



If the conversion is known to be surface reaction-controlling, determine whether single site or dual site reaction mechanism is more appropriate to this conversion.

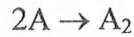
[15 marks]

2. [a] Huraikan kesaling-bergantungan di antara perubahan dalam kepekatan bahan tindakbalas, kadar tindakbalas dan suhu tempatan dalam suatu partikal mangkin yang berliang semasa berlangsungnya tindakbalas kimia.

[10 markah]

...3/-

[b] Tindakbalas pendimeran fasa gas tak berbalik



dijalankan pada 8.2 atm dalam satu reaktor bakul berputar yang disuap dengan A tulen. Terdapat 40 g mangkin di dalam setiap satu dari empat bakul berputar tersebut. Data berikut diperolehi pada 227°C.

Kadar suapan molar keseluruhan, F_{T_0} (gmol/min)	1.0	2.0	4.0	6.0	11.0	20.0
Pecahan mol di titik keluar, y_A	0.21	0.33	0.40	0.57	0.70	0.81

dan data berikut ini diperolehi pada 237°C.

$$F_{T_0} = 9.0 \text{ gmol/min}$$

$$y_A = 0.097.$$

Kirakan:

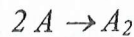
- [i] Tertib tindakbalas ketara
- [ii] Tenaga pengaktifan ketara
- [iii] Tertib tindakbalas sebenar
- [iv] Tenaga pengaktifan sebenar

[15 markah]

2. [a] *Elaborate the interdependences between changes in the reactant's concentration, the rate of reaction and local temperature in a porous catalyst particle during the course of a chemical reaction.*

[10 marks]

[b] *The irreversible gas-phase dimerization*



is carried out at 8.2 atm in a spinning basket reactor to which only pure A is fed. There is 40 g of catalyst is each of the four spinning baskets. The following data were obtained at 227°C.

Total molar feed flow rate, F_{T_0} (gmol/min)	1.0	2.0	4.0	6.0	11.0	20.0
Mole fraction of A in exit, y_A	0.21	0.33	0.40	0.57	0.70	0.81

and the following data were obtained at 237°C.

$$F_{T_0} = 9.0 \text{ gmol/min}$$

$$y_A = 0.097.$$

Calculate:

- [i] *The apparent order of reaction*
- [ii] *The apparent activation energy*
- [iii] *The true order of reaction*
- [iv] *The true activation energy*

[15 marks]

...4/-

3. [a] Bincangkan dengan ringkas ciri-ciri bagi operasi sebuah reaktor lapisan terbendalir.

[6 markah]

- [b] Suatu penukaran di dalam sebuah reaktor lapisan terpadat diberikan seperti di bawah.



Sekiranya reaktor tersebut disuap dengan $850 \text{ m}^3/\text{jam}$ A tulen dan hanya 30 % dari suapan tidak ditukarkan dalam aliran hasil, kirakan jumlah mangkin yang telah dimasukkan ke dalam reaktor tersebut. Diberi: $-r'_A = 6.2 C_A \text{ mol/kg-jam}$.

[7 markah]

- [c] Suatu mangkin $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ disediakan secara impregnasi serbuk $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ dengan larutan akues $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$. Setelah pengeringan, pengkalsinan dan penurunan, mangkin tersebut mengandungi sebanyak 11% berat Ni. Mangkin ini dibentuk menjadi pelet silinder $5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ untuk ujian aktiviti. Berikut merupakan sifat-sifat terpilih mangkin yang diperolehi:

ρ_b (ketumpatan pukal)	1.030 g/sm^3
ρ_s (ketumpatan rangka)	3.801 g/sm^3
$\hat{V}_{\text{liang meso}}$	$0.230 \text{ sm}^3/\text{g}$
$\hat{V}_{\text{lapisan, lompong}}$	$0.385 \text{ sm}^3/\text{g}$

Pelet Al_2O_3 mengandungi liang meso yang asalnya wujud dalam serbuk tersebut, manakala liang makro hadir disebabkan proses pempeletan. Berdasarkan sifat-sifat yang diukur, kirakan sifat-sifat fizikal berikut:

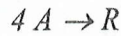
- [i] lapisan atau keliangan pukal
- [ii] ketumpatan pelet
- [iii] isipadu tentu liang
- [iv] keliangan pelet
- [v] isipadu tentu liang makro
- [vi] keliangan makro dan meso

[12 markah]

3. [a] Briefly discuss the characteristics of a fluidized bed reactor operation.

[6 marks]

- [b] A chemical conversion in a packed bed reactor is given as below.



If the reactor is fed with $850 \text{ m}^3/\text{h}$ of pure A and only 30 % of the feed remains unconverted in the product stream, calculate the amount of catalyst that was charged into the reactor. Given: $-r'_A = 6.2 C_A \text{ mol/kg-h}$.

[7 marks]

- [c] A $\text{Ni}/\text{Al}_2\text{O}_3$ catalyst is prepared by impregnation of $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ powder with an aqueous $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ solution. Upon drying, calcinations, and reduction, the catalyst contains about 11 wt% Ni. This catalyst is formed into 5 mm x 5 mm cylindrical pellets for activity testing. The following selected properties of finished catalyst are measured:

ρ_b (bulk density)	1.030 g/cm^3
ρ_s (skeletal density)	3.801 g/cm^3
$\hat{V}_{\text{mesopore}}$	$0.230 \text{ cm}^3/\text{g}$
$\hat{V}_{\text{bed,void}}$	$0.385 \text{ cm}^3/\text{g}$

The Al_2O_3 pellets contain mesopores originally present in the powder and macropores introduced by the pelleting process. From the measured properties calculate the following physical properties:

- [i] bed or bulk porosity
- [ii] pellet density
- [iii] specific pore volume
- [iv] pellet porosity
- [v] specific macropore volume
- [vi] macro and mesoporosity

[12 marks]

4. [a] Partikel sfera UO_3 yang bersaiz sekata diturunkan kepada UO_2 dalam persekitaran yang sama dan keputusan berikut diperolehi:

t, minit	X_B
10.8	0.45
20.82	0.68
27.18	0.80
34.02	0.95
43.98	0.98

Jika tindakbalas tersebut mematuhi Model Pengecutan-Teras (SCM) dengan tindakbalas terkawal, kirakan masa (τ) untuk penukaran lengkap partikel bahan tindakbalas. Berikan komen bagi keputusan tersebut.

[12 markah]

- [b] Bayangkan anda merupakan pengurus yang baru dilantik bagi sebuah kumpulan pemangkinan di sebuah syarikat kimia yang besar. Pihak pentadbiran telah menawarkan untuk memberi RM 3 juta bagi pembelian peralatan baru untuk pencirian mangkin kerana peralatan tersebut belum ada lagi sebelum ini. Tuliskan cadangan ringkas dengan menyenaraikan peralatan, anggaran kos dan justifikasi ringkas untuk pembelian setiap peralatan, sebagai contoh, bagaimana anda hendak menggunakan alat tersebut.

[10 markah]

- [c] Terdapat pelbagai tindakbalas cecair-pepejal yang mempunyai kepentingan yang besar dalam industri. Senaraikan tiga tindakbalas di mana pepejal tidak mengalami perubahan saiz yang ketara semasa tindakbalas.

[3 markah]

4. [a] *Uniform-sized spherical particles UO_3 are reduced to UO_2 in a uniform environment with the following results:*

<i>t, minute</i>	<i>X_B</i>
<i>10.8</i>	<i>0.45</i>
<i>20.82</i>	<i>0.68</i>
<i>27.18</i>	<i>0.80</i>
<i>34.02</i>	<i>0.95</i>
<i>43.98</i>	<i>0.98</i>

If the reaction follows the Shrinking-Core Model (SCM) with reaction controlling, calculate the time (τ) for complete conversion of reactant particles. Please comment on the results.

[12 marks]

...7/-

[b] *Imagine yourself the newly appointed manager of a catalysis group at a large chemical company. Suppose that the management has offered to provide RM 3 million for the purchase of new equipment for catalyst characterization, since you presently have none worth using. Write a short proposal listing the equipment, approximate cost, and a short justification for purchasing each piece of equipment, i.e. how would you put this equipment to use.*

[10 marks]

[c] *Fluid-solid reactions are numerous and of great industrial importance. List three reactions in which the solid does not appreciably change in size during reaction.*

[3 marks]

5. [a] Suatu suapan mengandungi partikel berjejari 50- μm sebanyak 30%, 100- μm sebanyak 40% dan 200- μm sebanyak 30% bertindakbalas dalam reaktor lapisan terbendalir berkeadaan mantap yang dibina menggunakan paip berdiameter dalaman 20-sm dan panjang 2-m. Pembendaliran gas merupakan bahan tindakbalas fasa gas. Jika kinetik tindakbalas adalah penyerapan abu terkawal dengan τ ($R = 100\text{-}\mu\text{m}$) = 10 minit, carikan penukaran pepejal dalam reaktor untuk kadar suapan 1 kg pepejal/min sekiranya lapisan mengandungi 10 kg pepejal. Maklumat tambahan:

[i] Pepejal adalah keras dan saiz serta berat tidak berubah semasa tindakbalas.

[ii] Suatu pemisah siklon digunakan untuk memisah dan memulangkan mana-mana pepejal yang mungkin teriring dengan gas kepada lapisan tersebut.

[iii] Perubahan dalam komposisi fasa gas dalam lapisan adalah kecil.

Berikan komen terhadap keputusan anda.

[13 markah]

[b] Apakah kelebihan dan kekurangan kaedah impregnasi yang digunakan untuk penyediaan mangkin bersokongan? Lakarkan langkah-langkah skema dalam penyediaan mangkin sokongan secara impregnasi kepada peringkat awal kebasahan.

[6 markah]

[c] Dalam tindakbalas pembakaran karbon tulen dalam udara, partikel yang bertindakbalas mengecut semasa tindakbalas dan akhirnya hilang. Senaraikan tiga langkah yang berlaku secara turutan. Lakarkan gambarajah skema bagi profil kepekatan bahan tindakbalas terhadap hasil untuk tindakbalas di antara partikel pepejal mengecut dengan gas tersebut.

[6 markah]

...8/-

5. [a] *A feed consisting of 30% of 50- μm , 40% of 100- μm and 30% of 200- μm -radius particles is to be reacted in a fluidized-bed steady-state flow reactor constructed from a vertical 2-m long and 20-cm inside diameter pipe. The fluidization gas is the gas-phase reactant. If the kinetics of the reaction is ash diffusion controlled with τ ($R = 100\text{-}\mu\text{m}$) = 10 minutes, find the conversion of solids in the reactor for a feed rate of 1 kg solids/min if the bed contains 10 kg solids. Additional information:*

[i] *The solid are hard and unchanged in size and weight during reaction.*

[ii] *A cyclone separator is used to separate and return to the bed any solids that may be entrained by the gas.*

[iii] *The change in gas-phase composition in the bed is small.*

Please comment on your results.

[13 marks]

[b] *What are the advantages and disadvantages of impregnation method used for preparation of supported catalyst? Draw schematic of steps in the preparation of supported catalysts by impregnation to incipient wetness.*

[6 marks]

[c] *In the reaction of burning of pure carbon in air, the reacting particle shrinks during reaction, finally disappearing. List the three steps which occurring in succession and draw a schematic diagram representing concentration of reactant and products profiles for the reaction between a shrinking solid particle and gas.*

[6 marks]