
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua
Sidang Akademik 2004/2005

Mac 2005

EKC 471 – Kejuruteraan Biokimia

Masa : 3 jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEMBILAN** muka surat yang bercetak dan **SATU** muka surat Lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Arahan: Jawab **LAPAN (8)** soalan. Jawab mana-mana **DUA (2)** soalan dari Bahagian A. Jawab mana-mana **LIMA (5)** soalan dari Bahagian B. Jawab mana-mana **SATU (1)** soalan dari Bahagian C.

Pelajar boleh menjawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia. Jika pelajar ingin menjawab dalam Bahasa Inggeris, pelajar hendaklah menjawab sekurang-kurangnya **SATU** soalan dalam Bahasa Malaysia.

Bahagian A : Jawab mana-mana DUA soalan.

Section A : Answer any TWO questions.

1. Kemostat satu-peringkat beroperasi di bawah keadaan berikut :-

$$D = 0.8 \mu_m$$

$$Y_{X/S}^M = 0.5 \text{ g sel/g substrat}$$

$$\mu_m = 1.0 \text{ j}^{-1}$$

$$S_0 = 1000 \text{ mg/l}$$

$$K_S = 10 \text{ mg/l}$$

$$\beta = 0.5 \text{ mg produk/g.sel.jam}$$

$$\alpha = 0.4 \text{ mg produk/g.sel}$$

- [a] Kirakan nilai-nilai yang mungkin bagi kepekatan sel, X.

[15 markah]

- [b] Tentukan nilai pengeluaran (DP).

[10 markah]

Gunakan anggapan-anggapan di bawah untuk kedua-dua bahagian [a] dan [b]:

- [i] Kinetik Monod boleh digunakan di dalam kes ini.
- [ii] Metabolisma endogeneous boleh diabaikan.
- [iii] Tiada biomas yang ditukarkan kepada produk.
- [iv] Keadaan mantap.

Persamaan yang boleh digunakan : $DP = q_p X$

di mana $q_p = \alpha\mu + \beta$ untuk pertumbuhan tercampur bersama pembentukan produk.

1. A single-stage chemostat is operated under the following conditions:

$$D = 0.8 \mu_m$$

$$Y_{X/S}^M = 0.5 \text{ g cell/g substrate}$$

$$\mu_m = 1.0 \text{ h}^{-1}$$

$$S_0 = 1000 \text{ mg/l}$$

$$K_S = 10 \text{ mg/l}$$

$$\beta = 0.5 \text{ mg product/g cell} \cdot \text{h}$$

$$\alpha = 0.4 \text{ mg product /g cell}$$

[a] Calculate the possible values of cell concentration, X .

[15 marks]

[b] Determine the productivity (DP) value.

[10 marks]

Apply the assumptions in both part [a] and [b]:

[i] Monod kinetics is applicable in this case.

[ii] Negligible endogenous metabolism.

[iii] No biomass is converted to product.

[iv] Steady state condition.

Useful equations: $DP = q_p X$

where $q_p = \alpha\mu + \beta$ for mixed growth associated product formation.

2. Di dalam penapai berkelompok, *Zymomonas mobilis* digunakan untuk menukarkan glukosa kepada etanol di bawah keadaan anaerobik. Di dalam kultur berkelompok sebanyak 3 g bacteria disuntik ke dalam 30 L medium yang mengandungi kepekatan glukosa (S_0) sebanyak 10 g L^{-1} . Kadar pertumbuhan tentu yang maksimum (μ_{maksimum}) bagi *Zymomonas Mobilis* adalah sebanyak 0.3 jam^{-1} . Perolehan biomas daripada substrat ($Y_{X/S}$) adalah sebanyak 0.055 g g^{-1} . Perolehan produk daripada biomas ($Y_{P/X}$) adalah sebanyak 7.5 g g^{-1} . Kecekapan penyelenggaraan (m_S) adalah sebanyak $2.0 \text{ g g}^{-1} \text{ jam}^{-1}$. Kadar tentu bagi pembentukan produk disebabkan oleh penyelenggaraan (m_P) adalah sebanyak 1.2 jam^{-1} .

[a] Apakah kepekatan mula biomas (x_0) ?

[5 markah]

Tentukan masa kultur berkelompok yang diperlukan untuk:

[b] menghasilkan 12 g biomas (tidak termasuk kepekatan awal biomas)

[5 markah]

[c] mencapai penukaran substrat sebanyak 85 %

[5 markah]

[d] menghasilkan 95 g etanol. Anggapkan $\mu = \mu_{\text{maks}}$.

[10 markah]

...4/-

Persamaan yang boleh digunakan:

- Kepekatan biomas di dalam kultur berkelompok: $x = x_0 e^{(\mu_{\text{maks}} - k_d)t}$
- Penggunaan substrat apabila pembentukan produk adalah diganding terus kepada metabolisme tenaga:

$$t = \frac{1}{\mu_{\text{maks}}} \ln \left[1 + \frac{S_0 - S_f}{\left(\frac{1}{Y_{X/S}} + \frac{m_S}{\mu_{\text{maks}}} \right) \cdot x_0} \right]$$

- Kepekatan produk di dalam kultur berkelompok:

$$t = \frac{1}{\mu_{\text{maks}}} \ln \left[1 + \frac{\mu_{\text{maks}}}{x_0 \cdot q_P} (P_f - P_0) \right] ; \quad q_P = Y_{PX} \cdot \mu + m_P$$

2. In a batch fermenter, *Zymomonas mobilis* is used to convert glucose to ethanol production under anaerobic conditions. In the batch culture, 3 g bacteria are inoculated into 30 L of medium containing 10 g L⁻¹ glucose concentration (S_0). The maximum specific growth rate (μ_{max}) of *Zymomonas mobilis* is 0.3 h⁻¹. The yield of biomass from substrate ($Y_{X/S}$) is 0.055 g g⁻¹. The yield of product from biomass ($Y_{P/X}$) is 7.5 g g⁻¹. The maintenance coefficient (m_S) is 2.0 g g⁻¹ h⁻¹. The specific rate of product formation due to maintenance (m_P) is 1.2 h⁻¹.

[a] What is the initial biomass concentration (x_0) ?

[5 marks]

Determine the batch culture time required to:

[b] produce 12 g biomass (not inclusive of the initial biomass)

[5 marks]

[c] achieve 85 % substrate conversion

[5 marks]

[d] produce 95 g ethanol. Assume $\mu = \mu_{\text{max}}$.

[10 marks]

...5/-

Useful equations:

- biomass concentration in batch culture: $x = x_0 e^{(\mu_{\max} - k_d)t}$
- substrate consumption when product formation is directly coupled to energy metabolism:

$$t = \frac{1}{\mu_{\max}} \ln \left[1 + \frac{S_0 - S_f}{\left(\frac{1}{Y_{X/S}} + \frac{m_S}{\mu_{\max}} \right) \cdot x_0} \right]$$

- product concentration in batch culture:

$$t = \frac{1}{\mu_{\max}} \ln \left[1 + \frac{\mu_{\max}}{x_0 \cdot q_P} (P_f - P_0) \right] ; q_P = Y_{PX} \cdot \mu + m_P$$

3. Reaktor suapan kelompok beroperasi dengan penambahan terputus-putus larutan glukosa yang mempunyai jumlah permulaan biomas sebanyak 20 g. Reaktor tersebut mempunyai isipadu sebanyak 1 liter dengan masa operasi sebanyak 3 jam. Kepekatan glukosa pada masa operasi tersebut adalah 120 g glukosa/liter. Kadar aliran media segar adalah sebanyak 200 ml/jam. Parameter-parameter lain adalah :-

$$\begin{aligned} \mu_m &= 0.3 \text{ jam}^{-1} \\ K_S &= 1 \text{ g glukosa/l} \\ Y &= 0.5 \text{ g berat kering sel/ g glukosa} \end{aligned}$$

Anggapkan sistem tersebut adalah pada keadaan kuasi-mantap.

- [a] Apakah kepekatan substrat pertumbuhan terhad di dalam tangki?

[5 markah]

- [b] Kirakan jumlah keseluruhan biomas yang terdapat di dalam tangki pada $t = 3$ jam.

[10 markah]

- [c] Jika $q_P = 0.25$ g produk/g sel jam, $P_0 = 0$; tentukan kepekatan produk di dalam tangki pada $t = 3$ jam

[5 markah]

- [d] Bandingkan perbezaan di antara suapan kelompok dengan bioreaktor selanjut.

[5 markah]

...6/-

3. *A fed-batch reactor is operated with an intermittent addition of glucose solution with an initial biomass amount of 20 g. The reactor has a volume of 1 litre with an operation time of 3h. The glucose concentration at that particular operation time is 120 g glucose/liter. The fresh media flow rate is 200 ml/h. Other parameters are:*

$$\begin{aligned}\mu_m &= 0.3 \text{ h}^{-1} \\ K_S &= 1 \text{ g glucose/l} \\ Y &= 0.5 \text{ g dw cells/ g glucose}\end{aligned}$$

Assuming the system is at quasi-steady state.

- [a] *What is the concentration of growth-limiting substrate in the vessel?*
[5 marks]
- [b] *Calculate the total amount of biomass in the vessel at $t = 3 \text{ h}$.*
[10 marks]
- [c] *If $q_P = 0.25 \text{ g products/g cells h}$, $P_0 = 0$; determine the concentration of the product in the vessel at $t = 3 \text{ h}$*
[5 marks]
- [d] *Compare the differences between fed-batch and continuous bioreactors.*
[5 marks]

Bahagian B : Jawab mana-mana LIMA soalan.

Section B : Answer any FIVE questions.

4. Terangkan lengkung tumbesaran tipikal bagi penggemburan berkelompok, tunjukkan secara graf bagi penerangan tersebut.
[5 markah]
4. *Explain typical growth curve for batch cultivation, show the graphical presentation.*
[5 marks]
5. Apakah tempoh mengganda? Terangkan dengan persamaan?
[5 markah]
5. *What is doubling time? Explain with equations?*
[5 marks]
6. Apakah penapai angkat udara? Apakah konsep bagi pengudaraan di dalam penapai ini?
[5 markah]
6. *What is airlift fermentor? What is the concept of aeration in this fermentor?*

[5 marks]

...7/-

7. Apakah perbezaan di antara kultur campuran dan tulen? [5 markah]
7. *What are the differences between mixed and pure cultures?* [5 marks]
8. Terangkan proses berudara dan proses tanpa udara. Apakah perbezaan di antara kedua-dua proses ini? [5 markah]
8. *Explain aerobic and anaerobic processes. What are the differences between these two processes?* [5 marks]
9. Mengapakah anda memerlukan perwakilan kinetik di dalam sistem biologi? [5 markah]
9. *Why do you need kinetic representation in a biological system?* [5 marks]

Bahagian C : Jawab mana-mana SATU soalan.

Section C : Answer any ONE question.

10. Di dalam kemostat, *E Coli* telah dikultur di dalam keadaan aerobik dengan menggunakan glukosa sebagai substrat penghad kepekatan mula gula adalah sebanyak 1.05 g/l.

[a] Berdasarkan data yang diberi di dalam Jadual S. 10, tentukan μ_m , dan K_s

Jadual S.10

Kadar pencairan, jam ⁻¹	Substrat penghad, C _s g/l	X, g/l
0.05	0.0006	0.45
0.12	0.013	0.44
0.24	0.033	0.42
0.31	0.041	0.44
0.43	0.064	0.42
0.53	0.102	0.43
0.60	0.122	0.41
0.71	0.241	0.38
0.79	0.250	0.35

- [b] Jika sel diwakilkan dengan formula sebagai C₅H₇NO₂, kirakan Y_{O₂/x} (jisim oksigen/jisim sel) dan penggunaan maksimum oksigen untuk kepekatan maksimum biomas?

[25 markah]
...8/-

10. In a chemostat, *E. coli* has been cultivated in aerobic conditions using glucose as the limiting substrate with an initial sugar concentration of 1.05 g/l.

[a] Based on given data in Table Q.10, determine μ_m and K_s

Table Q.10

Dilution rate, h^{-1}	Limiting Substrate, C_s g/l	X , g/l
0.05	0.0006	0.45
0.12	0.013	0.44
0.24	0.033	0.42
0.31	0.041	0.44
0.43	0.064	0.42
0.53	0.102	0.43
0.60	0.122	0.41
0.71	0.241	0.38
0.79	0.250	0.35

[b] If the cell is represented by formula as $C_5H_7NO_2$, calculate $Y_{O_2/x}$ (mass of oxygen/mass of cells) and maximum oxygen consumed for maximum biomass concentration?

[25 marks]

11. Satu bioreaktor dengan isipadu kerja 1250 liter mempunyai dua set pendesak turbin bilah rata untuk menghasilkan Baker yis. Kadar pencairan ialah 0.5 jam^{-1} . Persamaan kadar untuk rekabentuk ialah jenis Monod dengan $\mu_{\max} = a$ dan $K_s = 3 \text{ kg/m}^3$. Kepekatan substrat mula ialah 65 g dengan kadar aliran udara $7.5 \text{ m}^3/\text{min}$ bagi pengudaraan. Hasil biomas $Y_{x/s} = 0.5$, ketumpatan kaldu ialah 1200 kg/m^3 dan kelikatan kaldu ialah 0.02 N.S/m^2 , $H/D = 2.5$

[a] Kira penggunaan kuasa untuk kadar pengudaraan pada 90 rpm dan OTR.

[b] Sekiranya pengangkutan oksigen dan corong oksigen ialah 0.05 g/L , nyatakan rintangan kawalan dalam bioreaktor tersebut.

Nombor kuasa seperti diberi dalam lampiran graf,

$$\text{Nombor pengudaraan ialah } N_a = \frac{F_g}{N_i D_i^3}$$

Di mana F_g ialah kadar aliran udara m^3/min $N_i = \text{rps}$, $D_i = \text{diameter pendesak}$

Persamaan untuk pemalar pemindahan jisim

$$K_{L.a} = 2 \times 10^{-3} \left(\frac{P_g}{V_L} \right)^{0.7} (V_s)^{0.5}$$

$V_L = \text{isipadu kerja, m}^3$

$V_s = \text{halaju permukaan gas m/s}$

$K_{L.a} = \text{pemalar pemindahan jisim, s}^{-1}$

[25 markah]

...9/-

11. A bioreactor with 1250 liters of working volume with two sets of standard flat blade turbine impellers is used for the production of baker yeast. The dilution rate is 0.5 h^{-1} . The rate equation used for design would be Monod type with $\mu_{\max} = a$ and $K_s = 3 \text{ kg/m}^3$. The initial substrate concentration was 65 g with air flow rate of $7.5 \text{ m}^3/\text{min}$ for aeration. The yield of biomass $Y_{x/s} = 0.5$, the broth density 1200 kg/m^3 and viscosity of 0.02 N.S/m^2 , $H/D = 2.5$

- [a] Calculate power consumption for agitation rate of 90 rpm and OTR.
- [b] If oxygen transport and oxygen uptake is 0.05 g/L , state the controlling resistance in the bioreactor.

Power number are given in the attached graph,

$$\text{Also aeration number is } N_a = \frac{F_g}{N_i D_i^3}$$

Where F_g is air flowrate, m^3/min $N_i = \text{rps}$, $D_i = \text{impeller diameter}$

Useful relation for mass transfer coefficient

$$K_L a = 2 \times 10^{-3} \left(\frac{P_g}{V_L} \right)^{0.7} (V_S)^{0.5}$$

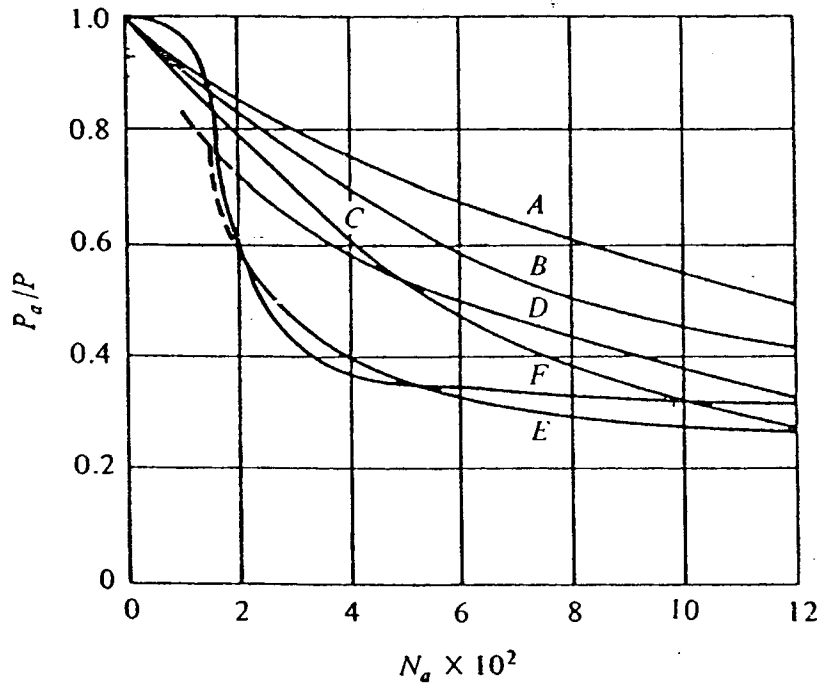
$V_L = \text{working volume, m}^3$

$V_S : \text{gas superficial velocity m/s}$

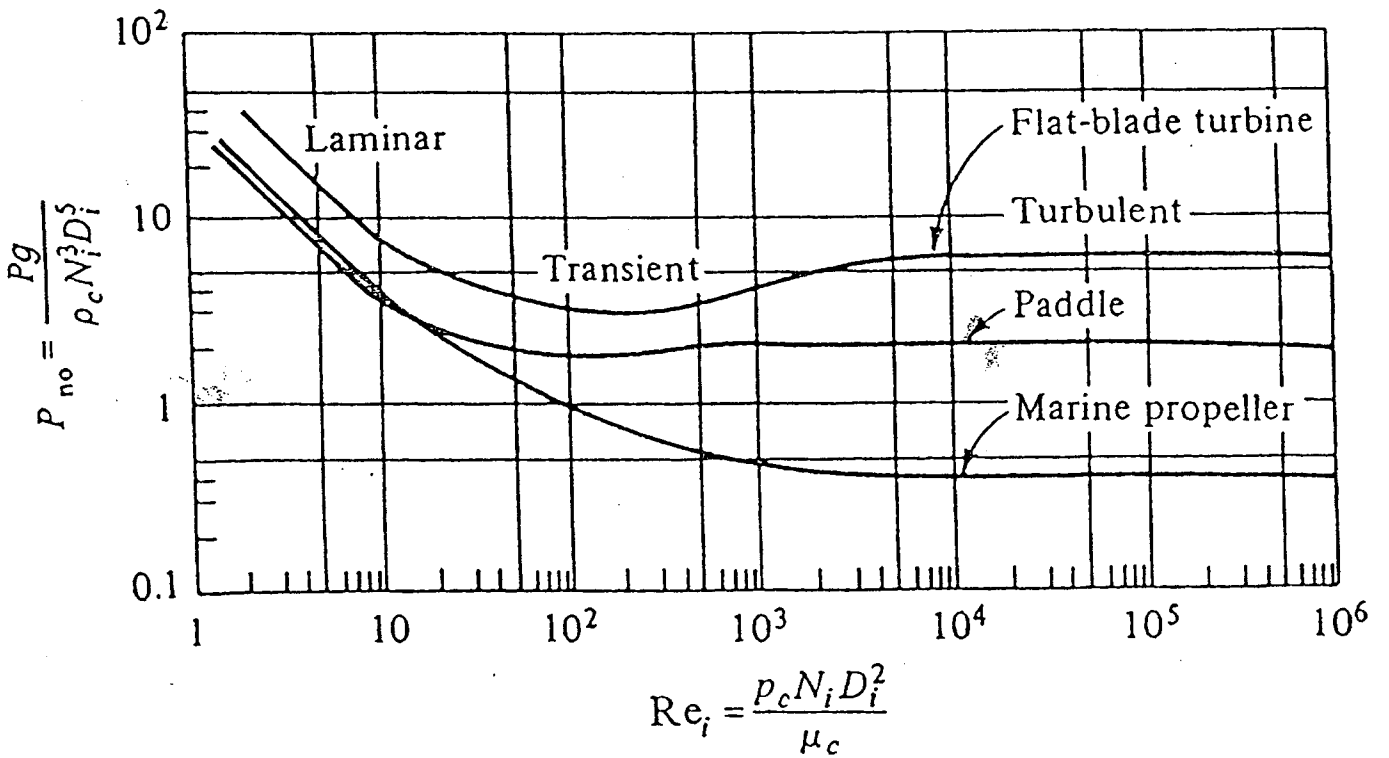
$K_L a : \text{mass transfer coefficient, s}^{-1}$

[25 marks]

Lampiran



Gambarajah S.11 [a]



Gambarajah S. 11 [b]