
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2010/2011 Academic Session

November 2010

EKC 271 – Biotechnology for Engineers
[Bioteknologi untuk Jurutera]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of NINE pages of printed material and ONE page of Appendix before you begin the examination.

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

Instruction: Answer **FIVE** (5) questions. Section A is **COMPULSORY**. Answer any **TWO** (2) questions from Section B.

Arahan: Jawab **LIMA** (5) soalan. Bahagian A **WAJIB** dijawab. Bahagian B pilih **DUA** (2) soalan sahaja.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

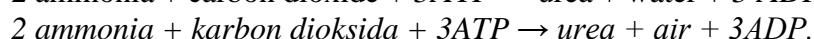
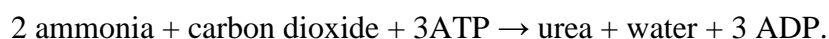
[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]

Section A : Answer ALL questions.

Bahagian A: Jawab SEMUA soalan.

1. [a] The urea cycle or the ornithine cycle describes the conversion reactions of ammonia into urea. Since these reactions occur in the liver, the urea is then transported to the kidneys where it is excreted. The overall urea formation reaction is:

Kitaran urea atau kitaran ornitin menerangkan penukaran tindak balas-tindak balas ammonia ke urea. Oleh kerana tindak balas ini berlaku dalam hati, urea ini kemudiannya diangkut ke buah pinggang untuk disingkirkan. Tindak balas pembentukan urea keseluruhannya ialah:



- [i] Which reactions require ATP? List down the enzymes involved.
Manakah tindak balas yang memerlukan ATP? Senaraikan enzim yang terlibat.

[5 marks/markah]

- [ii] Which reactions require the amine group? What is/are the enzymes involved?

Manakah tindak balas yang memerlukan kumpulan amina? Apakah enzim yang terlibat?

[5 marks/markah]

- [b] Fumarase catalyses the hydration of fumarate to malate. This enzymatic reaction is inhibited by succinate. Initial velocities obtained at a constant pH of 6.5 in the absence and in the presence of $5 \times 10^{-2}\text{M}$ succinate at several concentrations of fumarate are given in Table Q.1.[b].

Fumarase memangkinkan penghidratan fumarat ke malat. Tindak balas enzimatik ini direncat oleh suksinat. Halaju awal yang diperolehi pada pH malar 6.5 tanpa kehadiran serta dengan kehadiran $5 \times 10^{-2}\text{M}$ suksinat pada beberapa kepekatan fumarase diberikan dalam Jadual S.1.[b].

Table Q.1.[b].

Jadual S.1.[b].

[Fumarate] [Fumarat] M	No inhibitor Tanpa Perencat V	$5 \times 10^{-2}\text{M}$ Succinate $5 \times 10^{-2}\text{M}$ Suksinat V
5×10^{-5}	0.95	0.57
1×10^{-4}	1.43	0.95
2×10^{-4}	2.00	1.40
5×10^{-4}	2.50	2.12

Determine whether the inhibition is competitive, noncompetitive or uncompetitive. What is the value of the dissociation constant K_I of the enzyme inhibitor complex? (3 different types of inhibition equations are given below).

Tentukan sekiranya perencatan yang berlaku adalah kompetitif, tiada-kompetitif atau tak-kompetitif. Apakah nilai pemalar penceraian K_I untuk kompleks perencat enzim? (3 jenis rumusan untuk perencatan diberikan di bawah).

[10 marks/markah]

Competitive inhibition:

$$V = \frac{V_{max} [S]}{K_m \left(1 + \frac{[I]}{K_I} + [S] \right)} \quad \text{Q.1.1.}$$

Perencatan kompetitif:

$$V = \frac{V_{maks} [S]}{K_m \left(1 + \frac{[I]}{K_I} + [S] \right)} \quad \text{S.1.1.}$$

Non-competitive inhibition:

$$V = \frac{V_{max} [S] \left(1 + \frac{[I]}{K_I} \right)}{K_m + [S]} \quad \text{Q.1.2.}$$

Perencatan Tiada-kompetitif:

$$V = \frac{V_{maks} [S] \left(1 + \frac{[I]}{K_I} \right)}{K_m + [S]} \quad \text{S.1.2.}$$

Uncompetitive inhibition:

$$V = \frac{\frac{V_{max} [S]}{(1 + [I] / K_I)}}{\frac{K_m}{(1 + [I] / K_I)} + [S]} \quad \text{Q.1.3.}$$

Perencatan Tak-kompetitif:

$$V = \frac{\frac{V_{maks} [S]}{(1 + [I] / K_I)}}{\frac{K_m}{(1 + [I] / K_I)} + [S]} \quad \text{S.1.3.}$$

2. [a] A continuous sterilizer with a steam injector and a flash cooler will be employed to sterilize POME based-medium continuously flowing at a rate of 2 m³/hr. The time for heating and cooling is negligible with this type of sterilizer. The typical bacterial count of the medium is about 5 x 10¹² /m³, which needs to be reduced to such an extent that only one organism can survive during two months of continuous operation. The heat-resistant bacterial spores in the medium can be characterized by an Arrhenius coefficient (k_{do}) of 5.7 x 10³⁹ /hr and activation energy (E_d) of 2.834 x 10⁵ kJ /kmol. The sterilizer will be constructed with the pipe with an inner diameter of 0.102 m. Steam at 600 kPa (gauge pressure) is available to bring the sterilizer to an operating temperature of 125°C. The physical properties of this medium at 125°C are specific heat, $c = 4.187$ kJ/kg K, density, $\rho = 1000$ kg/m³, and viscosity, $\mu = 4$ kg/(m.hr).

Satu alat pensterilan berterusan dengan pancitan stim dan penyejuk kilat akan digunakan untuk mensteril medium berasaskan POME secara berterusan dengan kadar alir 2 m³/jam. Masa-masa pemanasan dan penyejukan adalah diabaikan bagi jenis pensteril ini. Bilangan kiraan bakteria di dalam medium tersebut adalah lebih kurang 5 x 10¹²/m³ yang perlu dikurangkan kepada suatu tahap di mana hanya satu jenis organisma dapat bertahan selama dua bulan operasi berterusan. Spora-spora bakteria yang terintang-habanya dalam medium boleh diklasifikasikan dengan menggunakan pemalar Arrhenius (k_{do}) pada 5.7 x 10³⁹/jam dan tenaga pengaktifan (E_d) pada 2.834 x 10⁵ kJ/kmol. Alat pensterilan ini akan dibina dengan menggunakan paip dengan diameter dalaman berukuran 0.102 m. Stim pada tekanan 600 kPa (tekanan tolok) diperlukan bagi menaikkan suhu alat pensteril pada suhu operasi 125 °C. Ciri-ciri fizikal medium ini pada 125 °C; adalah haba spesifik, $c = 4.187$ kJ/kg K, ketumpatan, $\rho = 1000$ kg/m³, dan kepekatan, $\mu = 4$ kg/(m.jam).

- [i] What length should the pipe be in the sterilizer if you assume an ideal plug flow?
Berapakah panjang paip yang diperlukan oleh alat pensterilan jika diandaikan aliran palam unggul?

[6 marks/markah]

- [ii] What length should the pipe be in the sterilizer if the effect of axial dispersion is considered? Given that Peclet number for non-ideal plug low is 350.4 and $Pe = \frac{uL}{D}$, where D is the axial dispersion coefficient.

Berapakah panjang paip yang diperlukan oleh alat pensteril jika kesan serakan paksi diambilkira? Diberi, nombor Peclet untuk aliran palam tak-unggul adalah 350.4 dan $Pe = \frac{uL}{D}$, di mana D adalah pekali serakan paksi.

[6 marks/markah]

A correlation between axial dispersion function and Reynolds number is given in the Appendix.

Satu korelasi antara fungsi serakan paksi dan nombor Reynolds diberikan dalam Apendik.

...5/-

- [b] Why does continuous sterilization offer several advantages compared to batch sterilization?

Kenapakah pensterilan berterusan memberi banyak kelebihan berbanding pensterilan kelompok?

[8 marks/markah]

3. [a] Sketch a general growth curve for a bacterial cell grown under a batch fermentation and describe the four main phases on the curve.

Lakarkan secara umum lengkok pertumbuhan sel bakteria di bawah penapaian berkelompok dan nyatakan keempat-empat fasa utama pada lengkok tersebut.

[6 marks/markah]

- [b] A single continuous-stirred-tank bioreactor (chemostat), operating with a sterile feed, assuming that Monod growth kinetics applies, show that the substrate concentration $[S]_{sf}$ at steady state is given by:

Satu bioreaktor pengaduk berterusan tunggal yang beroperasi dengan suapan steril, dengan mengandaikan bahawa kinetik pertumbuhan Monod digunapakai, tunjukkan bahawa kepekatan substrat $[S]_{sf}$ pada keadaan mantap diberikan oleh;

$$[S]_{sf} = \frac{DK_S}{\mu_{\max} - D} \quad \text{Q.3.1.}$$

$$[S]_{sf} = \frac{DK_S}{\mu_{maks} - D} \quad \text{S.3.1.}$$

where;

D = dilution rate
 μ_{\max} = maximum specific growth rate
 K_S = Monod saturation constant

State all assumptions made.

di mana;

D = kadar pencairan
 μ_{maks} = kadar pertumbuhan spesifik maksimum
 K_S = pemalar tepu Monod

Nyatakan semua andaian yang digunapakai.

[8 marks/markah]

- [c] A chemostat is operating at a dilution rate D of 0.7/h with a sterile feed containing 15 g/L of limiting substrate, the growth parameters for this system are as follows;

Satu kemostat beroperasi pada kadar pencairan D , 0.7/j dengan suapan steril yang mengandung 15g/L substrat terhad, parameter-parameter pertumbuhan bagi sistem ini adalah seperti berikut:

Monod constant, $K_S = 1.1$ g/L

Maximum specific growth rate, $\mu_{\max} = 0.8$ /h

Yield factor, $Y_{X/S} = 0.3$ g_{cells}/g_{substrate}

Pemalar Monod, $K_S = 1.1$ g/L

Kadar pertumbuhan spesifik maksimum, $\mu_{maks} = 0.8$ /j

Faktor hasilan, $Y_{X/S} = 0.3$ g_{sel}/g_{substrat}

- [i] Calculate the steady-state cell and nutrient concentrations.
Kirakan kepekatan-kepekatan sel dan nutrien pada keadaan mantap.
[3 marks/markah]
- [ii] Calculate the maximum possible dilution rate.
Kirakan kadar pencairan maksimum yang mungkin.
[3 marks/markah]

Section B : Answer any TWO questions.

Bahagian B: Jawab mana-mana DUA soalan.

4. [a] A strain of *Azotobacter vinelandii* is cultured in a 15 m³ stirred bioreactor for alginate production. Under current operating conditions, k_{LA} is 0.17/s. Oxygen solubility in the broth is approximately 8×10^{-3} kg/m³;
- Azotobacter vinelandii* dikulturkan dalam 15 m³ bioreaktor teraduk bagi penghasilan alginat. Di bawah keadaan-keadaan operasi, k_{LA} pada 0.17/s, kelarutan gas oksigen dalam 'broth' adalah lebih kurang 8×10^{-3} kg/m³;
- [i] The specific rate of oxygen uptake is 12.5 mmol/(g.h). What is the maximum possible cell concentration?
Kadar spesifik penggunaan oksigen adalah 12.5 mmol/(g.j). Apakah kepekatan sel maksima yang mungkin?
[5 marks/markah]

- [ii] The bacteria suffer growth inhibition after copper sulphate (CuSO_4) is accidentally added to the fermentation broth. This causes a reduction in oxygen uptake rate to 3 mmol/(g.h). What maximum cell concentration can now be supported by the bioreactor?

Bakteria tersebut mengalami pertumbuhan rencat selepas kuprum sulfat dimasukkan secara tidak sengaja dalam 'broth' fermentasi. Hal ini mengakibatkan kurangnya kadar penggunaan oksigen kepada 3 mmol/(g.j). Apakah kepekatan maksimum sel yang dapat disokong oleh bioreaktor?

[5 marks/markah]

- [b] The electron transport chain moves electrons from NADH and FADH_2 to O_2 . The phosphorylation of ADP is catalyzed by ATPase to produce ATP.

Rantai pengangkut elektron menggerakkan elektron dari NADH dan FADH_2 ke O_2 . Fosforilasi ADP dimungkinkan oleh ATPase bagi menghasilkan ATP.

- [i] Briefly describe how the electron transport chain works.

Jelaskan bagaimana rantai pengangkut elektron berfungsi.

[8 marks/markah]

- [ii] How many ATP is being produced by NADH and FADH_2 ?

Berapakah ATP yang akan dihasilkan oleh NADH dan FADH_2 ?

[2 marks/markah]

5. [a] A few hikers of USM to Mount Kinabalu could go directly down a steep slope, but find difficulties to climb back up the hill. This is because there are three by-pass steps in the biological pathways involved in the hiker's bodies.

Beberapa pengembara USM ke Gunung Kinabalu boleh bergerak laju apabila menuruni cerun yang curam, tetapi berasa sukar apabila menaiki semula gunung tersebut. Hal ini adalah disebabkan terdapat tiga langkah pirau dalam langkah-langkah biologi yang berlaku di dalam badan pengembara.

- [i] What are the three by-pass steps in the biological pathways. State the enzymes and cofactors involved?

Apakah ketiga-tiga langkah pirau dalam langkah biologi itu? Tunjukkan enzim dan kofaktor yang terlibat.

[5 marks/markah]

- [ii] If one of the hikers has muscular aches due to strenuous exercises, CORI cycle will be involved to solve his/her problems. Explain the concept of CORI cycle.

Sekiranya seorang daripada pengembara itu berasa sakit otot akibat latihan yang kuat, kitaran KORI akan terlibat untuk menyelesaikan masalah mereka. Terangkan konsep kitaran KORI.

[5 marks/markah]

[b] Specify major controlling factors that affect muscle contraction during:
Jelaskan faktor kawalan yang boleh menyebabkan otot mengecut semasa:

- [i] resting
rehat
- [ii] moderate level of exercises
paras latihan yang sederhana
- [iii] peak level of exercise
paras latihan yang memuncak

[10 marks/markah]

6. [a] In the standard plot of Lineweaver-Burk transformation of the Michaelis-Menten equation, demonstrate that the intercept of the horizontal axis is $-1/K_m$.

Dalam plot piawai bagi transformasi Lineweaver-Burk untuk rumusan Michaelis-Menten, tunjukkan pintasan bagi paksi mendatar ialah $-1/K_m$.

$$\frac{I}{V} = \frac{K_m}{V_{max}} \left(\frac{I}{[S]} \right) + \frac{I}{V_{max}} \quad \text{Q.6.1.}$$

$$\frac{I}{V} = \frac{K_m}{V_{maks}} \left(\frac{I}{[S]} \right) + \frac{I}{V_{maks}} \quad \text{S.6.1.}$$

[5 marks/markah]

[b] Write a short essay on any **ONE** of these topics:
Tuliskan esei pendek daripada salah SATU topik di bawah:

[i] Temperature is one of the factors that effect the growth of cells. Discuss the importance of temperature in obtaining maximum cells cultivation by giving examples of the different bacterial classifications.

Suhu adalah salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan sel. Bincangkan kepentingan suhu dalam menghasilkan bilangan sel yang maksimum dengan memberikan contoh-contoh klasifikasi bakteria yang berlainan.

[15 marks/markah]

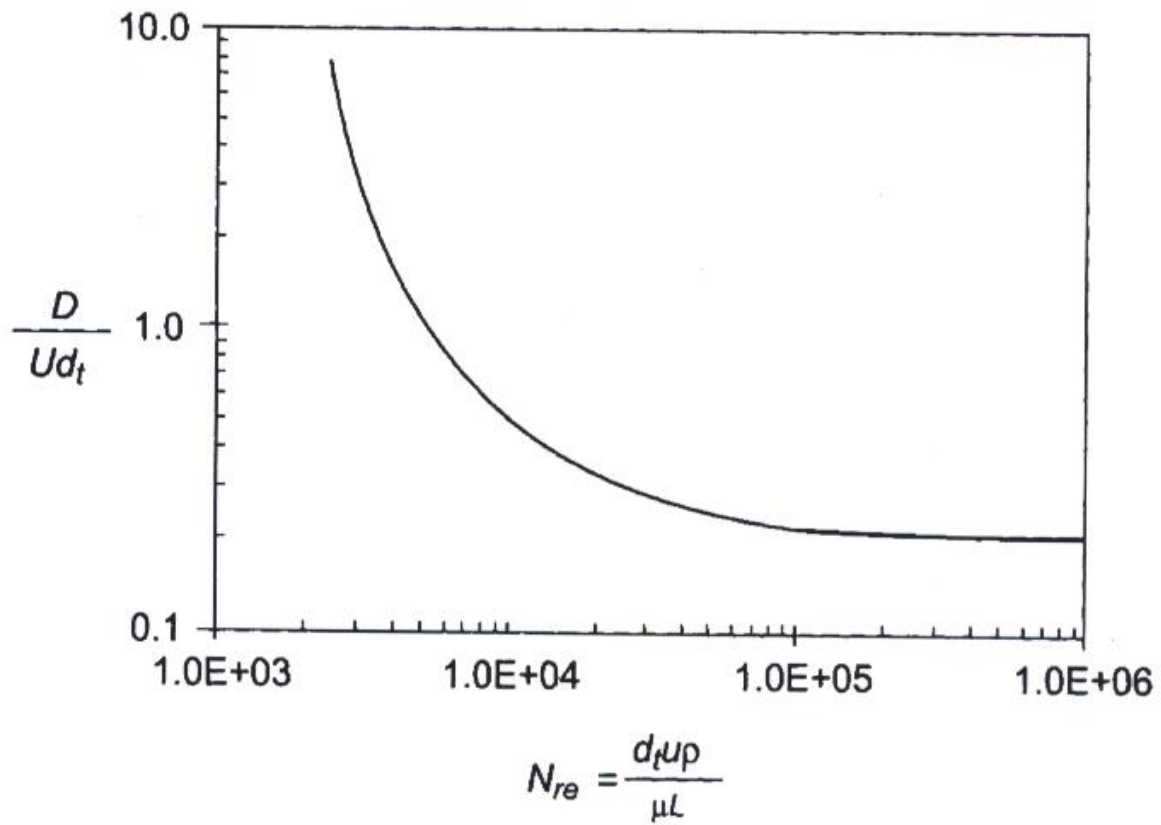
OR
ATAU

- [ii] Dissolved oxygen is an important substrate consumed during cellular growth. The gas is mostly used in the metabolism of cells and subsequently for regeneration. Discuss the above statement by giving appropriate relationship between the oxygen mass-transfer and the oxygen uptake rate (OUR).

Oksigen terlarut adalah satu substrat penting yang digunakan dalam pertumbuhan sel. Gas ini biasanya digunakan semasa proses metabolisme sel dan seterusnya sebagai pertumbuhan. Bincangkan kenyataan di atas dengan memberikan perkaitan yang bersesuaian di antara pemindahan jisim oksigen dan kadar penggunaan oksigen (OUR).

[15 marks/markah]

Appendix



Correlation for D/Ud_t , as a function of Reynolds number. (Levenspiel, 1958)