

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
Academic Session 2013/2014

June 2014

**BTT 303/3 – Biochemical Engineering**  
***[Kejuruteraan Biokimia]***

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

---

Please ensure that this examination paper contains NINE printed pages before you begin the examination.

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

**Instructions:** Answer **FIVE** (5) out of **SIX** (6) questions, in English or Bahasa Malaysia. Each question carries 20 marks.

**Arahan:** Jawab **LIMA** (5) daripada **ENAM** (6) soalan yang diberikan dalam Bahasa Inggeris atau Bahasa Malaysia. Tiap-tiap soalan bernilai 20 markah.]

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].*

1. *Pichia pastoris* is cultivated in a 2-L bioreactor. The culture is aerated with air at 1.0 vvm and agitated with a Rushton-turbine impeller (Figure 1) at 500 rpm. You wish to scale up the process to a 100-L bioreactor that is geometrically similar in design, having a Rushton turbine impeller diameter of 26.7 cm.

*[Pichia pastoris dikulturkan dalam bioreaktor 2-L. Kultur ini diudarkan dengan udara pada 1.0 vvm dan diaduk dengan pengaduk turbin Rushton (Rajah 1) pada 500 rpm. Anda berhasrat untuk meningkatkan skala proses kepada bioreaktor 100-L yang mempunyai rekabentuk geometri serupa dan mempunyai pengaduk turbin Rushton dengan diameter 26.7 cm.]*

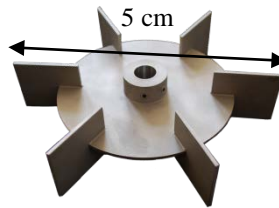


Figure 1

[Rajah 1]

- [a] What should the agitation rate be if the scale up is based on constant tip speed?

*[Apakah kadar pengadukan yang sepatutnya jika peningkatan skala adalah berdasarkan kepada kelajuan hujung malar?]*

(5 marks / 5 markah)

- [b] What should the agitation rate be if the scale up is based on constant power to volume ratio?

*[Apakah kadar pengadukan yang sepatutnya jika peningkatan skala adalah berdasarkan nisbah kuasa kepada isipadu malar?]*

(5 marks / 5 markah)

- [c] Which of the two agitation rates above will likely result in the higher mass transfer rate? Why?

*[Manakah antara dua kadar pengadukan di atas mungkin akan menghasilkan kadar pemindahan jisim yang lebih tinggi? Kenapa?]*

(5 marks / 5 markah)

- [d] List **FIVE** (5) factors that affect the mass transfer coefficient,  $k_L a$ .

*[Senaraikan **LIMA** (5) faktor yang mempengaruhi pekali pemindahan jisim,  $k_L a$ .]*

(5 marks / 5 markah)

2. It takes a population of microbes 24 hours to increase in number from 0.5 million cells/mL to 5.2 million cells/mL. Substrate supplied is sufficient and does not limit growth..

*[Satu populasi mikrob mengambil masa 24 jam untuk tumbuh daripada 0.5 juta sel/mL kepada 5.2 juta sel/mL. Substrat yang dibekalkan adalah mencukupi dan tidak mengehadkan pertumbuhan.]*

- [a] Estimate the growth rate.

*[Anggarkan kadar pertumbuhan.]*

(5 marks / 5 markah)

- [b] Estimate the doubling time.

*[Anggarkan masa penggandaan.]*

(5 marks / 5 markah)

- [c] What is the significance of the term “doubling time”?

*[Apakah kepentingan istilah “masa penggandaan”?]*

(5 marks / 5 markah)

- [d] Enough substrate has been supplied so that its concentration does not limit growth. If the supplied substrate is insufficient, how does it affect the specific growth rate?

*[Substrat yang mencukupi telah dibekalkan supaya kepekannya tidak mengehadkan pertumbuhan. Sekiranya substrat yang dibekalkan tidak mencukupi, bagaimanakah ia mempengaruhi kadar pertumbuhan spesifik?]*

(5 marks / 5 markah)

3. The  $K_m$  value of an enzyme is known to be 0.01 mol/L. To measure the maximum reaction rate, an experimenter measures the initial rate of reaction with a fixed amount of enzyme. The experimenter determines that 10% of the initial substrate concentration ( $3.5 \times 10^{-4}$  mol/L) is consumed in 5 minutes. Assume that the reaction rate can be described by Michaelis-Menten kinetics.

*[Nilai  $K_m$  suatu enzim diketahui sebagai 0.01 mol/L. Untuk mengukur kadar tindak balas maksimum, seorang pengkaji mengukur kadar tindak balas awal dengan jumlah enzim yang tetap. Pengkaji menentukan bahawa 10% daripada kepekatan substrat awal ( $3.5 \times 10^{-4}$  mol/L) digunakan dalam 5 minit. Andaikan kadar tindak balas boleh diterangkan oleh kinetik Michaelis-Menten.]*

- [a] Using this data, estimate the Michaelis-Menten parameter,  $V_{max}$  for the enzyme.

*[Dengan menggunakan data ini, anggarkan parameter Michaelis-Menten,  $V_{max}$  untuk enzim ini.]*

(5 marks / 5 markah)

- [b] Estimate the time required to consume 90% of the initial substrate concentration.

*[Anggarkan masa yang diperlukan untuk menggunakan 90% daripada kepekatan substrat awal.]*

(5 marks / 5 markah)

- [c] The parameter  $V_{max}$  that is calculated from this experiment depends on several factors. Suggest **TWO** (2) factors that should be reported when the estimate of  $V_{max}$  is given.

*[Parameter  $V_{max}$  yang dihitung daripada eksperimen ini bergantung kepada beberapa faktor. Cadangkan **DUA** (2) faktor yang perlu dilaporkan apabila anggaran  $V_{max}$  diberikan.]*

(5 marks / 5 markah)

- [d] Will  $K_m$  change if the level of enzyme is increased? Why?

*[Adakah  $K_m$  akan berubah jika jumlah enzim bertambah? Mengapa?]*

(5 marks / 5 markah)

4. A type of fungus is grown in a batch culture that contains soluble starch as a substrate. Biomass dry weight and soluble starch concentration were determined during sampling. The data obtained are shown in Table 1.

*[Sejenis kulat ditumbuhkan dalam kultur kelompok yang mengandungi kanji terlarut sebagai substrat. Berat kering biojisim dan kepekatan kanji terlarut ditentukan pada masa persampelan. Data yang diperolehi dinyatakan dalam Jadual 1.]*

**Table 1**  
**[Jadual 2]**

Time / Hour <i>[Masa / jam]</i>	Cell Density <i>[Ketumpatan se]</i> (g/L)	Concentration of Soluble Starch <i>[Kepekatan kanji terlarut]</i> (g/L)
0	1.25	100
9	2.45	97
16	5.1	90.4
23	10.5	76.9
30	22	48.1
34	33	20.6
36	37.5	9.38
40	41	0.63

- [a] Using the appropriate axes, sketch :

*[Menggunakan paksi yang sesuai, lakarkan :]*

- [i] Fungal growth curve.  
*[Keluk pertumbuhan kulat.]*

(4 marks / 4 markah)

- [ii] Soluble starch utilization curve.  
*[Keluk penggunaan kanji terlarut.]*

(4 marks / 4 markah)

- [iii] Estimate yield coefficient for soluble starch.  
*[Anggarkan pekali hasil bagi kanji terlarut.]*

(4 marks / 4 markah)

- [b] If the same inoculum size is used and the initial concentration of soluble starch is 150 g / L (and not 100 g / L as shown in the table above), what is the maximum cell density that can be achieved in this system ?

*[Sekiranya saiz inokulum yang sama digunakan dan kepekatan awal kanji terlarut ialah 150 g/L (dan bukan 100 g/L seperti jadual di atas), apakah ketumpatan sel maksimum yang boleh dicapai dalam sistem ini ?]*

(4 marks / 4 markah)

- [c] Based on the data obtained, does this fungus grow in the form of pellets or dispersed mycelia ? State your reasons.

*[Berdasarkan kepada data yang diperoleh, adakah kulat ini tumbuh dalam bentuk gumpalan atau miselia tersebar ? Nyatakan alasan anda.]*

(4 marks / 4 markah)

5. [a] Describe the following ideal reactors, listing their general characteristics and the corresponding mass-balance equation.

*[Terangkan reaktor ideal berikut, senaraikan ciri am serta persamaanimbangan jisim yang berkaitan.]*

- [i] Continuous Stirred Tank Reactor.

*[Reaktor Tangki Teraduk Selanjar.]*

(5 marks) / 5 markah)

- [ii] Plug Flow Tubular Reactor .

*[Reaktor Tiub Aliran Palam.]*

(5 marks / 5 markah)

[b] Compare and contrast the following terms :

*[Banding dan bezakan istilah berikut :]*

[i] Open system, closed system.

*[Sistem tertutup, sistem terbuka.]*

(5 marks / 5 markah)

[ii] Steady state, unsteady (transient) state.

*[Keadaan mantap, keadaan tak mantap (peralihan).]*

(5 marks / 5 markah)

6. [a] You are interested in growing an edible yeast, *Candida utilis*. You have the stock culture in 1 mL aliquots frozen in 1.7 mL Eppendorf microcentrifuge tubes. Describe the steps that you will take to cultivate the yeast in a 1 liter fermenter.

*[Anda berminat untuk menumbuhkan yis yang boleh dimakan, Candida utilis. Anda mempunyai kultur stok yang terdiri daripada 1 mL alikuot yang beku dalam 1.7 mL tiub mikropengempap Eppendorf. Terangkan langkah yang akan anda ambil untuk menumbuhkan yis ini dalam fermenter berisipadu 1 liter.]*

(10 marks / 10 markah)

[b] In the above yeast fermentation, you are not satisfied with the total biomass that you achieved. Suggest ways of improving the biomass production. Discuss the requirement of the culture, how fermenter control and mode of operation can help improve your yield.

*[Dalam fermentasi yis di atas, anda tidak berpuas hati dengan jumlah biojisim yang diperolehi. Cadangkan cara untuk memperbaiki penghasilan biojisim. Bincangkan keperluan kultur, bagaimana kawalan fermenter dan mod operasi boleh membantu memperbaiki hasil.]*

(10 marks / 10 markah)



FORMULA SHEET

$$P \propto N_i^2 D_i^3 \text{ and } \frac{P}{V} \propto N_i^2 \text{ (laminar and transition regimes)}$$

$$P \propto N_i^3 D_i^5 \text{ and } \frac{P}{V} \propto N_i^3 D_i^2 \text{ (turbulent)}$$

Tip speed (in m/s) =  $v = \pi ND$

$$v = - \frac{d[S]}{dt} = \frac{V_{\max}[S]}{K_m + [S]}$$

$$V_{\max} t = [S_0] - [S] + K_m \ln \frac{[S_0]}{[S]}$$

$$v = \frac{V_{\max} [S]}{K_m + [S] + \frac{K_m}{K_i} [I]}$$

$$v = \frac{V_{\max} [S] K_i}{(K'_m + [S]) (K_i + [I])}$$

$$v = \frac{\frac{V_{\max}}{\left(1 + \frac{[I]}{K_i}\right)} [S]}{\frac{K'_m}{\left(1 + \frac{[I]}{K_i}\right)} + [S]}$$