



Second Semester Examination  
2023/2024 Academic Session

July/August 2024

**BTT403 – Biochemical Engineering  
(Kejuruteraan Biokimia)**

Duration : 2 hours  
(Masa : 2 jam)

---

Please check that this examination paper consists of SIX (6) pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi ENAM (6) muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

**Instructions:** Answer **FOUR (4)** out of **FIVE (5)** questions, in English or Bahasa Malaysia. Each question carries 25 marks.

**Arahan:** Jawab **EMPAT (4)** daripada **LIMA (5)** soalan yang diberikan dalam Bahasa Inggeris atau Bahasa Malaysia. Tiap-tiap soalan bernilai 25 markah.]

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

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai].*

- 2 -

1. [a] Demonstrate that the maximum specific growth rate of a microbial cell culture can be calculated from the cell density data taken periodically during fermentation.  
*[Tunjukkan bahawa kadar pertumbuhan spesifik maksimum kultur sel mikrob boleh dikira daripada data ketumpatan sel yang diambil secara berkala semasa fermentasi.]*

(10 marks / 10 markah)

- [b] A steady-state continuous *Saccharomyces cerevisiae* fermentation process produces ethanol and carbon dioxide from glucose. The overall stoichiometric equation is as follows:  
*[Proses fermentasi Saccharomyces cerevisiae selanjara berkeadaan mantap menghasilkan etanol dan karbon dioksida daripada glukosa. Persamaan stoikiometri keseluruhan adalah seperti berikut:]*



Glucose is fed at a concentration of 100 g/L and a flow rate of 100 L/h. The conversion of glucose to ethanol is not perfect, leading to unconsumed glucose leaving in the effluent, mixed with ethanol at a rate of 4000 g/h and 3060 g/h, respectively. Carbon dioxide leaves the system in a separate gas stream.

*[Glukosa disuap pada kepekatan 100 g/L dan kadar aliran 100 L/j. Penukaran glukosa kepada etanol tidak sempurna, menyebabkan glukosa yang tidak digunakan tertinggal dalam efluen, bercampur dengan etanol pada kadar 4000 g/j dan 3060 g/j, masing-masing. Karbon dioksida meninggalkan sistem dalam aliran gas yang berasingan.]*

- [i] Draw the flow sheet of the process, labelling all the relevant streams in the system.  
*[Lukis lembaran aliran proses dengan melabel semua aliran yang berkenaan dalam sistem.]*
- [ii] Show that the sum of component mass balances for glucose, carbon dioxide and ethanol is equal to the total mass balance of the system.  
*[Tunjukkan bahawa jumlahimbangan jisim komponen untuk glukosa, karbon dioksida dan etanol adalah bersamaan denganimbangan jisim keseluruhan sistem.]*

(15 marks / 15 markah)

...3/-

- 3 -

2. [a] Describe the following regulations of microbial enzymatic reactions with the aid of diagrams.  
*[Huraikan kawalan tindak balas enzim mikrob berikut dengan bantuan gambar rajah.]*
- [i] Simple feedback regulation  
*[Kawalan maklum balas yang mudah]*
  - [ii] Sequential feedback regulation  
*[Kawalan maklum balas berurutan]*
  - [iii] Cooperative or synergistic regulation  
*[Kawalan koperasi atau sinergistik]*
  - [iv] Isofunctional enzyme  
*[Enzim isofungsi]*
  - [v] Cumulative (partial) feedback regulation  
*[Kawalan maklum balas kumulatif (separa)]*

(10 marks / 10 markah)

- [b] List the elements in a feedback control system. Compare the process control loop feedback mechanisms in the list below:  
*[Senaraikan elemen dalam sistem kawalan maklum balas. Bandingkan mekanisme maklum balas gelung kawalan proses dalam senarai berikut:]*

- [i] Bang-bang (hysteresis) control  
*[Kawalan bang-bang (histerisis)]*
- [ii] Proportional control  
*[Kawalan berkadaran]*
- [ii] Proportional-integral control  
*[Kawalan berkadaran-kamiran]*
- [iv] Proportional-integral-derivative control  
*[Kawalan berkadaran-kamiran-terbitan]*

(15 marks / 15 markah)

...4/-

- 4 -

3. [a] You are given a choice between a stirred tank bioreactor and an airlift bioreactor. For a given volume and energy input, which of the two reactors gives a higher  $k_L a$ . Explain your answer.  
*[Anda diberi pilihan antara bioreaktor tangki teraduk dan bioreaktor angkut udara. Bagi suatu isipadu dan input tenaga, yang manakah antara dua reaktor memberikan  $k_L a$  yang lebih tinggi? Terangkan jawapan anda].*

(10 marks / 10 markah)

- [b] Oxygen mass balance at the gas-liquid interphase in a fermentation system can be represented by the following equation:  
*[Keseimbangan jisim oksigen pada permukaan antara gas-cecair dalam sistem fermentasi boleh diwakili oleh persamaan berikut:]*

$$\chi \cdot q_{O_2} = k_L a (C^* - C_L)$$

$k_L a$  values in a stirred tank reactor system at an aeration rate of 0.5 vvm and different agitation rates are given in the table below.

*[Nilai  $k_L a$  dalam suatu sistem reaktor tangki teraduk pada kadar pengudaraan 0.5 vvm dan kadar pengadukan berbeza diberikan dalam jadual di bawah.]*

Agitation rates [Kadar pengadukan] (rpm)	$k_L a$ (h <sup>-1</sup> )
400	25.5
500	50.8
600	37.1

\*Oxygen solubility at room temperature, 25 °C is 1.26 mmol/L

*[\*Keterlarutan oksigen pada suhu bilik, 25 °C ialah 1.26 mmol/L]*

The oxygen uptake rate (OUR) of yeast culture at room temperature is 50 mmol/L/h. Based on the oxygen transfer rate (OTR) in the fermenter, determine which agitation rate in the table fulfils the oxygen demand by the yeast culture. Explain your answer.

*[Kadar pengambilan oksigen (OUR) kultur yis pada suhu bilik ialah 50 mmol/L/h. Berdasarkan kadar pemindahan oksigen (OTR) dalam fermenter, tentukan kadar pengadukan yang manakah dalam jadual memenuhi permintaan oksigen bagi kultur yis tersebut? Terangkan jawapan anda.]*

(15 marks / 15 markah)

...5/-

4. [a] You want to scale up a bacterial fermentation process from a 3-L bioreactor to a 20-L bioreactor based on constant shear. The optimum agitation rate at the 3-L scale is 500 rpm. Among the agitation rates of 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm and 300 rpm, which agitation rate should be applied in the 20-L bioreactor? Explain your answer.

*[Anda hendak meningkatkan skala bagi proses fermentasi bakteria daripada bioreaktor 3-L kepada bioreaktor 20-L berasaskan ricihan malar. Kadar pengadukan optimum pada skala 3-L ialah 500 rpm. Antara kadar pengadukan 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm dan 300 rpm, kadar pengadukan yang manakah patut diaplikasikan dalam bioreaktor 20-L? Terangkan jawapan anda].*

Impeller diameter of 3-L bioreactor,  $D_i = 5.2$  cm

*[Diameter pengaduk bagi bioreaktor 3-L,  $D_i = 5.2$  cm]*

Impeller diameter of 20-L bioreactor,  $D_i = 12.5$  cm

*[Diameter pengaduk bagi bioreaktor 20-L,  $D_i = 12.5$  cm]*

(10 marks / 10 markah)

- [b] The mixing efficiency in various reactor designs can be measured by the residence time distribution (RTD), often studied using a tracer.  
*[Kecekapan pengadukan dalam pelbagai reka bentuk reaktor boleh diukur dengan taburan masa pemastautin (RTD) yang sering dikaji menggunakan pengesan.]*

- [i] List **THREE (3)** characteristics of a suitable tracer.  
*[Senaraikan **TIGA (3)** ciri pengesan yang sesuai.]*

(3 marks / 3 markah)

- [ii] Draw the RTD for an ideal plug-flow reactor (PFR) in response to a step input and a pulse input, respectively.  
*[Lukiskan RTD untuk reaktor aliran palam (PFR) dalam tindak balas masing-masing kepada input langkah dan input nadi.]*

(6 marks / 6 markah)

- [iii] Draw the RTD for an ideal completely mixed reactor, continuous stirred tank reactor (CSTR) in response to a step input and a pulse input.  
*[Lukiskan RTD untuk reaktor pengadukan sepenuhnya yang unggul, reaktor tangki teraduk selanjat (CSTR) dalam tindak balas masing-masing kepada input langkah dan input nadi.]*

(6 marks / 6 markah)

5. [a] Describe the following:  
*[Huraikan yang berikut:]*

- [i] Boundary layer  
*[Lapisan sempadan]*
- [ii] Laminar and turbulent flows  
*[Aliran laminar dan bergelora]*
- [iii] Newtonian and non-Newtonian fluid  
*[Bendalir Newtonian dan bukan-Newtonian]*

(10 marks / 10 markah)

- [b] Compare fed-batch and continuous fermentation. Sketch the profiles of biomass and substrate for each type of fermentation, showing the start of feeding.  
*[Bandingkan fermentasi kelompok bersuap dan fermentasi selanjat. Lakarkan profil biojisim dan substrat untuk setiap jenis fermentasi, dengan menunjukkan permulaan suapan.]*

(15 marks / 15 markah)