

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1997/98

September 1997

EKC 466 Pengantar Kejuruteraan Bioproses

Masa: [3 jam]

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan soalan peperiksaan ini mengandungi **LIMA (5)** mukasurat bercetak dan **TIGA (3)** lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan.

Kertas soalan ini mengandungi **LIMA(5)** soalan.

Jawab hanya **EMPAT (4)** soalan.

Semua soalan **MESTI** dijawab dalam Bahasa Malaysia.

1. [a] Bandingkan ciri-ciri dalaman bagi eukaryot dan prokaryot serta kefungsiannya.

(15 markah)

- [b] Jones dan rakan-rakannya (1996) telah mengkultur *Bacillus thuringiensis* di dalam 15 m³ fermenter tangki teraduk untuk menghasilkan racun serangga perosak. Pada keadaan operasinya, nilai $K_L a$ ialah 0.17 s⁻¹.

Data:

Kadar pengambilan oksigen tentu 12.5 mmol g⁻¹ j⁻¹
 Kelarutan oksigen di dalam kaldu pemfermentasian 8 x 10⁻³ kg m⁻³

- [i] Berapakah kepekatan sel yang maksima?

(5 markah)

- [ii] Apabila ammonium sulfat ditambahkan dengan tidak sengaja ke dalam kaldu pemfermentasian, tumbesaran bakteria tersebut terencat. Akibatnya, kadar pengambilan oksigen merosot ke 3 mmol g⁻¹ j⁻¹. Dengan itu, berapakah kepekatan sel maksima yang boleh ditanggung oleh fermenter sekarang ?

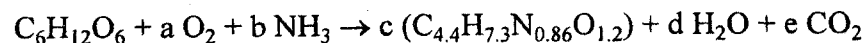
(5 markah)

2. Tindakbalas biologi:

Heksadekana



Glukosa



Andaikan ukuran eksperimen bagi sesuatu organisma boleh menukar dua pertiga (berat/berat) daripada substrat karbon (heksadekana atau glukosa) ke biomassa.

..3/-

- [a] Kirakan pekali stoikiometri bagi tindakbalas biologi di atas. (14 markah)
- [b] Kirakan pekali penghasilan $Y_{x/s}$ (g berat kering sel per g substrat) dan Y_{x/O_2} (g berat kering sel per O_2) bagi kedua-dua tindakbalas. Komenkan perbezaannya. (11 markah)
3. [a] Fisher Filtration Sdn. Bhd. telah mengkaji penurasan ampaiian yis dengan menggunakan penuras 125P. Keputusan yang didapati adalah seperti berikut (pada tekanan yang malar):-

t (min)	4	20	48	76	120
v (liter cecair turasan)	115	365	680	850	1130

Ciri-ciri penuras:

$$A = 0.28 \text{ m}^2$$

$$\mu = 2.9 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}$$

$$C = 1920 \text{ kg/m}^3$$

$$\alpha = 4 \text{ m/kg}$$

- [i] Tentukan susutan tekanan yang melalui penuras.
- [ii] Tentukan rintangan (r_m) bagi media penuras.
- [iii] Tentukan saiz penuras untuk memproses 4000 liter ampaiian sel dalam masa 20 minit pada tekanan susutan yang sama. (15 markah)
- [b] Pengempar cakera-tumpu selanjat telah beroperasi pada 5000 putaran per min untuk memisahkan yis bakers'. Pada kadar suapan $60 \text{ liter min}^{-1}$, 50% daripada sel tersebut telah diperolehi. Pada halaju pengempar yang malar, perolehan pepejalnya adalah berkadar songsang dengan kadar aliran.
- [i] Berapakah kadar aliran yang diperlukan untuk mencapai 90% perolehan sel sekiranya halaju pengempar ditetapkan pada 5000 putaran per min?
- [ii] Berapakah halaju operasi yang perlu dicapai untuk 90% perolehan pada kadar suapan $60 \text{ liter min}^{-1}$? (10 markah)

...4/-

4. [b] Jelaskan kebaikan dan keburukan media tertakrif dan media kompleks. (12 markah)

- [a] Data berikut telah diperolehi untuk dua kepekatan permulaan enzim yang berbeza bagi tindakbalas enzim-bermangkin:

$([E_0] = 0.015 \text{ g/l})$	$([E_0] = 0.00875 \text{ g/l})$	$[S]$ (g/l)
V (g/l.min)	V (g/l.min)	
1.14	0.67	20.0
0.87	0.51	10.0
0.70	0.41	6.7
0.59	0.34	5.0
0.50	0.29	4.0
0.44	-	3.3
0.39	-	2.9
0.35	-	2.5

- [i] Kirakan K_m .
- [ii] Kirakan V_m bagi $[E_0] = 0.015 \text{ g/l}$.
- [iii] Kirakan V_m bagi $[E_0] = 0.00875 \text{ g/l}$.
- [iv] Kirakan k_2 (13 markah)

5. [a] Jelaskan kebaikan dan keburukan kultur sel tumbuhan sekat gerak yang berskala besar.

(13 markah)

- [b] 20 liter fermenter tangki teraduk yang mengandungi kultur *Trichoderma harzianum* telah diguna untuk menghasilkan enzim selulosa pada 27°C. Nilai $K_L a$ ditentukan melalui kaedah dinamik. Aliran udara ditutup beberapa minit, dan ini menurunkan paras oksigen terlarut. Kemudian bekalan udara disambungkan semula. Apabila keadaan mantap dicapai, ketegangan oksigen terlarutnya ialah 78% ketepuan udara.

Berikut adalah keputusan yang diperolehi:

Masa (s)	5	15
Tegangan oksigen (% ketepuan udara).	50	66

- [i] Anggarkan nilai $K_L a$.
- [ii] Ralat dibentuk dengan menentukan paras oksigen pada keadaan mantap. Walaupun ianya 78%, nilai 70% diambilkira. Dengan itu, berapakah peratus ralat di dalam $K_L a$ akibat daripada 10% ralat di dalam C_{AL} ini?

(12 markah)

-0000000-

[EKC 466]

Appendix

<u>Symbol</u>	<u>Definition of terms</u>
∇	degree of sterilization (Del factor)
ω	angular velocity
ϕ	hold up of air bubbles
τ	reactor space time
Σ	surface area of centrifuge
vvm	volume of air per volume of bioreactor per min.
μ_m	maximum specific growth rate.
θ_d	decimal reduction time
$\bar{\eta}$	overall filter collection efficiency
z_c	centrifugal effect ($= r \omega^2/g$)
$K_L a$	volumetric mass transfer coefficient
K_s	saturation constant for growth.

...2/-

Formula:

$$q = \frac{q_0 y}{K + y}$$

$$Q = V_g \left[\frac{2\pi l R^2 \omega^2}{g} \right] = V_g [\Sigma]$$

$$Q_s = \frac{D(S_{s_0} - C_s)}{x} - \frac{1}{x} \frac{dC_s}{dt}$$

$$C_s = \frac{K_s \mu}{\mu_{\max} - \mu}$$

$$D = \frac{-\mu V_x}{C_{s_t} - C_{s_0}}$$

$$\frac{dc_e}{dt} = k_d C_e$$

$$V_m = \frac{\bar{V}_m}{1 + [H] / K_a + K_b / [H^+]}$$

$$C_p = \frac{k_2 c_{e_0}}{k_d}$$

$$X_{\max} = \frac{K_L a C_{AL}}{q_0}$$

$$K_L a (C - C_L) = \frac{dC_L}{dt}$$

$$\Delta p = \frac{K \alpha C \mu}{2A^2 g c}$$

$$\Sigma = \frac{2\pi w^2 (N-1)}{3g \tan \theta} (r_2^3 - r_1^3)$$

TABLE

Common Engineering Conversion Factors

Length	Volume
1 ft = 12 in = 0.3048 m, 1 yard = 3 ft 1 mi = 5280 ft = 1609.344 m 1 nautical mile (nm) = 6076 ft	1 ft ³ = 0.028317 m ³ = 7.481 gal, 1 bbl = 42 U.S. gal 1 U.S. gal = 231 in ³ = 3.7853 L = 4 qt = 0.833 imp. gal. 1 L = 0.001 m ³ = 0.035315 ft ³ = 0.2642 U.S. gal.
Mass	Density
1 slug = 32.174 lb _m = 14.594 kg 1 lb _m = 0.4536 kg = 7000 grains	1 slug/ft ³ = 515.38 kg/m ³ , 1 g/cm ³ = 1000 kg/m ³ 1 lb _m /ft ³ = 16.0185 kg/m ³ , 1 lb _m /in ³ = 27.68 g/cm ³
Acceleration & Area	Velocity
1 ft/s ² = 0.3048 m/s ² 1 ft ² = 0.092903 m ²	1 ft/s = 0.3048 m/s, 1 knot = 1 nm/h = 1.6878 ft/s 1 mi/h = 1.4666666 ft/s (fps) = 0.44704 m/s
Mass Flow & Mass Flux	Volume Flow
1 slug/s = 14.594 kg/s, 1 lb _m /s = 0.4536 kg/s 1 kg/m ² ·s = 0.2046 lb _m /ft ² ·s = 0.00636 slug/ft ² ·s	1 gal/min = 0.002228 ft ³ /s = 0.06309 L/s 1 million gal/day = 1.5472 ft ³ /s = 0.04381 m ³ /s
Pressure	Force and Surface Tension
1 lb _f /ft ² = 47.88 Pa, 1 torr = 1 mm Hg 1 psi = 144 psf, 1 bar = 10 ⁵ Pa 1 atm = 2116.2 psf = 14.696 psi = 101.325 Pa = 29.9 in. Hg = 33.9 ft H ₂ O	1 lb _f = 4.448222 N = 16 oz, 1 dyne = 1 g·cm/s ² = 10 ⁻⁵ N 1 kg _f = 2.2046 lb _f = 9.80665 N 1 U.S. (short) ton = 2000 lb _f , 1 N = 0.2248 lb _f 1 N/m = 0.0685 lb _f /ft
Power	Energy and Specific Energy
1 hp = 550 (ft·lb _f)/s = 745.7 W 1 (ft·lb _f)/s = 1.3558 W 1 Watt = 3.4123 Btu/h = 0.00134 hp	1 ft·lb _f = 1.35582 J, 1 hp·h = 2544.5 Btu 1 Btu = 252 cal = 1055.056 J = 778.17 ft·lb _f 1 cal = 4.1855 J, 1 ft·lb _f /lb _m = 2.9890 J/kg
Specific Weight	Heat Flux
1 lb _f /ft ³ = 157.09 N/m ³	1 W/m ² = 0.3171 Btu/(h·ft ²)
Viscosity	Kinematic Viscosity
1 slug/(ft·s) = 47.88 kg/(m·s) = 478.8 poise (p) 1 p = 1 g/(cm·s) = 0.1 kg/(m·s) = 0.002088 slug/(ft·s)	1 ft ² /h = 2.506 · 10 ⁻⁵ m ² /s, 1 ft ² /s = 0.092903 m ² /s 1 stoke (st) = 1 cm ² /s = 0.0001 m ² /s = 0.001076 ft ² /s
Temperature Scale Readings	
°F = (9/5)°C + 32 °C = (5/9) (°F - 32) °R = °F + 459.69 °K = °C + 273.16	
Specific Heat or Gas Constant*	Thermal Conductivity*
1 (ft·lb _f)/(slug·°R) = 0.16723 (N·m)/(kg·K) 1 Btu/(lb·°R) = 4186.8 J/(kg·K)	1 cal/(s·cm·°C) = 242 Btu/(h·ft·°R) 1 Btu/(h·ft·°R) = 1.7307 W/(m·K)
* Note that the intervals in absolute (Kelvin) and °C are equal. Also, 1 °R = 1 °F. Latent heat: 1 J/kg = 4.2995 × 10 ⁻⁴ Btu/lb _m = 10.76 lb _f ·ft/slug = 0.3345 lb _f ·ft/lb _m , 1 Btu/lb _m = 2325.9 J/kg. Heat transfer coefficient: 1 Btu/(h·ft ² ·°F) = 5.6782 W/(m ² ·°C). Heat generation rate: 1 W/m ³ = 0.09665 Btu/(h·ft ³). Heat transfer per unit length: 1 W/m = 1.0403 Btu/(h·ft). Mass transfer coefficient: 1 m/s = 11.811 ft/h, 1 lbmol/(h·ft ²) = .0013562 kgmol/(s·m ²).	