

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 1996/97

Oktober/November 1996

**EKC 451 - Proses Dinamik Dan Kawalan Lanjutan**

Masa: [3 jam]

---

**ARAHAN KEPADA CALON:**

Sila pastikan kertas soalan ini mengandungi **TUJUH (7)** mukasurat dan **DUA (2)** Lampiran bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.

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

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

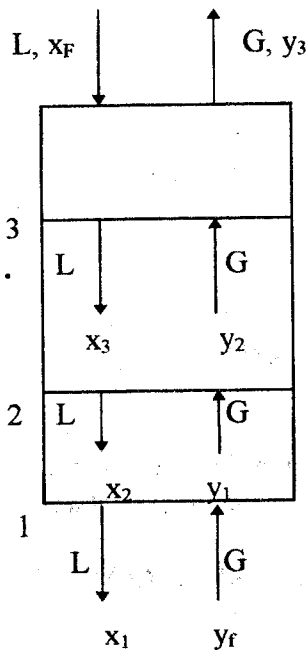
Soalan No. 1 **MESTI** dijawab dalam Bahasa Malaysia. Anda dibolehkan menjawab soalan-soalan lain dalam Bahasa Inggeris.

Soalan terjemahan Bahasa Inggeris ditaip dalam bentuk tulisan **Italic**.

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

Answer **Only FOUR (4)** Questions.

1. Gambarajah Q1 menunjukkan tiga peringkat unit penyerapan gas.  
A three stage gas absorption unit is shown in Fig. Q1



Gambarajah Q1

Isi muatan cecair bagi setiap plat diandaikan tetap. Perhubungan keseimbangan antara kepekatan cecair dan gas diberikan oleh Hukum Henry.

*Liquid hold up in each plate  $H$  is assumed to be constant. The equilibrium relationship between liquid and gas concentrations is given by the Henry's Law.*

$$y_i = ax_i + b \quad i = 1, 2, 3.$$

- [a] Terbitkan model MIMO untuk proses tersebut bagi kes di mana  $x_F$ ,  $y_f$  adalah angkuubah dan  $L$ ,  $G$  adalah tetap. Nyatakan kesemua andaian yang dibuat.

*Derive a MIMO model for the process for the case where  $x_F$ ,  $y_f$  are variable and  $L$ ,  $G$  are constants. List all the assumptions.*

(10 markah)

...3/-

- [b] Berikan kesemua angkuubah dan parameter.  
*List all the variables and parameters.* (2 markah)
- [c] Berikan analisis darjah kebebasan.  
*Make a degree of freedom analysis.* (3 markah)
- [d] Buat persamaan berkadar lurus dan bina gambarajah blok MIMO.  
*Linearise the equations and develop a MIMO block diagram.* (10 markah)

Gunakan data-data berikut:

*Use the following numerical values:*

$$\begin{aligned} H &= 35 \text{ kg} & x_f &= 0 \\ L &= 20 \text{ kg/min} & y_f &= 0.2 \\ G &= 30 \text{ kg/min} & x_f \text{ dan (and) } y_f &= \text{pecahan mol (mole fraction)} \\ a &= 0.72 \\ b &= 0 \end{aligned}$$

Untuk kegunaan sifat-sifat fizikal, andaikan bahawa cecair tersebut adalah air dan gas tersebut adalah udara.

*For the purpose of physical properties assume the liquid to be water and gas to be air.*

2. [a] Apakah yang dimaksudkan dengan "poles" dan "zeroes" bagi sesuatu rangkap pindah. Apakah kesannya kepada reaksi sesuatu sistem.  
*What is meant by poles and zeroes of a transfer function. What are their effect on the system response.* (6 markah)
- [b] Bagi rangkap pindah  
*For the transfer function*

$$G = \frac{K}{s(\tau_1 s + 1)(\tau_2^2 s^2 + 2\zeta\tau_2 s + 1)}$$

Lukiskan punca-punca di atas permukaan kompleks dan bincangkan kesan setiap punca ke atas reaksi.

*Plot the roots on the complex plane and discuss the effect of each root on the response.*

(7 markah)

- [c] Rangkap pindah sesuatu proses ialah  
*A process transfer function*

$$G = \frac{-0.6s + 1}{(5s + 1)(2s + 1)}$$

*ianya untuk dimodelkan oleh dua sistem tertib pertama secara selari. Tentukan rangkap pindah tertib pertamanya.*

*is to be modelled by two first order systems in parallel. Determine the first order transfer functions.*

(6 markah)

- [d] Apakah yang dimaksudkan dengan reaksi songsang. Berikan satu contoh fizikal reaksi songsang dan huraikan alasan-alasan bagi sifat untuk reaksi awalan.

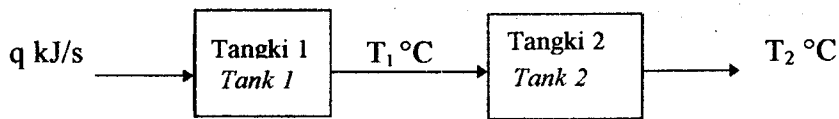
*What is meant by inverse response. Give one physical example of inverse response and explain the reason for the nature of the initial response.*

(6 markah)

3. Suatu proses mengandungi dua tangki reaktor teraduk dihubungkan secara siri. Suatu langkah perubahan dibuat dalam  $q$  dari 82 kepada 84 kJ/s dan memberikan keputusan seperti data di bawah. Tentukan satu model tertib kedua bagi proses tersebut dengan menggunakan kaedah pecahan reaksi tidak lengkap.

*A process consists of two stirred tank reactors connected in series. A step change is made in  $q$  from 82 to 84 kJ/s and the following data results. Determine a model for the process by the fraction incomplete response method.*

(25 markah)

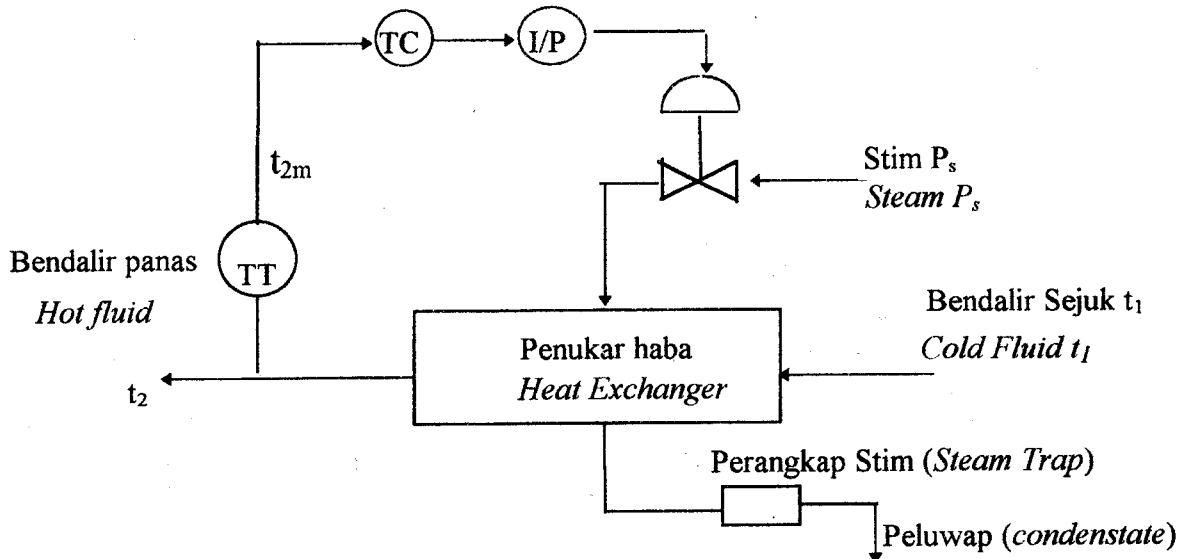


Gambarajah Q3

Masa, s Time, s	T <sub>1</sub> , °C	T <sub>2</sub> , °C		Masa, s Time, s	T <sub>1</sub> , °C	T <sub>2</sub> , °C
0	10.00	20.00		11	17.80	25.77
1	12.27	20.65		12	17.85	25.84
2	13.89	21.79		13	17.89	25.88
3	15.06	22.83		14	17.92	25.92
4	15.89	23.63		15	17.95	25.94
5	16.49	24.32		16	17.96	25.96
6	16.91	24.79		17	17.97	25.97
7	17.22	25.13		18	17.98	25.98
8	17.44	25.38		19	17.99	25.98
9	17.60	25.55		20	17.99	25.99
10	17.71	25.68		50	18.00	26.00

Jadual Q3

4. Skim kawalan sebuah penukar haba ditunjukkan oleh gambarajah Q4.  
A heat exchanger control scheme is shown in Fig. Q4.



Gambarajah Q4

Suatu ujian gelung terbuka telah dijalankan dengan menukarkan tekanan stim dari 125 kPa ke 138 kPa. Bacaan carta perakam diberikan oleh Jadual Q4(a). Halaju perakam ialah 120 mm/jam. Pada keadaan kendalian, injap kawalan dan arus-tekanan transduser mempunyai gandaan  $K_v = 0.9$  kPa/kPa dan  $K_{IP} = 5.2$  kPa/mA. Tentukan set PID yang sesuai dengan menggunakan pendekatan berikut:-

An open loop test is conducted by changing the steam pressure from 125 kPa to 138 kPa. The recorder chart reading is given in Table Q4(a). The recorder speed is 120 mm/hour. At the operating conditions the control valve and current-to-pressure transducers have gains of  $K_v = 0.9$  kPa/kPa and  $K_{IP} = 5.2$  kPa/mA respectively. Determine appropriate PID settings by using the following approaches.

- [a] Model Kawalan Dalaman  
Internal Model Control

(13 markah)

- [b] Cohen dan Coon  
Cohen and Coon

Note: Cohen-Coon method is similar to Ziegler-Nichols method and is based on Process Reaction curve.

(12 markah)

...7/-

Rujuk kepada Jadual Q4(b) dan Jadual Q4(c) di dalam lampiran.  
*Refer to Table Q4(b) and Table Q4 (c) in the Appendix.*

Jadual (Table) Q4(a)

bacaan carta, mm <i>chart reading, mm</i>	$t_{2m}$ , mA
0	12
2	12
4	12.5
6	13.1
8	14.0
10	14.8
12	15.4
14	16.1
16	16.4
18	16.8
20	16.9
22	17.0
24	16.9

5. [a] Bincangkan secara ringkas skematik kawalan untuk sebuah turus penyulingan perduaan.

*Discuss briefly the control schematics for a binary distillation column*

(12 markah)

- [b] Sebuah turus penyulingan mempunyai model rangkaian pindah seperti berikut;

*A distillation column has the following transfer function model.*

$$\frac{X_D}{D} = \frac{K_p e^{-20s}}{95s + 1} \quad \frac{X_D}{F} = \frac{K_L e^{-30s}}{60s + 1}$$

Penghantar dan injap kawalan mempunyai dinamik yang boleh diabaikan. Terbitkan alat kawalan bagi dinamik suapan ke depan bagi turus penyulingan berikut.

*The transmitter and control valve have negligible dynamics. Derive a dynamic feed forward controller for the distillation column.*

(13 markah)

ooo0ooo

## Lampiran [Appendix]

Jadual Q4(b): IMC-berasaskan kawalan PID bagi  $G_c(s)$ Table Q4 (b): IMC-Based PID Controller Settings for  $G_c(s)$ 

Case	Model	K, K	$\tau_1$	$\tau_D$
A	$\frac{K}{\tau s + 1}$	$\frac{\tau}{\tau_c}$	$\tau$	-
B	$\frac{K}{(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)}$	$\frac{\tau_1 + \tau_2}{\tau_c}$	$\tau_1 + \tau_2$	$\frac{\tau_1 \tau_2}{\tau_1 + \tau_2}$
C	$\frac{K}{\tau^2 s^2 + 2\zeta \tau s + 1}$	$\frac{2\zeta \tau}{\tau_c}$	$2\zeta \tau$	$\frac{\tau}{2\zeta}$
D	$\frac{K(-\beta s + 1)}{\tau^2 s^2 + 2\zeta \tau s + 1}, \beta > 0$	$\frac{2\zeta \tau}{\tau_c + \beta}$	$2\zeta \tau$	$\frac{\tau}{2\zeta}$
E	$\frac{K}{s}$	$\frac{1}{\tau_c}$	-	-
F	$\frac{K}{s(\tau s + 1)}$	$\frac{1}{\tau_c}$	-	-



Jadual Q4(c): Hubungkait rekabentuk Kawalan Cohen dan Coon  
 Table Q4(c): Cohen and Coon Controller Design Relations

Kawalan Controller	Penetapan Settings	Cohen-Coon
P	$K_c$	$\frac{1}{K} \frac{\tau}{\theta} [1 + \theta / 3\tau]$
PI	$K_c$	$\frac{1}{K} \frac{\tau}{\theta} [0.9 + \theta / 12\tau]$
	$\tau_i$	$\frac{\theta [30 + 3(\theta / \tau)]}{9 + 20(\theta / \tau)}$
PID	$K_c$	$\frac{1}{K} \frac{\tau}{\theta} \left[ \frac{16\tau + 30}{12\tau} \right]$
	$\tau_i$	$\frac{\theta [32 + 6(\theta / \tau)]}{13 + 8(\theta / \tau)}$
	$\tau_p$	$\frac{40}{11 + 2(\theta / \tau)}$