

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 1996/97

Oktober/November 1996

EKC 335 - Dinamik & Kawalan Proses

Masa: [3 jam]

ARAHAN KEPADA CALON:

Sila pastikan kertas soalan ini mengandungi **SEBELAS (11)** mukasurat dan **SATU (1)** lampiran bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.

Kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan.

Jawab **EMPAT (4)** soalan. **Soalan nombor 1 adalah wajib.**

Anda **diwajibkan** menjawab soalan No.1 dalam Bahasa Malaysia.

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

Soalan No. 1 adalah Wajib.
Question No. 1 is Compulsory

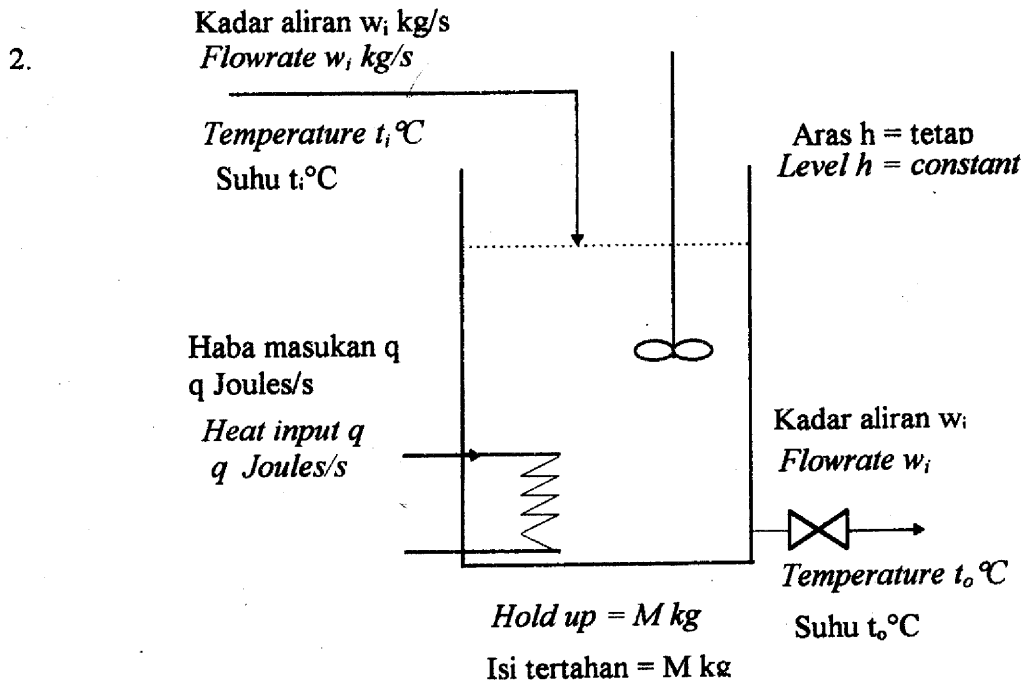
1. Terangkan dengan bantuan satu lakaran, satu alatan bagi kegunaan-kegunaan di bawah. Alatan yang anda pilih mestilah sesuai digunakan sebagai sebahagian dari gelung tertutup sistem kawalan. Jawapan mestilah ringkas:-

Describe with a neat sketch one instrument for each of the following applications. The instrument you choose must be suitable for use as a part of a closed loop control system. Answers should be brief.

- [i] Pengaliran gas asli di dalam sesuatu paip.
Natural gas flowing in a pipe line.
- [ii] Pengaliran buburan arangbatu-air di dalam sesuatu paip.
Coal-water slurry flowing in a pipe line.
- [iii] Aras gasolin di dalam suatu tangki simpanan yang besar.
Level of Gasoline in a large storage tank.
- [iv] pH bagi aliran sisa air.
pH of a waste water stream.
- [v] Kepekatan oksigen di dalam gas serombong.
Concentration of oxygen in a flue gas.
- [vi] Kerencaman bagi sesuatu arus sisi dari berbagai komponen turus penyulingan.
Composition of a sidestream from a multicomponent distillation column.

(25 markah)

-3-



Gambarajah Q2

Gambarajah Q2 menunjukkan satu tangki teraduk yang digunakan untuk memanaskan cecair. Andaikan ianya adalah percampuran sempurna, terbitkan model berkadar terus bagi sistem tersebut. Terbitkan rangkap pindah dan lukiskan suatu gambarajah blok bagi sistem tersebut.

A stirred tank used for heating a liquid is shown in Figure Q2. Assuming perfect mixing derive the linearised model for the system. Derive the transfer function and draw a block diagram of the system.

(25 markah)

3. [a] Nyatakan samada kenyataan di bawah benar atau tidak dan berikan sebabnya.

State whether the following statements are true or false and justify your answer.

- [i] Dua sistem tertib pertama bersiri tidak boleh memberi kenaikan kepada sistem tertib kedua yang teredam kurang.

Two first order systems in series cannot give rise to an underdamped second order system.

- [ii] Dua sistem tertib pertama disambungkan bersiri tanpa bersaling tindak akan bersambutan lebih cepat di bandingkan dengan dua sistem yang sama jika disambungkan dengan bersaling tindak.

Two first order systems connected in series without interaction will respond faster than the same two systems connected with interaction.

(10 markah)

- [b] Lakarkan lengkung sambutan bagi sistem tertib kedua bagi $\zeta < 1$ dan takrifkan dengan jelas ungkapan berikut.

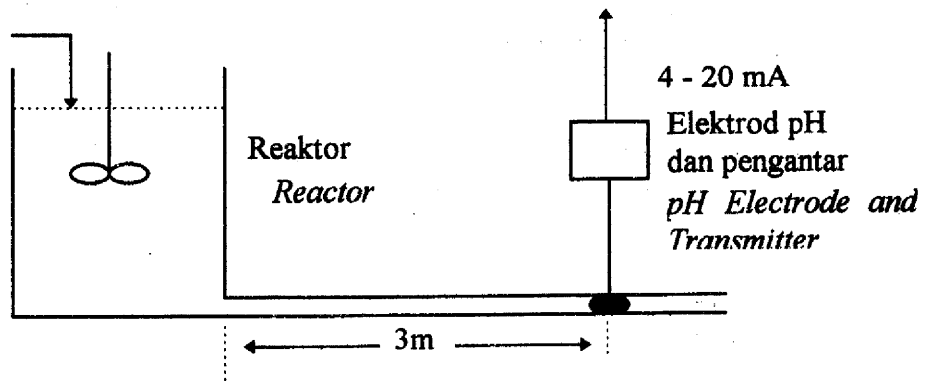
Sketch the response curve of a second order system for $\zeta < 1$ and clearly define the following terms

- [i] Masa naik
Rise time
- [ii] Keterlajakan
Overshoot
- [iii] Nisbah peluputan
Decay ratio
- [iv] Kala
Period
- [v] Masa sambutan
Response time

(10 markah)

- [c] Sebatang elektrod pH dipasang pada paip keluaran bagi sebuah reaktor pada jarak 3 m dari bejana itu. (Gambarajah Q3). Jika luas keratan rentas bagi paip tersebut ialah 2 cm^2 dan kadar aliran cecair ialah 10 liter/minit, terbitkan rangkap pindah antara pH di dalam reaktor dan signal elektrod. Andaikan bahawa pH 0 - 14 akan memberikan keluaran 4 - 20 mA.

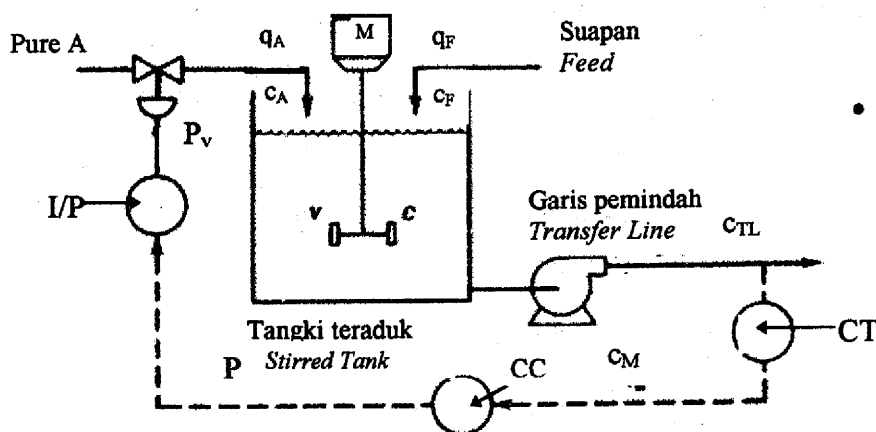
A pH electrode is installed in the exit pipe of a reactor at a distance of 3 metres from the vessel. (Fig. Q3). If the cross sectional area of the pipe is 2 cm^2 and the flowrate of liquid 10 litres/minute derive the transfer function between the pH in the reactor and the electrode signal. Assume that 0 - 14 pH will give an output of 4 - 20 mA.



Gambarajah Q3

(5 markah)

4.



Gambarajah Q4

Proses percampuran terdiri daripada satu alatan tangki teraduk seperti yang ditunjukkan dalam Gambarajah Q4. Kepekatan bagi satu spesis A di dalam aliran suapan berubah. Alat kawalan cuba mengurangkan perubahan ini dengan mengubahkan kadar aliran bahan tulen A melalui injap kawalan.

A mixing process consists of a single stirred tank instrumented as shown in Figure Q4. The concentration of a single species A in the feed stream varies. The controller attempts to compensate for this by varying the flow rate of pure A through the control valve.

- [a] Lukiskan gambarajah blok bagi proses kawalan tersebut.
Draw a block diagram for the controlled process. (10 markah)
- [b] Terbitkan rangkap pindah bagi setiap blok di dalam gambarajah blok anda.
Derive a transfer function for each block in your block diagram. (15 markah)

Proses
Process

- [i] Isipadu adalah tetap (5m^3)
The volume is constant (5 m^3).
- [ii] Kadar aliran suapan adalah tetap ($\bar{q}_F = 7\text{m}^3/\text{min}$).
The feed flow rate is constant ($\bar{q}_F = 7\text{m}^3/\text{min}$).
- [iii] Kadar aliran A berubah tetapi perubahannya amat kecil berbanding dengan \bar{q}_F ($\bar{q}_A = 0.5\text{ m}^3/\text{min}$).
The flow rate of the A stream varies but is small compared to \bar{q}_F ($\bar{q}_A = 0.5\text{ m}^3/\text{min}$).
- [iv] $\bar{c}_F = 50\text{ kg/m}^3$ and $\bar{c}_A = 800\text{ kg/m}^3$.
- [v] Kesemua ketumpatan adalah tetap dan sama.
All densities are constant and equal.

Palang bagi setiap angkubah menunjukkan bacaan awal.
A bar over the variable designates initial value.

Garis pemindahan
Transfer Line

- [i] Garis pemindahan adalah 20m panjang dan mempunyai .05m ukurlilit dalaman.
The transfer line is 20m long and has .05m inside diameter.
- [ii] Isipadu pam boleh diabaikan.
Pump volume can be neglected.

Data pengantar rencaman:
Composition Transmitter Data:

| $\underline{c_{TL}}(\text{kg/m}^3)$ | $\underline{c_M}(\text{mA})$ |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 0 | 4 |
| 200 | 20 |

Alat kawalan
Controller

- [i] Alat kawalan PID unggul.
Ideal PID controller
- [ii] Hasil bezaan ke atas keluaran proses sahaja.
Derivative on process output only
- [iii] Bertindak secara terus atau berbalik, seperti yang diminta.
Direct or reverse acting, as required
- [iv] Masukan arus (mA) dan keluaran signal.
Current (mA) input and output signals.

Data transduser I/P
I/P Transducer Data:

| $\underline{p}(\text{mA})$ | $\underline{p_s}(\text{psig})$ |
|----------------------------|--------------------------------|
| 4 | 3 |
| 20 | 15 |

Injap Kawalan Control Valve

Injap yang mempunyai peratusan yang sama digunakan di mana mempunyai hubungkait seperti dibawah:-

An equal percentage valve is used which has the following relation:

$$q_A = 0.17 + 0.03(20)^{\frac{p_v - 3}{12}}$$

Bagi tukar langkah tekanan masukan, injap memerlukan lebih kurang 1 minit untuk berada pada kedudukan baru.

For a step change in input pressure, the valve requires approximately 1 minute to move to its new position.

5. [a] [i] Tuliskan persamaan bagi kawalan PID unggul dan terbitkan versi digitnya.

Write the equation for an ideal PID controller and derive its digital version.

- [ii] Apakah yang dimaksudkan dengan kedudukan dan bentuk-bentuk halaju bagi kawalan PID.

What is meant by position and velocity forms of the PID control.

- [iii] Apakah yang dimaksudkan dengan "Reset Windup", dan bagaimanakah ianya dihapuskan.

What is meant by Reset Windup and how is it eliminated.

- [iv] Apakah yang dimaksudkan dengan hasil Bezaan Kick dan bagaimanakah ianya dihapuskan.

What is meant by Derivative Kick and how is it eliminated.

(12 markah)

- [b] [i] Bagi sistem kawalan yang ditunjukkan dalam Gambarajah Q5, dapatkan rangkap pindah gelung tertutup C/U .

For the control system shown in Figure Q5, obtain the closed-loop transfer function C/U .

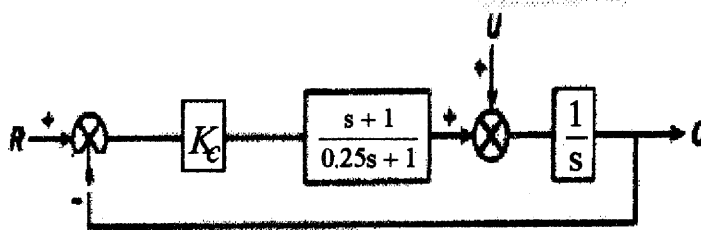
- [ii] Kirakan nilai K_c di mana nilai ζ bagi sambutan gelung tertutup ialah 2.3

Find the value of K_c for which the closed-loop response has a ζ of 2.3

- [iii] Kirakan ofset bagi satu unit tukar langkah di dalam U jika $K_c = 4$.

Find the offset for a unit-step change in U if $K_c = 4$.

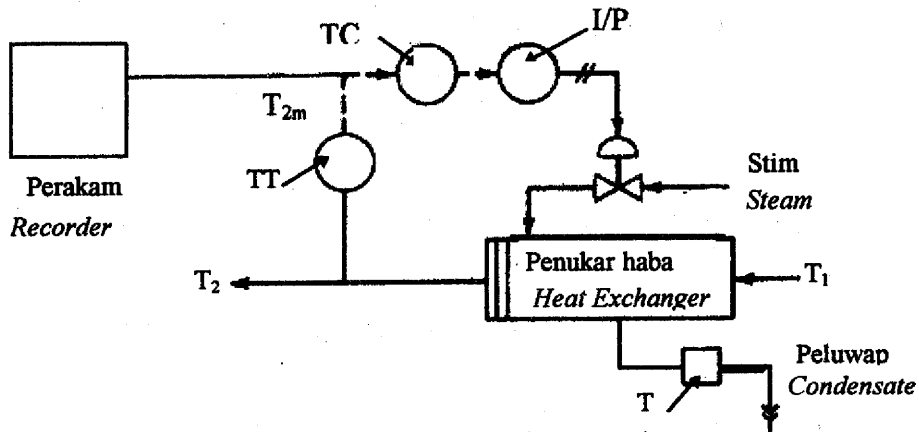
(13 markah)



Gambarajah Q5

6. Suatu aliran proses di panaskan menggunakan sebuah penukar haba jenis kelompang dan tiub. Suhu keluaran dikawal dengan mengubah injap stim seperti yang ditunjukkan dalam Gambarajah Q6. Semasa satu pengujian gelung terbuka, keluaran alat kawalan tiba-tiba bertukar dari 50 ke 62.5% dan data bagi suhu ditunjukkan dalam Jadual Q6. Tentukan set alat kawalan optima yang ditentukan menggunakan kaedah Ziegler-Nichols.

A process stream is heated using a shell and tube heat exchanger. The exit temperature is controlled by adjusting the steam control valve shown in Figure Q6. During an open-loop experimental test the controller output was suddenly changed from 50 to 62.5% and the temperature data shown in Table Q6 were obtained. Determine optimum controller settings by the Ziegler-Nichols method.



Gambarajah Q6

Jadual (Table) Q6

| Masa, perakam berjalan, mm <i>Time: Recorder Travel, mm</i> | Suhu, bacaan perakam % <i>Temperature: Recorder Reading %</i> |
|--|--|
| 0 | 50 |
| 50 | 50 |
| 100 | 53.13 |
| 150 | 56.88 |
| 200 | 62.5 |
| 250 | 67.5 |
| 300 | 71.25 |
| 350 | 76.63 |
| 400 | 77.5 |
| 450 | 80.0 |
| 500 | 80.63 |
| 550 | 81.25 |
| 600 | 81.25 |

Data:Data:

Halaju perakam 50mm/min
Recorder speed 50mm/min

Gandaan penghantar 0.16mA/°C
Transmitter gain 0.16mA/°C

| | |
|--|----------------------------------|
| Gandaan perakam <i>Recorder Gain</i> | 6.25%/mA <i>6.25%/mA</i> |
| Jarak perakam <i>Recorder Span</i> | 50 - 100°C <i>50 - 100 °C</i> |
| Gandaan penular I/P <i>I/P converter Gain</i> | 0.75psi/mA <i>0.75psi/mA</i> |
| Gandaan Injap <i>Valve Gain</i> | 8.33%/psi <i>8.33%/psi</i> |

100% penukaran injap akan menukar tekanan stim dengan 11 psi.
100% valve change will change steam pressure by 11 psi.

(25 markah)

ooo0ooo

Lampiran (Appendix)Ziegler-Nichols Tuning Relations (Process Reaction Curve Method)

| Controller Type | K_c | τ_I | τ_D |
|-----------------|--------------------------|---------------|--------------|
| P | $\frac{1}{\theta S^*}$ | - | - |
| PI | $\frac{0.9}{\theta S^*}$ | 3.33 θ | - |
| PID | $\frac{1.2}{\theta S^*}$ | 2 θ | 0.5 θ |