

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
Academic Session 2010/2011

April/May 2011

**EBB 338/3 – Process Control**  
**[Kawalan Proses]**

Duration : 3 hours  
[Masa : 3 jam]

---

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

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

This paper consists of ONE question from PART A, THREE questions from PART B and THREE questions from PART C.

*[Kertas soalan ini mengandungi SATU soalan dari BAHAGIAN A, TIGA soalan dari BAHAGIAN B dan TIGA soalan dari BAHAGIAN C.]*

**Instruction:** Answer question from PART A, **TWO** questions from PART B and **TWO** questions from PART C. If candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

**[Arahan:** Jawab soalan dari BAHAGIAN A, **DUA** soalan dari BAHAGIAN B dan **DUA** soalan dari BAHAGIAN C. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

The answers to all questions must start on a new page.

*[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]*

You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.

*[Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]*

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

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

**PART A / BAHAGIAN A**

1. [a] Consider the distillation column as shown in Figure 1.
- What are the controlled variables?
  - What are the corresponding manipulated variables?
  - Draw a block diagram representing this control scheme.

*Suatu sistem penyulingan ditunjukkan dalam Rajah 1.*

- Apakah pembolehubah yang dikawal?*
- Apakah pembolehubah terkendalikan yang berkaitan?*
- Lukis satu gambarajah blok yang mewakili sistem kawalan ini.*

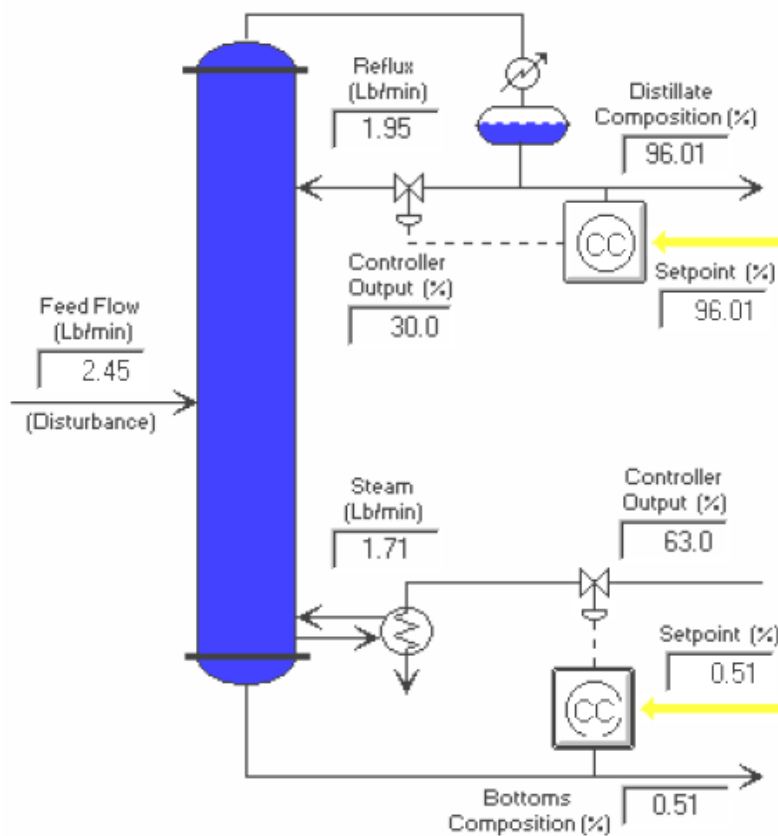


Figure 1: A distillation column

*Rajah 1: Suatu sistem penyulingan*

(50 marks/markah)

...3/-

- [b] Calculate the amplitude ratio and phase angle for the second-order transfer function using frequency response analysis:

*Kirakan nisbah amplitud dan sudut fasa bagi fungsi pindah tertib kedua dengan menggunakan analisis sambutan frekuensi:*

$$G(s) = \frac{K}{(r_1s + 1)(r_2s + 3)}$$

(50 marks/markah)

**PART B / BAHAGIAN B**

2. [a] List four objectives of process control.

*Senaraikan empat objektif kawalan proses.*

(10 marks/markah)

- [b] Define controlled variable.

*Jelaskan pembolehubah yang terkawal.*

(10 marks/markah)

- [c] What is manipulated variable?

*Apakah pembolehubah yang dikendalikan?*

(10 marks/markah)

- [d] What does it mean by self regulation?

*Apa yang dimaksudkan dengan pengawalan sendiri?*

(10 marks/markah)

- [e] What are the advantages and disadvantages of feed forward controller.

*Apakah kelebihan dan kekurangan suapan ke depan.*

(20 marks/markah)

- [f] Why do we need mathematical modeling for processes?

*Mengapa kita perlukan pemodelan matematikal untuk sesuatu proses?*

(20 marks/markah)

...5/-

---

[g] What are the steps involved to design the best controller?

*Apakah langkah-langkah yang diperlukan dalam merencanakan sebuah pengawal yang terbaik?*

(20 marks/markah)

3. [a] Given the transfer function:

*Diberikan fungsi pertukaran:*

$$G(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{1}{s^2 + 3s + 2};$$

Find the response  $y(t)$  to the input of  $r(t) = 5 \mu(t)$ .

*Tentukan respons  $y(t)$  kepada masukan  $r(t) = 5 \mu(t)$ .*

(20 marks/markah)

[b] Solve the following equation using Laplace transform:

*Selesaikan persamaan berikut menggunakan jelmaan Laplace:*

$$2 \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} + 6y = 4; \quad y(0) = 0$$

(20 marks/markah)

- [c] Find the transfer function between output and input for a two-loop electrical system as shown in Figure 2. Given  $R = 5 \text{ Ohm}$ ,  $C = 2 \text{ F}$ ,  $L = 4 \text{ H}$ , and  $V(t) = 10 \text{ V}$ .

*Tentukan fungsi pertukaran antara keluaran dan masukan bagi suatu gelung kembar sistem elektrik seperti dalam Rajah 2. Diberikan  $R = 5 \text{ Ohm}$ ,  $C = 2 \text{ F}$ ,  $L = 4 \text{ H}$ , and  $V(t) = 10 \text{ V}$ .*

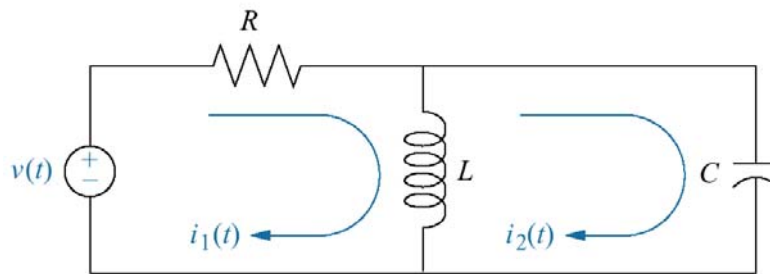


Figure 2: A two-loop electrical system

*Rajah 2: Suatu gelung kembar sistem elektrik*

(20 marks/markah)

- [d] Assuming a constant volume mixing tank for two species, A and B as shown in Figure 3. Assuming you can change the inlet and outlet concentrations of A and B. Develop a dynamic mass balance of this system.

*Andaikan sebuah tangki pencampuran dengan isipadu tetap untuk dua spesis A dan B seperti Rajah 3. Anggap anda dapat mengubah kepekatan saluran masuk dan saluran keluar A dan B. Bina suatu keseimbangan jisim dinamik bagi sistem ini.*

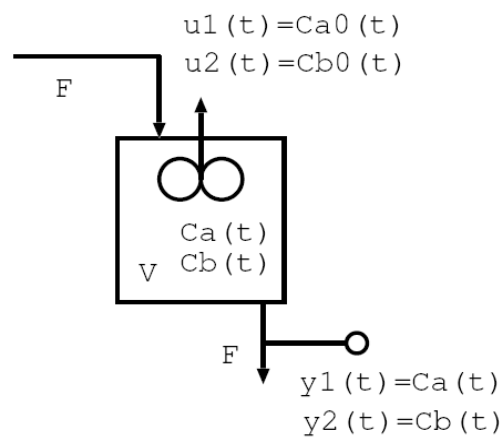


Figure 3: A constant volume mixing tank

Rajah 3: Sebuah tangki pencampuran dengan isipadu tetap

(40 marks/markah)

4. [a] Extrusion is a process that is used to produce continuous or cut lengths of materials of desired shape. This process can be applied to prepare clay body for other shaping applications such as jollying, jiggering and drawing. An extrusion machine has several main sections and every section has certain function. The main sections are including feed inlet chamber, blade, vacuum chamber, extrusion auger and die. Clay body that is subjected to extrusion process is pushed through all the sections of machine to obtain a perfect product. There are several parameters that should be extensively controlled. The failure to control these parameters results in unforming product shape.

Draw the phase model of production, consisting of all process elements "clay preparation" for this process.

*Penyemperitan ialah suatu proses untuk menghasilkan bahan berterusan atau terpotong dengan suatu bentuk tertentu. Proses ini boleh digunakan untuk menyediakan tanah liat untuk aplikasi pembentukan lain seperti penjelukan, penjorongan dan lenturan. Satu alat penyemperitan terdiri daripada beberapa bahagian dan setiap bahagian mempunyai fungsi tertentu. Bahagian utama terdiri daripada kebuk suapan masuk, bilah, kebuk vakum, gerimit penyemperitan dan acuan. Tanahliat yang disemperit ditolak melalui semua bahagian untuk memperoleh suatu produk yang unggul. Terdapat beberapa parameter yang perlu dikawal secara rapi. Kegagalan mengawal parameter tersebut akan menghasilkan produk yang tidak seragam.*

*Lukis model fasa pembuatan yang terdiri daripada semua elemen proses “penyediaan tanahliat” bagi proses ini.*

(50 marks/markah)



- [b] For the following system (Figure 4), steam is used to heat the liquid in a constant volume tank. The available measurements include the temperature of the liquid in the tank, the temperature of the feed flowing into the tank, and the steam flow rate. The steam valve can be manipulated. It is desired to regulate the temperature of the exit flow from the tank at a constant value.
- (i) Draw a feedback control loop for the system
  - (ii) Draw a feed forward control loop, assuming the feed temperature acts as the disturbance.

*Bagi sistem berikut (Rajah 4), wap digunakan memanaskan cecair pada isipadu tetap. Pengukuran yang tersedia ialah suhu cecair dalam tangki, suhu aliran masuk ke dalam tangki, dan kadar aliran wap. Injap wap boleh dikendalikan. Adalah dikehendaki mengatur suhu aliran keluar dari tangki pada isipadu tetap.*

- (i) *Lukis "feedback control loop" bagi sistem ini.*
- (ii) *Lukis "feed forward control loop", anggap "feed temperature" bertindak sebagai gangguan.*

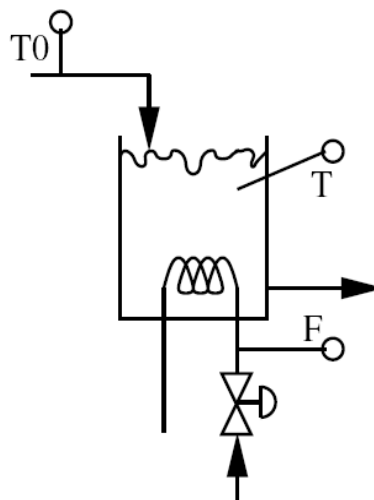


Figure 4: Liquid heating tank system

*Rajah 4: Sistem tangki pemanas cecair*

(50 marks/markah)

...10/-

**PART C / BAHAGIAN C**

5. [a] Solve the closed-loop transfer function  $Y(s)/Y_r(s)$  in terms of  $K_1$ ,  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$ ,  $D_1$ ,  $H_1$  and  $H_2$  for the complex control system in Figure 5. This block diagram has two feedback loops and one disturbance variable.

*Selesaikan fungsi pindah gelung tertutup  $Y(s)/Y_r(s)$  dalam bentuk  $K_1$ ,  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$ ,  $D_1$ ,  $H_1$  dan  $H_2$  untuk sistem kawalan yang kompleks pada Rajah 5. Gambarajah blok ini mempunyai dua gelung tertutup dan satu pemboleh ubah gangguan.*

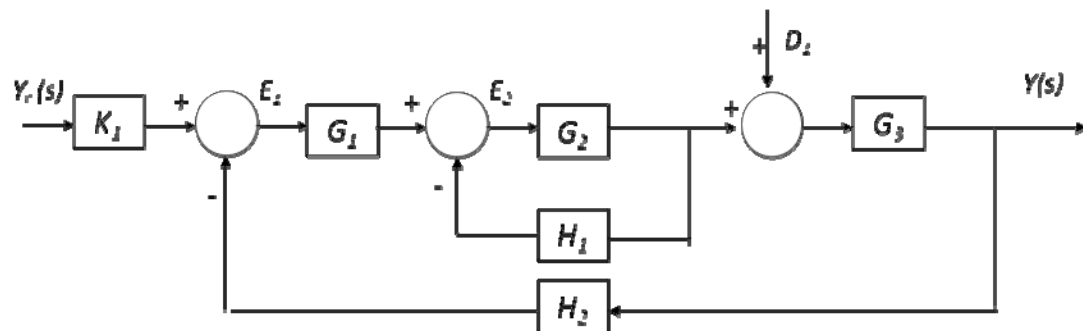


Figure 5: Closed-loop transfer function for a complex control system.

*Rajah 5: Fungsi pindah gelung tertutup bagi sebuah sistem kawalan yang kompleks.*

(40 marks/markah)

- [b] (i) Define the terms bounded-input and bounded-output (BIBO) stability.

*Takrifkan maksud kestabilan input terikat dan output terikat.*

(20 marks/markah)

- (ii) From the characteristic equation below, determine the values of controller gain  $K_c$  that make the feedback control system stable using Routh-Hurwitz analysis.

*Daripada persamaan di bawah, tentukan nilai pengawal gandaan  $K_c$  yang dapat menstabilkan sistem kawalan suap balik dengan menggunakan analisis Routh-Hurwitz.*

$$10s^3 + 17s^2 + 8s + 1 + K_c = 0$$

(40 marks/markah)

6. [a] Illustrate the typical response of a process for
- (i) no control
  - (ii) proportional (P) control
  - (iii) proportional-integral (PI) control
  - (iv) proportional-integral-derivation (PID) control
- after a step change in a disturbance variable occurs.

*Lakarkan respon proses yang*

- (i) *tidak terkawal*
  - (ii) *mempunyai kawalan berkadaran*
  - (iii) *mempunyai kawalan berkadaran-kamiran*
  - (iv) *mempunyai kawalan berkadaran-kamiran-penerbitan*
- setelah berlakunya gangguan tukar langkah ("step change").*

(20 marks/markah)

- [b] Figure 6 shows the block diagram of a proportional-derivative (PD) controller.

*Rajah 6 menunjukkan gambarajah blok bagi sesuatu pengawal berkadaran-penerbitan.*

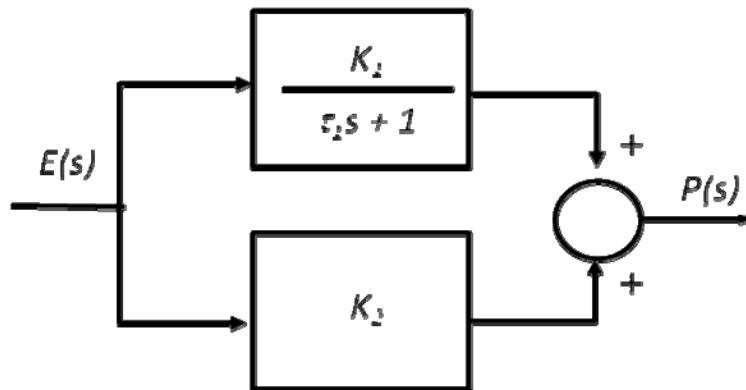


Figure 6: Block diagram for a PD controller

*Rajah 6: Gambarajah bagi pengawal berkadaran-penerbitan.*

Determine the transfer function of this system, i.e.  $G(s) = P(s)/E(s)$ . ( $K_1$  and  $K_2$  are constants).

*Tentukan fungsi pindah bagi sistem  $G(s) = P(s)/E(s)$ . ( $K_1$  dan  $K_2$  ialah pemalar).*

(10 marks/markah)

- [c] The PD controller transfer function of question 6(b) is also expressed in the general form of:

*Fungsi pindah pengawal berkadaran-penerbitan bagi soalan 6(b) boleh juga dihuraikan dalam bentuk:*

$$G(s) = K_c \left( \frac{\tau_D s + 1}{\alpha \tau_D s + 1} \right)$$

- (i) Re-write the transfer function  $G(s)$  from question 6(b) into this general form.

*Tuliskan fungsi pindah  $G(s)$  daripada soalan 6(b) dalam bentuk am ini.*

(10 marks/markah)

- (ii) Express  $K_1$ ,  $K_2$  and  $\tau_1$  in terms of  $K_c$ ,  $\tau_D$  and  $\alpha$ .

*Huraikan  $K_1$ ,  $K_2$  dan  $\tau_1$  dalam bentuk  $K_c$ ,  $\tau_D$  dan  $\alpha$ .*

(30 marks/markah)

- (iii) Given  $K_c = 3$ ,  $\tau_D = 2$  and  $\alpha = 0.1$ , calculate the value of  $K_1$ ,  $K_2$  and  $\tau_1$ .

*Diberi  $K_c = 3$ ,  $\tau_D = 2$  dan  $\alpha = 0.1$ , kirakan  $K_1$ ,  $K_2$  dan  $\tau_1$ .*

(30 marks/markah)

7. [a] (i) What is a root locus?

*Apakah itu londar punca?*

(10 marks/markah)

- (ii) Describe the conditions that must exist from the root locus plot if a system is unstable.

*Terangkan syarat-syarat yang mesti wujud daripada lakaran londar punca bagi sistem yang tidak stabil.*

(20 marks/markah)

- [b] For a given system with inverse response:

*Bagi sebuah sistem yang mempunyai sambutan songsangan:*

$$G(s) = \frac{K(1 - 0.25s)}{(2s + 1)(s + 1)}$$

- (i) Calculate the poles and zero.

*Kirakan kutub dan sifar sambutan songsangan tersebut.*

(30 marks/markah)

- (ii) Sketch the root locus diagram.

*Lakarkan gambarajah londar punca untuk sistem tersebut.*

(40 marks/markah)