



**KOLEJ UNIVERSITI TEKNOLOGI
TUN HUSSEIN ONN**

**PEPERIKSAAN AKHIR
SEMESTER 1
SESI 2006/2007**

NAMA MATA PELAJARAN : INSTRUMENTASI DAN KAWALAN
KOD MATA PELAJARAN : BTM 3033
KURSUS : 3 BTJ
TARIKH PEPERIKSAAN : NOVEMBER 2006
JANGKA MASA : 3 JAM
ARAHAN : JAWAB SEMUA SOALAN
BAHAGIAN A DAN TIGA (3)
SOALAN SAHAJA DARIPADA LIMA
(5) SOALAN BAHAGIAN B.

[SIMBOL YANG DIGUNAKAN ADALAH MENGIKUT TAKRIFAN LAZIM KECUALI
DINYATAKAN SEBALIKNYA]

KERTAS SOALAN INI MENGANDUNGI 17 MUKA SURAT

BAHAGIAN A

- S1 **Rajah S1** menunjukkan satu sistem motor servo arus terus yang digunakan sebagai pemacu tak-langsung untuk satu sistem robot. Daya kilas yang dihasilkan oleh motor bertindak ke atas lengan robot dengan momen inersia, J dan pemalar geseran-likat putaran, B . Satu sistem gear dengan nisbah gear, n ditempatkan di antara motor dan lengan robot tersebut. Model matematik di bawah mewakili sistem ini.

$$\begin{aligned} T_M &= K_1 V - K_2 \omega_M & V_i &= K_t \theta_i \\ T_R &= n T_M & V_e &= V_i - V_o \\ T_R &= J D^2 \theta_o + B D \theta_o & V &= K_M V_e \\ \omega_R &= n \omega_M & V_o &= K_t \theta_o \\ \omega_R &= D \theta_o \end{aligned}$$

- (a) lukiskan gambarajah blok bagi sistem ini (10 markah)
- (b) dapatkan rangkap pindah sistem ini menggunakan kaedah pengurangan gambarajah bongkah (10 markah)
- S2 (a) Perbezaan suhu diantara hujung penderia, θ_1 dan punca tolak, θ_2 bagi satu pengganding haba menghasilkan e.m.f. dalam unit mV. Persamaan matematik bagi penderia ini adalah seperti berikut

$$e = \alpha(\theta_1 - \theta_2) + \beta(\theta_1^2 - \theta_2^2)$$

Dengan, $\alpha = 3.5 \times 10^{-2}$ dan $\beta = 8.2 \times 10^{-6}$

Kira suhu pada hujung penderia apabila suhu pada punca tolok adalah 20°C manakala voltan keluaran adalah 12mV.

(5 markah)

- b) Empat tolok terikan disusun membentuk litar titi dengan hanya satu tolok aktif. Nilai rintangan bagi setiap tolok ialah 120Ω . Kira terikan apabila factor tolok, voltan bekalan dan voltan keluaran litar ini adalah 2.1, 10V dan 20mV.

(5 markah)

- c) Tolok terikan boleh digunakan untuk mengukur momen pada titik A di atas satu rasuk sebagaimana ditunjukkan dalam **Rajah S2**. Buktikan bahawa momen pada titik A, M_A boleh diwakili oleh persamaan di bawah

$$M_A = \frac{Eab^2}{6F} \cdot \frac{\Delta R}{R}$$

Diberi bahawa inersia bagi rasuk, $I = \frac{ab^3}{12}$

(10 markah)

BAHAGIAN B

- S3 (a) Diberi satu rangkap pindah, $G(s) = \frac{1}{s^2 + 3s + 2}$, cari sambutan bagi $y(t)$ dengan masukan, $r(t) = 5H(t)$. Kemudian, nyatakan sambutan keadaan fana dan keadaan mantap bagi sistem tersebut serta lakarkan sambutan bagi masukan dan keluaran sistem.

(8 markah)

- (b) Gambarajah blok bagi satu sistem kawalan motor dengan suapbalik takometer ditunjukkan dalam **Rajah S3**.

- (i) dengan menggunakan kaedah kestabilan Routh, cari julat bagi $K > 0$ dalam sebutan $K_t > 0$ supaya sistem adalah stabil
- (ii) berikan komen terhadap kesan kenaikan K_t ke atas had gandaan K untuk kestabilan
- (iii) tentukan frekuensi ayunan, ω untuk gandaan yang memberikan kestabilan jidar

(12 markah)

- S4 **Rajah S4** menunjukkan gambarajah blok yang telah dipermudahkan bagi satu sistem kawalan kedudukan bagi beban mekanikal. Isyarat ralat diperbesarkan dengan faktor K_A yang dikenakan ke atas gegelung motor dalam satu motor dc yang mana medan aruhan diuja dengan satu voltan malar. Jika ralat keadaan mantap dihasilkan daripada satu unit masukan tanjakan, dapatkan yang berikut;

- (a) nisbah redaman dalam sebutan K_A
- (b) ralat keadaan mantap bagi sistem

- (c) ralat keadaan mantap bagi sistem dengan nisbah redaman genting dan nisbah redaman sederhana, $\zeta = 0.707$
- (d) bezakan prestasi di bahagian (c) berdasarkan kepada K_A dan nisbah redaman, ζ
- (e) untuk nisbah redaman sederhana, kirakan masa puncak, t_p dan lajukan maksimum, M_p .

(20 markah)

- S5 (a) Terangkan bagaimana kestabilan relatif sistem kawalan suapbalik boleh ditentukan dengan menggunakan plot Bode untuk sambutan frekuensi gelung bukanya

(5 markah)

- (b) Lakarkan rajah Bode rangkap pindah gelung buka untuk sistem loji gelung tertutup yang ditunjukkan dalam **Rajah S5**. Tentukan :-
 - (i) julat K untuk kestabilan dari lakaran rajah Bode
 - (ii) jidar gandaan, jidar fasa, frekuensi pada 0 dB, dan frekuensi 180° dari lakaran rajah Bode untuk $K=10,000$

(15 markah)

- S6 **Rajah S6** bahagian (a) menunjukkan konsep sistem kawalan posisi antena azimuth yang terdiri daripada pra-penguat untuk mengawal sudut masukan azimuth yang dikehendaki dan penguat kuasa untuk mengawal motor bagi sudut keluaran azimuth. Bahagian (b) menunjukkan gambarajah bongkan untuk keseluruhan sistem di mana masukan θ_i ialah masukan anjakan sudut dan tetapan keluaran yang perlu dikawal ialah θ_o . Dari rajah ini:

- (a) Lukis londaar punca system tertutup bila nilai parameter K berubah dari 0 ke ∞
- (b) Tentukan gandaan pra-penguat yang diperlukan untuk lajukan 20%

(20 markah)

- S7 (a) Buktikan bahawa litar penyesuai isyarat pada **Rajah S7** diwakili oleh persamaan matematik berikut

$$V_o = (K_p + K_i/D)V_i$$

Diberi, $V_R = I_R R$ dan $CDV_C = I_C$

dimana, V_R = Voltan merentasi perintang
 V_C = Voltan merentasi kapasitor
 I_R = Arus mengalir melalui perintang
 I_C = Arus mengalir melalui kapasitor

(8 markah)

- (b) Terangkan secara ringkas fungsi dan binaan yang terlibat bagi setiap penguat yang tersenarai di bawah

- (i) penguat tak terbalik
- (ii) litar pembeza
- (iii) penguat kebezaan

Berikan model matematik bagi setiap penguat tersebut

(12 markah)

SECTION A

- S1 **Rajah S1** shows a DC motor servo system used as an indirect actuator of a robot system. The torque produced by the motor acts on a robot arm having angular inertia, **J** and viscous friction, **B**. Consider a gear system with gear ratio, **n** attached between the motor and the robot arm. Mathematical models shown below represent the system.

$$\begin{aligned}
 T_M &= K_1 V - K_2 \omega_M & V_i &= K_i \theta_i \\
 T_R &= n T_M & V_e &= V_i - V_o \\
 T_R &= J D^2 \theta_o + B D \theta_o & V &= K_M V_e \\
 \omega_R &= n \omega_M & V_o &= K_i \theta_o \\
 \omega_R &= D \theta_o
 \end{aligned}$$

- (a) draw the block diagram of the system (10 marks)
- (b) derive the transfer function using block diagram reduction method (10 marks)
- Q2 (a) Temperature difference between sensor tip θ_1 and gauge head θ_2 of a thermocouple produces an e.m.f. in mV. The mathematical relationship can be written as

$$e = \alpha(\theta_1 - \theta_2) + \beta(\theta_1^2 - \theta_2^2)$$

Where, $\alpha = 3.5 \times 10^{-2}$ and $\beta = 8.2 \times 10^{-6}$

Calculate the temperature at the sensor when the gauge head is at 20°C and the output voltage is 12mV..

(5 marks)

- (b) Four strain gauges are formed into bridge with only one active gauge. The nominal resistance of each gauge is 120Ω. The gauge factor is 2.1 and the supply voltage is 10V. Calculate the strain when the output from the bridge is 20mV.

(5 marks)

- (c) A strain gauge can be used to measure Moment at point A of a beam as shown in **Rajah S2**. Show that the moment can be expressed as

$$M = \frac{Eab^2}{6F} \cdot \frac{\Delta R}{R}$$

Given that Inertia for beam = $I = \frac{ab^3}{12}$

(10 marks)

SECTION B

S3 (a) Given the transfer function $G(s) = \frac{1}{s^2 + 3s + 2}$, find the response $y(t)$ to the input, $r(t) = 5H(t)$. Then, state the steady state and transient response for the system and also sketch the response of the input and the output for the system. (10 marks)

(b) The block diagram of a motor-control system with tachometer feedback is shown in **Rajah S3**.

- (i) using Routh stability method, find the range of $K > 0$ as a function of $K_t > 0$ such that the system is stable
- (ii) comment on the effect of increasing K_t on the limit on gain K for stability
- (iii) for the gain that results in marginal stability, determine the oscillation frequency

(10 marks)

S4 **Rajah S4** shows the simplified block diagram of the position of mechanical load control system. The two potentiometers having sensitivity K_p convert the input and output positions into proportional electrical signals. The error signal, amplified by a factor K_A is applied to the armature circuit of a dc motor whose field winding is excited with a constant voltage. If the steady state error resulting from a unit-ramp input, obtain the following;

- (a) damping ratio in terms of K_A
- (b) the steady state error of the system
- (c) the steady state error for the system with critical damping ratio and moderate damping ratio, $\zeta = 0.707$
- (d) Differentiate the performance in (c) according to K_A and damping ratio, ζ

- (e) For moderate damping, calculate the peak time, t_p and maximum overshoot, M_p .

(20 marks)

- S5 (a) Explain how the relative stability of feedback control system can be determined using the Bode plots of its open-loop frequency response.

(5 marks)

- (b) Draw a Bode diagram of the open-loop transfer function for the closed-loop plant systems shown in **Rajah S5**. Determine:-

- (i) the range of K for stability from Bode plots
 (ii) gain margin, phase margin, zero dB frequency, and 180° frequency from Bode plots for $K= 10,000$

(15 marks)

- S6 **Rajah S6** section (a) shows the control system concept of antenna azimuth position which include pre-amplifier to control the desired azimuth input angle and power amplifier to control motor for output azimuth angle. Section (b) shows the block diagram for overall system which the input θ_i is an angle displacement input. The desired output to be controlled is θ_o . From this diagram:-

- (a) Draw the root locus of the closed loop system when the value of the parameter K varies form 0 to ∞
 (b) Find the pre-amplifier gain required for 20% overshoot

(20 marks)

- Q7 (a) Prove that the relationship for signal conditioning circuit shown in **Rajah S7** can be written as

$$V_o = (K_p + K_i/D)V_i$$

Given that, $V_R = I_R R$ and $CDV_C = I_C$

Where,
 V_R = Voltages across the resistors
 V_C = Voltage across the capacitor
 I_R = Currents flowing through the resistors
 I_C = Current flowing through the capacitor.

(8 marks)

- (b) Briefly describe the functions and constructions of each amplifier listed below
- (i) non-inverting Amplifier
 - (ii) differentiator
 - (iii) differential amplifier

Also, give the mathematical model for each amplifier.

(12 marks)

PEPERIKSAAN AKHIR

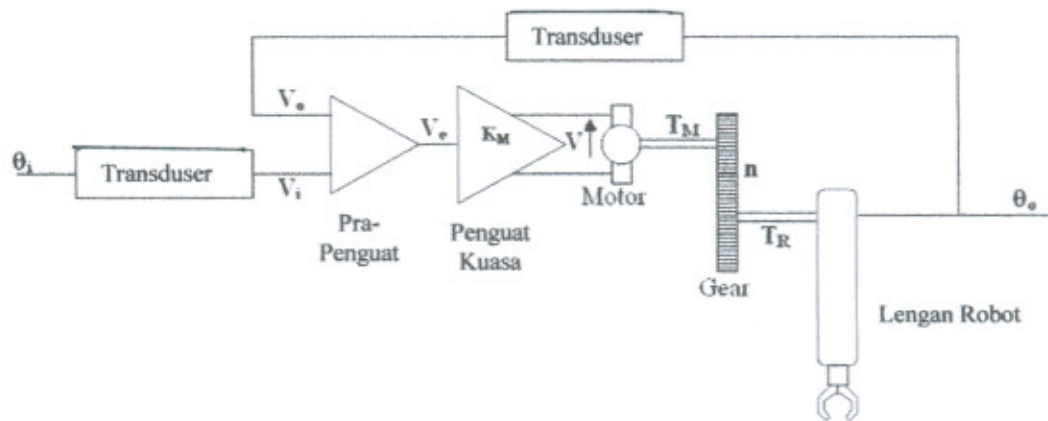
SEMESTER/SESI : 1/2006/2007

KURSUS

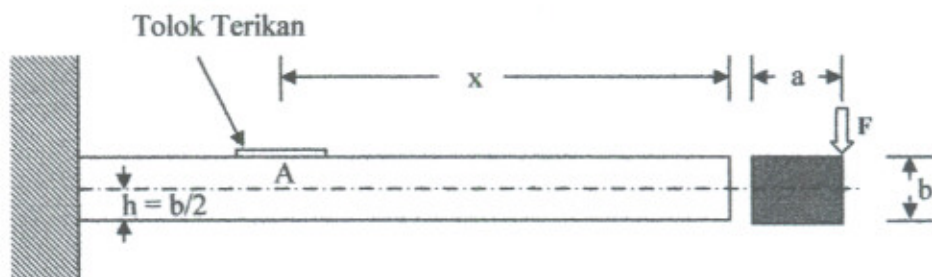
: 3 BTJ

MATA PELAJARAN : INSTRUMENTASI
DAN KAWALAN

KOD M/PELAJARAN: BTM3033



Rajah S1



Rajah S2

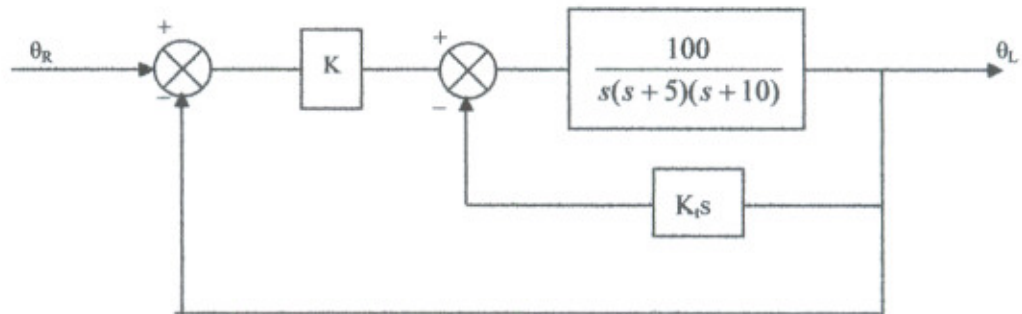
PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI : 1/2006/2007

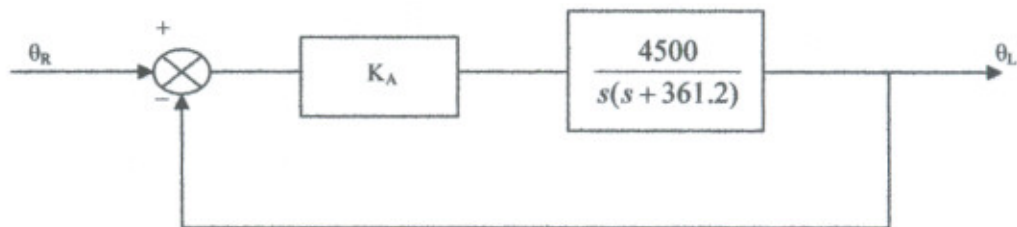
KURSUS : 3 BTJ

MATA PELAJARAN : INSTRUMENTASI
DAN KAWALAN

KOD M/PELAJARAN: BTM3033



Rajah S3



Rajah S4

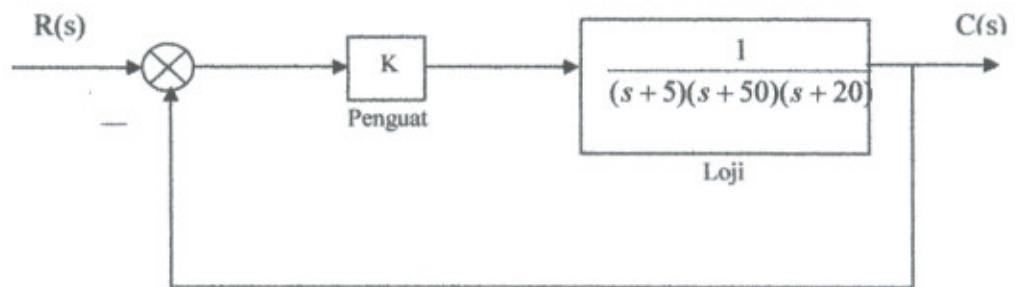
PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI : 1/2006/2007

KURSUS : 3 BTJ

MATA PELAJARAN : INSTRUMENTASI
DAN KAWALAN

KOD M/PELAJARAN: BTM3033



Rajah S5

PEPERIKSAAN AKHIR

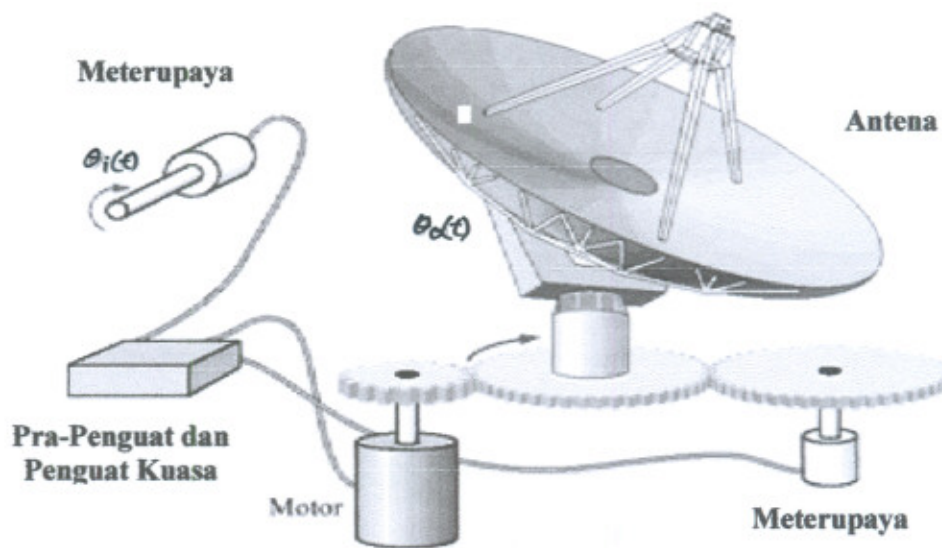
SEMESTER/SESI : 1/2006/2007

KURSUS

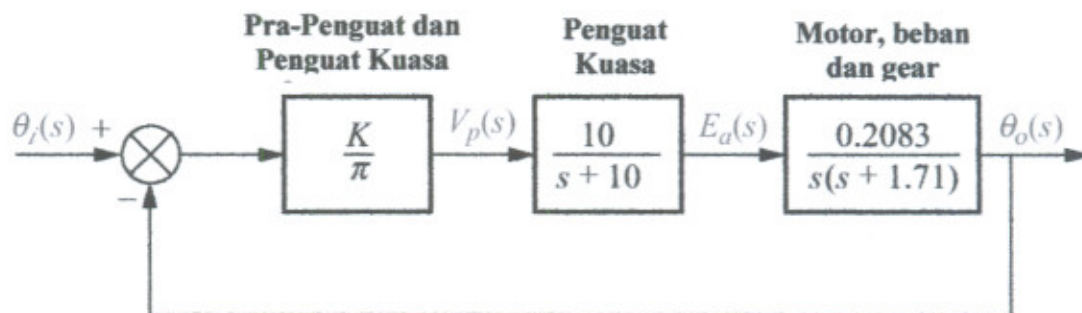
: 3 BTJ

MATA PELAJARAN : INSTRUMENTASI
DAN KAWALAN

KOD M/PELAJARAN: BTM3033



a. Konsep sistem



b. Gambarajah bongkah system

Rujukan: Control Systems Engineering, Fourth Edition by Norman S. Nise

Rajah S6

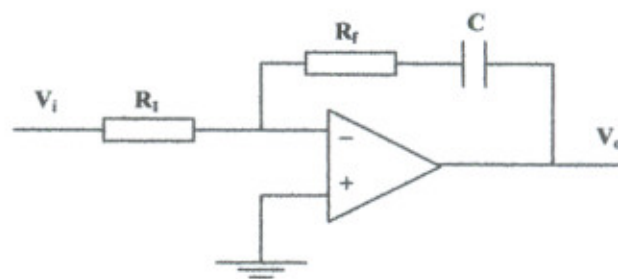
PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI : 1/2006/2007

KURSUS : 3 BTJ

MATA PELAJARAN : INSTRUMENTASI
DAN KAWALAN

KOD M/PELAJARAN: BTM3033



Rajah S7

PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER/SESI : 1/2006/2007

KURSUS

: 3 BTJ

MATA PELAJARAN : INSTRUMENTASI
DAN KAWALAN

KOD M/PELAJARAN: BTM3033

JADUAL PENJELMAAN LA PLACE ;

Rangkap Masa, $F(t)$	Penjelmaan Laplace, $F(s)$
Unit Impulse, $\delta(t)$	1
Unit Langkah, $U(t) = 1$	$\frac{1}{s}$
Unit Tanjakan, $U(t) = t$	$\frac{1}{s^2}$
Polinomial, At^n	$\frac{An!}{s^{n+1}}$
Eksponen, e^{-bt}	$\frac{1}{s+b}$
Gelombang Sine, $\sin \omega t$	$\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$
Gelombang Kosine, $\cos \omega t$	$\frac{s}{s^2 + \omega^2}$
Gelombang Sine teredam, $e^{-bt} \sin \omega t$	$\frac{\omega}{(s+b)^2 + \omega^2}$
Gelombang Kosine teredam, $e^{-bt} \cos \omega t$	$\frac{s+b}{(s+b)^2 + \omega^2}$

JELMAAN LA PLACE BAGI TERTIB PERTAMA DAN KEDUA ;

$$\mathcal{L}[d^2y/dt^2] = s^2y(s) - sy(0) - dy(0)/dt$$

$$\mathcal{L}[dy/dt] = sy(s) - y(0)$$

TEOREM NILAI AKHIR ;

$$\lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sF(s)$$

$$t \rightarrow \infty \quad s \rightarrow 0$$