



**KOLEJ UNIVERSITI TEKNOLOGI  
TUN HUSSEIN ONN**

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

NAMA MATA PELAJARAN : KEJURUTERAAN KAWALAN  
KOD MATA PELAJARAN : BKM4323/BDA3073  
KURSUS : 4 BKM/4 BTJ  
TARIKH PEPERIKSAAN : NOVEMBER 2006  
JANGKA MASA : 3 JAM  
ARAHAN : JAWAB **LIMA (5)** SOALAN  
SAHAJA DARIPADA **ENAM (6)**  
SOALAN

[SIMBOL YANG DIGUNAKAN ADALAH MENGIKUT TAKRIFAN LAZIM]

KERTAS SOALAN INI MENGANDUNGI 11 MUKA SURAT

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

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

- (a) Lukiskan gambarajah blok bagi sistem ini. (10 markah)

- (b) Dapatkan rangkap pindah sistem ini menggunakan kaedah pengurangan gambarajah bongkah.

(10 markah)

- S2** (a) 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 S2**.

- (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  $K_1$  ke atas had gandaan  $K$  untuk kestabilan.
- (iii) Tentukan frekuensi ayunan,  $\omega$  untuk gandaan yang memberikan kestabilan jidar.

(12 markah)

**S3** **Rajah S3** 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 bagi (c) berdasarkan kepada  $K_A$  dan nisbah redaman,  $\zeta$
- (e) untuk nisbah redaman sederhana, kirakan masa puncak,  $t_p$  dan lajakan maksimum,  $M_p$ .

(20 markah)

**S4** Dari **Rajah S4**, bahagian (a) menunjukkan konsep sistem kawalan posisi antena Azimuth yang terdiri pra-penguat untuk mengawal sudut masukan Azimuth yang dikehendaki dan penguat Kuasa mengawal motor untuk sudut keluaran Azimuth. Bahagian (b) menunjukkan gambarajah bongkah untuk keseluruhan sistem di mana masukan  $\theta_i$  ialah masukan anjakan sudut dan tetapan keluaran yang perlu dikawal ialah  $\theta_o$ . Dari rajah ini:

- (a) lukis londaar punca sistem tertutup bila nilai parameter  $K$  berubah dari 0 ke  $\infty$ .
- (b) tentukan gandaan pra-penguat yang diperlukan untuk lajakan 20%.

(20 markah)

**S5** Sistem kawalan dalam **Rajah S4** dipampas dengan pampasan suapbalik seperti dalam **Rajah S5**.

- (a) Rekabentuk kadar gelung-minor pampasan suapbalik untuk menghasilkan nisbah redaman 0.7 untuk kutub dominant gelung minor. Maka tentukan titik operasi pada nisbah redaman ini dan gandaan  $K_f$ .
- (b) Rekabentuk kadar gelung-major untuk nisbah redaman 0.5 untuk kutub dominan sistem gelung tertutup. Maka tentukan titik operasi pada nisbah redaman ini dan gandaan  $K$  yang baru untuk keseluruhan sistem.

(20 markah)

**S6** (a) Terangkan bagaimana kestabilan relatif sistem kawalan suapbalik boleh ditentukan dengan menggunakan plot Bode untuk sambutan frekuensi gelung bukanya.

(5 markah)

(b) Lakarkan gambarajah Bode rangkap pindah gelung buka untuk sistem loji gelung

tertutup yang ditunjukkan dalam **Rajah S6**. Tentukan :

- (i) julat  $K$  untuk kestabilan daripada lakaran gambarajah Bode
- (ii) jidar gandaan, jidar fasa, frekuensi pada 0 dB, dan frekuensi  $180^\circ$  dari lakaran rajah Bode untuk  $K=10,000$

(15 markah)



**English Section.**

- S1** **Rajah S1** shows a DC motor servo 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.

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

- a) draw the block diagram of the system. (10 marks)
- b) derive the transfer function using block diagram reduction method. (10 marks)
- S2** (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 S2**.
- (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)

**S3** **Rajah S3** 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 ;

- the damping ratio in terms of  $K_A$
- the steady state error of the system
- the steady state error for the system with critical damping ratio and moderate damping ratio,  $\zeta = 0.707$
- Differentiate the performance in (c) according to  $K_A$  and damping ratio,  $\zeta$
- For moderate damping, calculate the peak time,  $t_p$  and maximum overshoot,  $M_p$ .

(20 marks)

**S4** From **Rajah S4**, section (a) shows the control system concept of Azimuth control position which included 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  $\theta_i$  is an angle of displacement input. The desired output to be controlled is  $\theta_o$ . From this diagram:

- draw the root locus of the closed loop system when the value of the parameter  $K$  varies from 0 to  $\infty$
- find the preamplifier gain required for 20% overshoot

(20 marks)

**S5** Control system in **Rajah S4** was compensated with feedback compensation as shown in **Rajah S5**.

- (a) Design a minor-loop rate feedback compensation to yield a damping ratio of 0.7 for the minor loop's dominant poles. Hence, determine operation point at this damping ratio and the gain  $K_f$ .
- (b) Design a major-loop rate for damping ratio of 0.5 for the closed-loop system's dominant poles. Hence determine operation point at this damping ratio and the new gain  $K$  for overall system.

(20 marks)

**S6** (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 S6**. Determine:-

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

(15 marks)

PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER / SESI : I 2006/2007

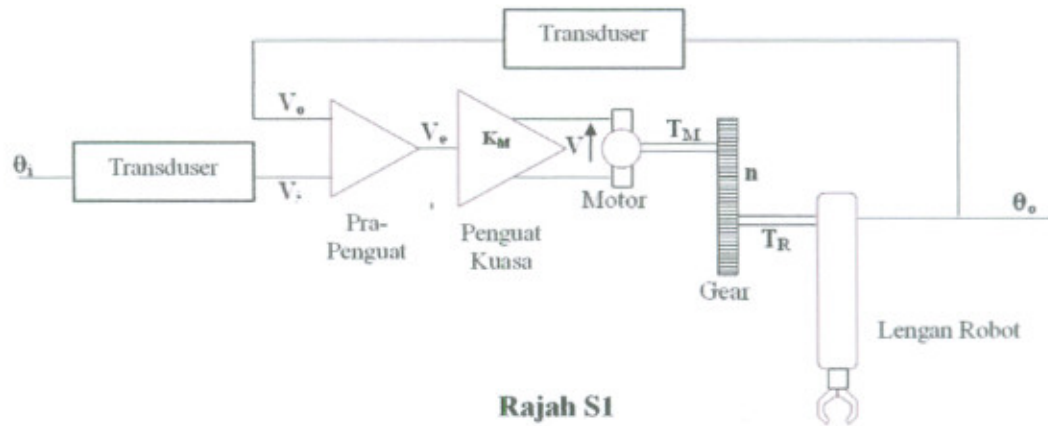
KURSUS : 4 BKM, 4 BKJ

MATAPELAJARAN : KEJURUTERAAN KAWALAN

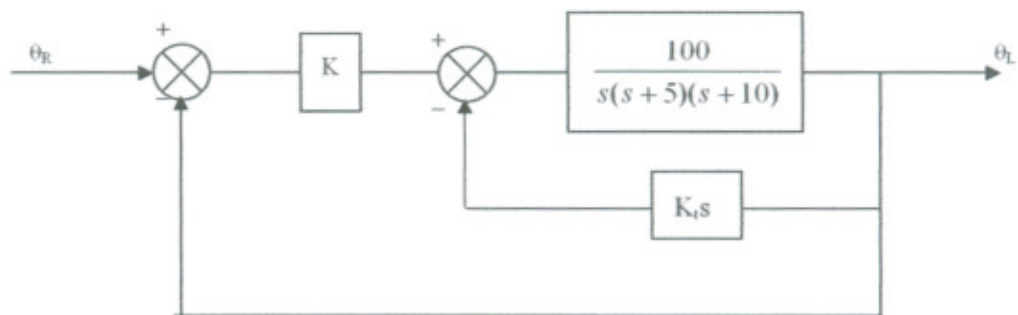
KOD MATAPELAJARAN :

BKM 4323/

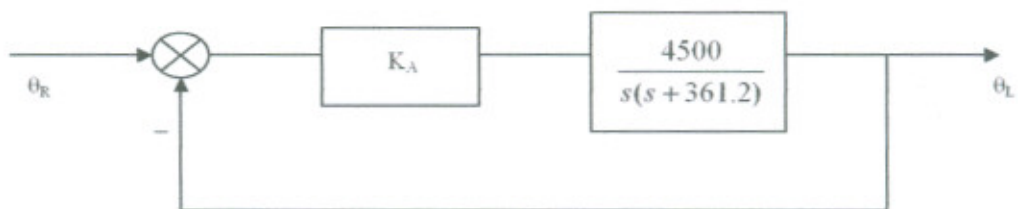
BDA 3073



Rajah S1



Rajah S2



Rajah S3



PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER / SESI : I 2006/2007

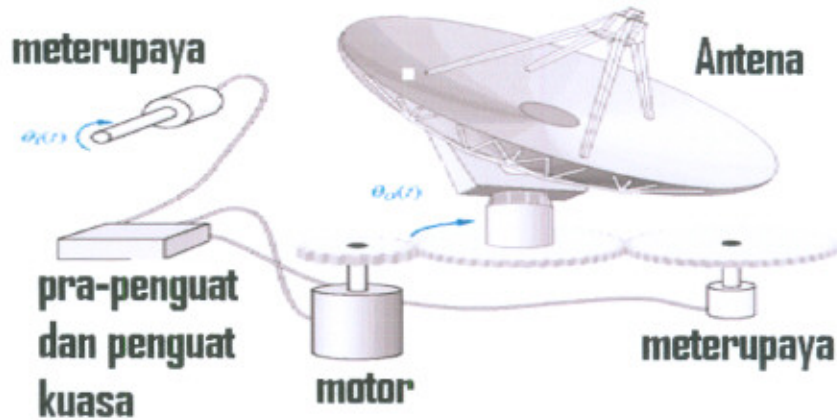
KURSUS : 4 BKM, 4 BKJ

MATAPELAJARAN : KEJURUTERAAN KAWALAN

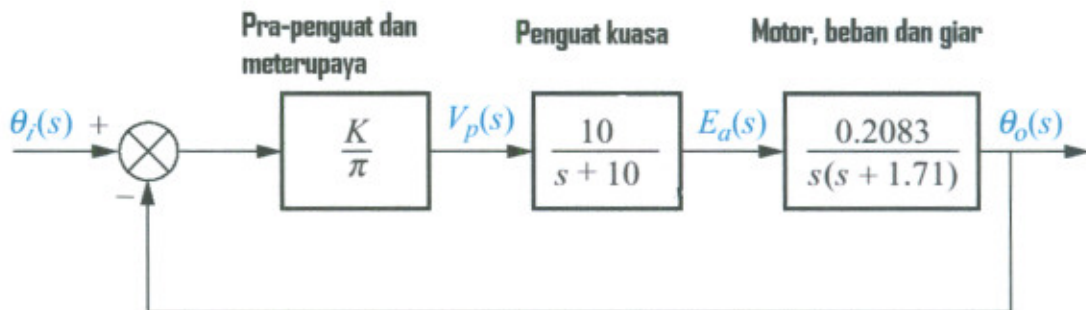
KOD MATAPELAJARAN :

BKM 4323/

BDA 3073



a. Konsep sistem



b. Gambarajah bongkah sistem

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

Rajah S4

PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER / SESI : I 2006/2007

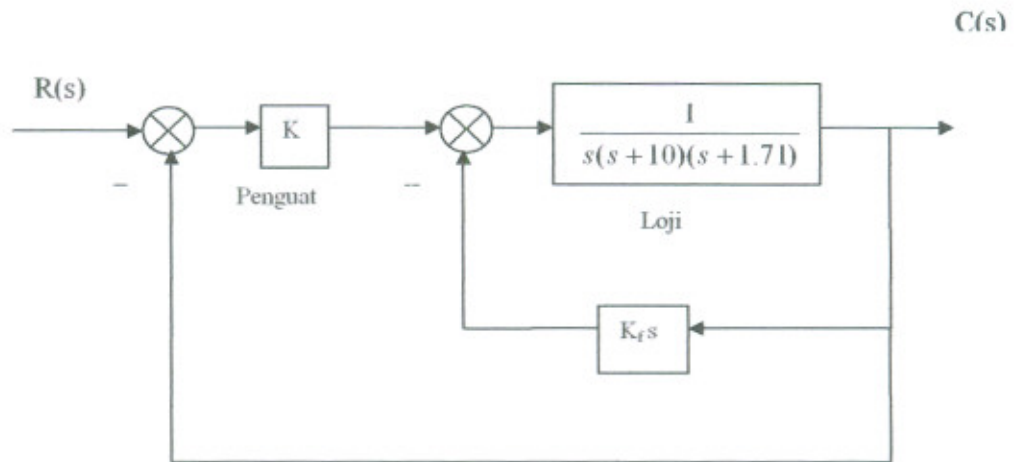
KURSUS : 4 BKM, 4 BKJ

MATAPELAJARAN : KEJURUTERAAN KAWALAN

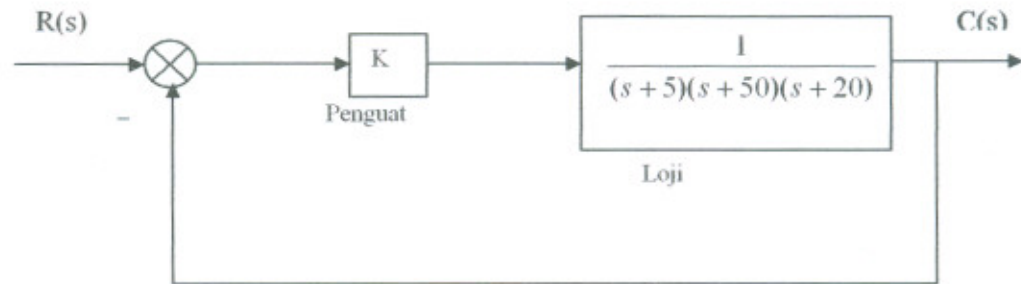
KOD MATAPELAJARAN :

BKM 4323/

BDA 3073



**Rajah S5**



**Rajah S6**

## PEPERIKSAAN AKHIR

SEMESTER / SESI : I 2006/2007

KURSUS : 4 BKM, 4 BKJ

MATAPELAJARAN : KEJURUTERAAN KAWALAN

KOD MATAPELAJARAN :

BKM 4323/

BDA 3073

**JADUAL PENJELMAAN LA PLACE ;**

<b>Rangkap Masa, <math>F(t)</math></b>	<b>Penjelmaan Laplace, <math>F(s)</math></b>
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 ;**

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