

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2005/2006  
*Second Semester Examination  
2005/2006 Academic Session*

April/Mei 2006  
*April/May 2006*

**ESA 202/3 – Simulasi Dan Pemodelan Sistem Dinamik**  
*Simulation And Modeling of Dynamic System*

Masa : [ 3 jam]  
*Hour : [3 hours]*

---

**ARAHAN KEPADA CALON :**  
**INSTRUCTION TO CANDIDATES:**

Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **EMPAT BELAS (14)** mukasurat bercetak dan **LIMA (5)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.  
*Please ensure that this paper contains **FOURTEEN (14)** printed pages and **FIVE (5)** questions before you begin examination.*

**Bahagian A:** Jawab **SEMUA** soalan. **Bahagian B:** Jawab **DUA (2)**  
***Part A:*** Answer **ALL** questions. ***Part B:*** Answer **TWO (2)** questions

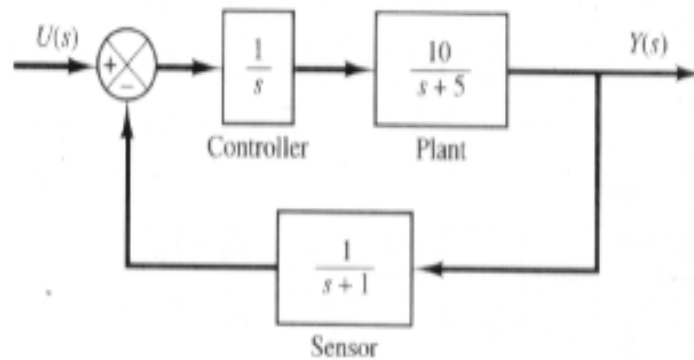
Jawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia.  
*Answer all questions in Bahasa Malaysia.*

Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.  
*Each questions must begin from a new page.*

**BAHAGIAN A/PART A**

- 1 (a) Terbitkan satu model keadaan ruang bagi sistem yang ditunjukkan dalam **Rajah 1**.

*Obtain a state-space model of the system shown in Figure 1.*

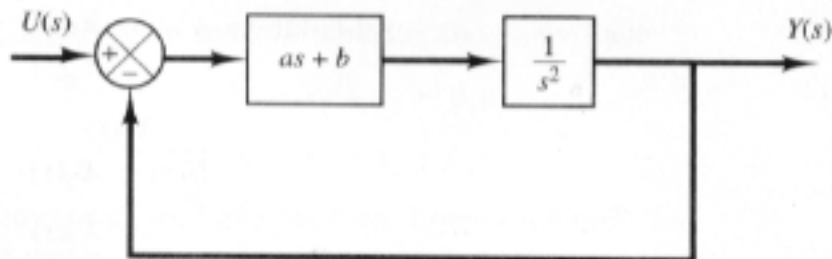


**Rajah 1/Figure 1**

**(30 markah/marks)**

- (b) Terbitkan satu model keadaan ruang bagi sistem yang ditunjukkan dalam **Rajah 2**.

*Obtain a state-space model for the system shown in Figure 2.*



**Rajah 2/Figure 2**

**(30 markah/marks)**

- (c) Giro untuk penderiaan pergerakan sudut kebiasaannya digunakan di dalam sistem panduan awal, sistem pemandu automatik dan lain-lain. **Rajah 3** menunjukkan sebuah giro yang mempunyai kebebasan-darjah-tunggal. Roda yang berputar dicagak atau disangkutkan kepada sebuah gimbal yang bergerak, yang terletak di dalam kotak giro. Gimbal tersebut adalah bebas untuk bergerak secara relatif terhadap kotak pada keluaran paksi OB. Perhatian, paksi keluaran adalah berserenjang dengan paksi putaran roda. Paksi masukan pada kadar putaran atau sudut, adalah disukat berserenjang dengan kedua-dua paksi keluaran dan putaran. Maklumat mengenai isyarat masukan (kadar putaran atau sudut terhadap paksi masukan) diterbitkan daripada persamaan pergerakan gimbal pada paksi keluaran, relatif terhadap kotak tersebut. **Rajah 4** menunjukkan satu gambarajah sistem giro. Persamaan pergerakan pada paksi keluaran dapat diterbitkan daripada pengiraan kadar perubahan momentum sudut terhadap jumlah kilasan luar. Perubahan di dalam momentum sudut pada paksi OB terdiri daripada dua bahagian:  $I\ddot{\theta}$ , perubahan terhadap pecutan gimbal pada paksi OB dan  $-H\omega \cos \theta$ , perubahan terhadap vektor momentum sudut roda pada paksi OA. Kilasan luar terdiri daripada  $-b\dot{\theta}$ , kilasan pelembapan dan  $-k\theta$ , kilasan spring. Maka, persamaan untuk sistem giro tersebut adalah

$$I\ddot{\theta} - H\omega \cos \theta = -b\dot{\theta} - k\theta$$

Secara praktikal,  $\theta$  adalah sudut yang tersangat kecil, iaitu kebiasaannya tidak lebih dari  $\pm 2.5^\circ$ .

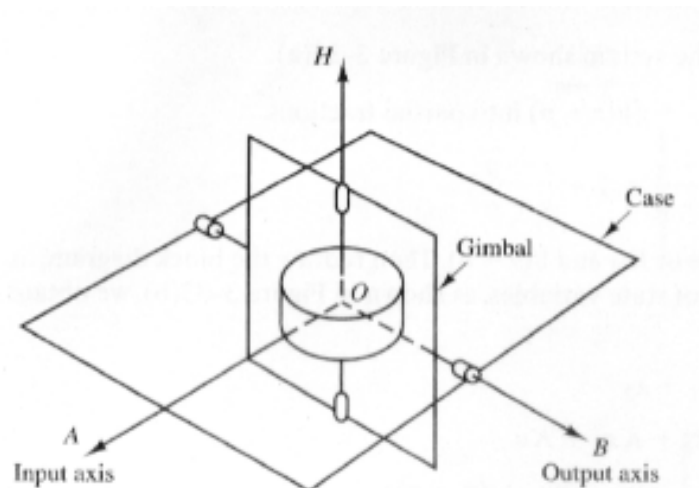
Soalannya, terbitkan persamaan keadaan ruang untuk sistem giro tersebut.

Gyros for sensing angular motion are commonly used in inertial guidance systems, autopilot systems and etc. Figure 3 shows a single-degree-of-freedom gyro. The spinning wheel is mounted in a moveable gimbal, which is, in turn, mounted in a gyro case. The gimbal is free to move relative to the case about the output axis  $OB$ . Note that the output axis is perpendicular to the wheel of spin axis. The input axis around which a turning rate, or angle, is measured perpendicular to both the output and spin axes. Information on the input signal (the turning rate or angle around the input axis) is obtained from the resulting motion of the gimbal about the output axis, relative to the case. Figure 4 shows a functional diagram of the gyro system. The equation of motion about the output axis can be obtained by equating the rate of change of angular momentum to the sum of the external torques. The change in angular momentum about axis  $OB$  consists of two parts:  $I\ddot{\theta}$ , the change due to acceleration of the gimbal around axis  $OB$  and  $-H\omega \cos \theta$ , the change due to the turning of the wheel angular-momentum vector around axis  $OA$ . The external torques consists of  $-b\dot{\theta}$ , the damping torque, and  $-k\theta$ , the spring torque. Thus, the equation of the gyro system is

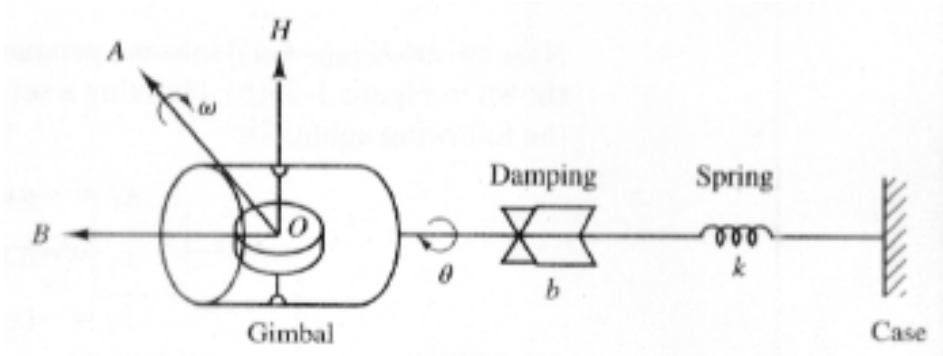
$$I\ddot{\theta} - H\omega \cos \theta = -b\dot{\theta} - k\theta$$

In practice,  $\theta$  is a very small angle, usually not more than  $\pm 2.5^\circ$ .

Question, Obtain a state-space representation of the gyro system.



Rajah 3/Figure 3



Rajah 4/Figure 4

(40 markah/marks)

2. (a) Persamaan di bawah adalah diterbitkan dari persamaan keadaan ruang.

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5 & -1 \\ 3 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2 \\ 5 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

Consider a system defined by the following state-space equations.

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5 & -1 \\ 3 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2 \\ 5 \end{bmatrix} u$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$$

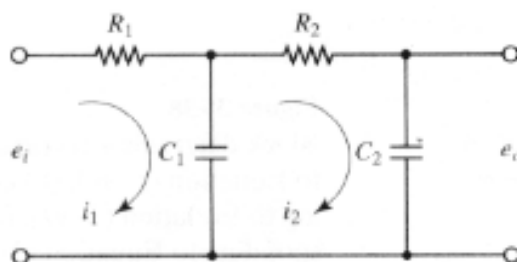
Terbitkan rangkap pindah  $G(s)$  untuk sistem tersebut.

Obtain the transfer function  $G(s)$  of the system.

(20 markah/marks)

- (b) **Rajah 5** menunjukkan satu litar elektrik.

Consider the electrical circuit shown in **Figure 5**.



**Rajah 5/**Figure 5

- (i) Terbitkan persamaan matematik untuk sistem tersebut.

*Obtain the mathematical equations of the system*

**(10 markah/marks)**

- (ii) Terbitkan persamaan keadaan ruang

*Obtain the state space equation.*

**(10 markah/marks)**

- (iii) Terbitkan rangkap pindah

*Obtain the transfer function.*

**(10 markah/marks)**

- (iv) Berdasarkan sistem analog dalam sistem yang manakah sistem dalam **Rajah 5** adalah analog.

*In terms of analogous system, in which system that the system in **Figure 5** are analogue (or similar).*

**(10 markah/marks)**

- (v) Lukiskan sistem di  $b(iv)$ .

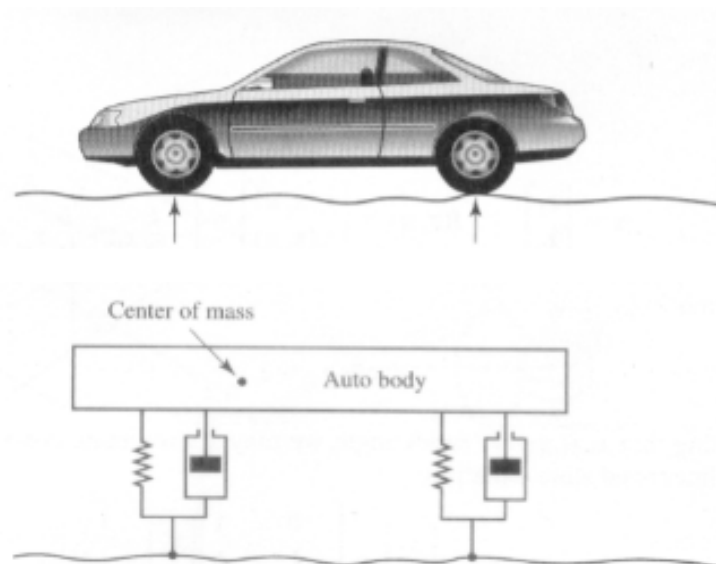
*Draw the system in  $b(iv)$ .*

**(15 markah/marks)**

- (c) **Rajah 6** menunjukkan satu rajah skema bagi satu sistem gantungan otomobil. Sekiranya kereta bergerak di atas jalan, anjakan menegak terhadap tayar bertindak sebagai pergerakan ujian terhadap sistem gantungan otomobil. Pergerakan sistem terdiri daripada pergerakan peralihan pusat jisim dan pergerakan putaran pusat jisim. Pemodelan matematik untuk sistem lengkap adalah rumit.

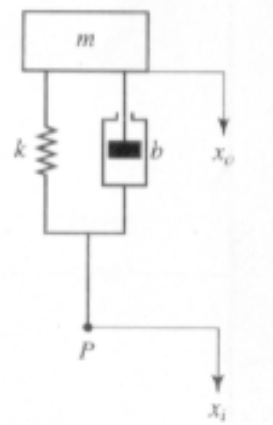
**Rajah 7** menunjukkan satu versi yang dipermudahkan untuk sistem suspensi. Dengan andaian,  $x_i$  di titik P adalah masukan sistem dan pergerakan menegak  $x_0$  adalah keluaran sistem, terbitkan rangkap pindah  $X_0(S)/X_i(S)$ . (Andaikan jasad bergerak secara menegak). Anjakan  $x_0$  diukur daripada kedudukan keseimbangan dan tidak dipengaruhi oleh masukan  $x_i$ .

*Figure 6 shows a schematic diagram of an automobile suspension system. As the car moves along the road, the vertical displacements at the tires act as the motion excitation to the automobile suspension system. The motion of this system consists of a translational motion of the center of mass and a rotational motion about the center of mass. Mathematical modeling of the complete system is quite complicated. A very simplified version of the suspension system is shown in Figure 7. Assuming that the motion  $x_i$  at point P is the input to the system and the vertical motion  $x_0$  of the body is the output, obtain the transfer function  $X_0(S)/X_i(S)$ . (Consider the motion of the body only in the vertical direction). Displacement  $x_0$  is measured from the equilibrium position in the absence of input  $x_i$ .*



**Rajah 6/Figure 6**





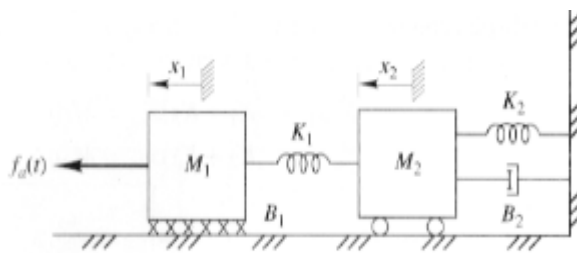
**Rajah 7/Figure 7**

**(25 markah/marks)**

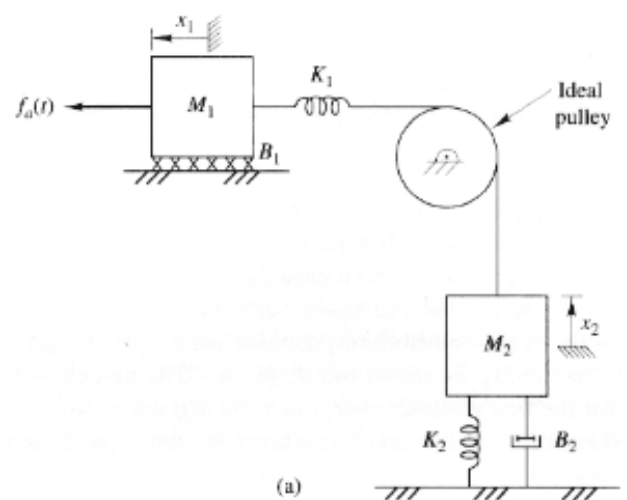
**BAHAGIAN B/PART B**

3. (a) Terbitkan persamaan yang digambarkan di dalam **Rajah 8** dan **Rajah 9** dan bandingkan.  $x_1 = x_2 = 0$  adalah sepadan pada keadaan spring diregang atau dimampatkan.

*Find and compare the equations describing the systems shown in Figure 8 and Figure 9. Let  $x_1 = x_2 = 0$  correspond to the condition when the springs are neither stretched nor compressed.*



**Rajah 8/Figure 8**



**Rajah 9/Figure 9**

**(25 markah/marks)**

- (b) Terbitkan persamaan keadaan ruang untuk kedua-dua sistem.

*Obtain the state-space equations in both systems.*

**(25 markah/marks)**

- (c) Tentukan rangkap pindah untuk kedua-dua sistem.

*Find the transfer function of both systems.*

**(25 markah/marks)**

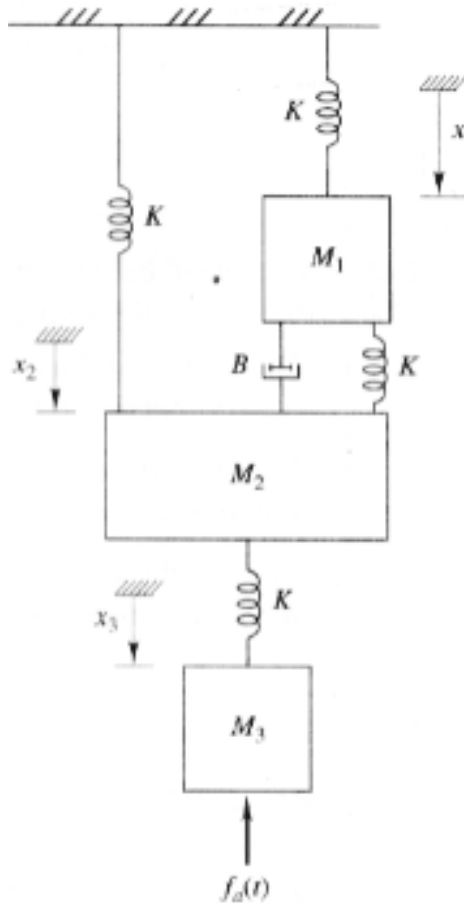
- (d) Lukiskan rajah blok untuk kedua-dua diagram.

*Draw the block diagrams of both systems*

**(25 markah/marks)**

4. Kesemua spring di dalam **Rajah 10** adalah sama, dan setiap satunya mempunyai pemalar  $K$ . Daya spring adalah sifar pada keadaan  $x_1 = x_2 = x_3 = 0$ .

*All the springs in **Figure 10** are identical, each with spring constant  $K$ . The spring forces are zero when  $x_1 = x_2 = x_3 = 0$ .*



**Rajah 10/Figure 10**

- (a) Lukiskan Rajah Jasad Bebas, termasuk daya graviti.

*Draw the Free-Body-Diagrams, including the gravitational forces.*

**(20 markah/marks)**

- (b) Terbitkan persamaan pembezaan untuk sistem tersebut.

*Write the differential equations describing the system.*

**(20 markah/marks)**

- (c) Terbitkan persamaan keadaan ruang untuk sistem tersebut.

*Obtain the state-space equation of the system.*

**(20 markah/marks)**

- (d) Tentukan rangkap pindah untuk sistem tersebut

*Find the transfer function of the system.*

**(20 markah/marks)**

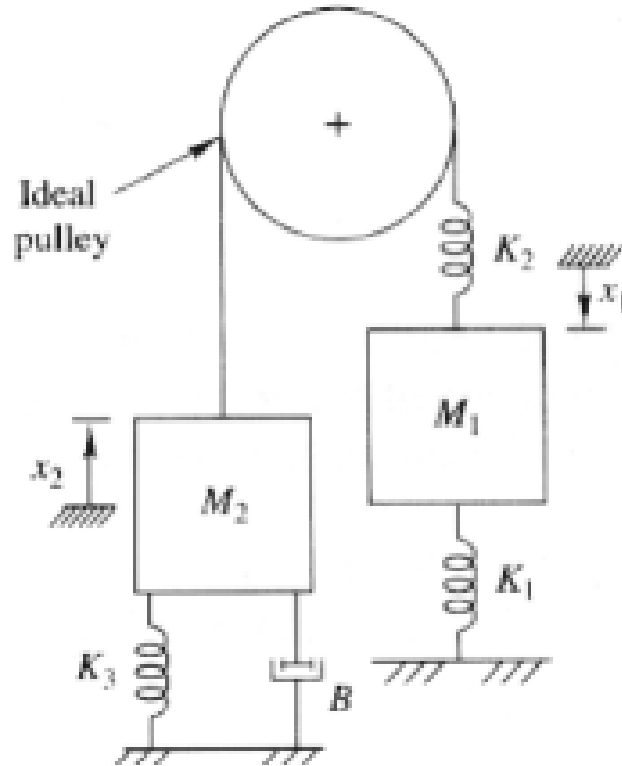
- (e) Lukiskan rajah blok untuk sistem tersebut.

*Draw the block diagram of the system.*

**(20 markah/marks)**

5. Sebuah takal yang unggul di tunjukkan di dalam **Rajah 11**.

*The pulley shown in **Figure 11** is ideal.*



**Rajah 11/Figure 11**

- (a) Lukiskan Rajah Jasad Bebas untuk sistem tersebut.

*Draw the Free-body diagram of the system.*

**(20 markah/marks)**

- (b) Terbitkan persamaan pembezaan untuk sistem tersebut.

*Write the differential equations describing the system.*

**(20 markah/marks)**

- (c) Terbitkan persamaan keadaan ruang.  
*Obtain the state-space representation.* **(20 markah/marks)**
- (d) Tentukan rangkap pindah untuk sistem tersebut.  
*Find the transfer function of the system.* **(20 markah/marks)**
- (e) Lukiskan Rajah blok untuk sistem tersebut.  
*Draw the block diagram of the system.* **(20 markah/marks)**

ooo000ooo