

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
2007/2008 Academic Session  
*Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2007/2008*

April 2008  
*April 2008*

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

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

---

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

Please ensure that this paper contains **TWELVE (12)** printed pages and **NINE (9)** questions before you begin examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **DUA BELAS (12)** mukasurat bercetak dan **SEMBILAN (9)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

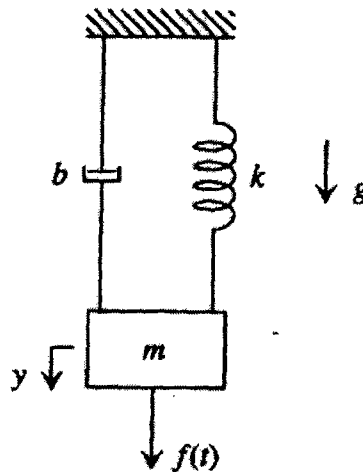
Answer **ALL** questions.  
*Jawab **SEMUA** soalan.*

Student may answer the questions either in English or Bahasa Malaysia.  
*Pelajar boleh menjawab soalan dalam Bahasa Inggeris atau Bahasa Malaysia.*

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

1. A simple mechanical system of mass, spring and damper is shown in **Figure 1**.

*Suatu sistem mekanikal asas yang terdiri daripada jisim, spring dan peredam digambarkan dalam **Rajah 1**.*



**Figure 1/Rajah 1**

- (a) Draw the necessary free-body diagram.

*Lukis gambarajah jasad bebas.*

**(10 marks/markah)**

- (b) Derive the differential equation of the system above.

*Terbitkan persamaan pembezaan untuk sistem di atas.*

**(10 marks/markah)**

- (c) Using the differential equation obtained, determine:

*Dengan menggunakan persamaan pembezaan yang telah diterbitkan, tentukan:*

- (i) State-space representation.

*Perwakilan keadaan-ruang.*

**(10 markah/marks)**

(ii) Transfer function.

*Rangkap pindah.*

**(10 marks/markah)**

2. Below are the differential equations for a dynamic system model.

*Di bawah adalah persamaan-persamaan pembezaan untuk suatu sistem model dinamik.*

$$M\ddot{x}_1 + b\dot{x}_1 - b\dot{x}_2 + kx_1 - kx_2 = 0$$

$$M\ddot{x}_2 - b\dot{x}_1 + b\dot{x}_2 - kx_1 + kx_2 = f$$

- (a) Construct a mechanical system model based on the differential equation given.

*Bina satu sistem model dinamik berasaskan persamaan pembezaan yang telah diberikan.*

**(10 marks/markah)**

- (b) Draw the necessary free-body diagrams.

*Lukis gambarajah jasad bebas.*

**(10 marks/markah)**

- (c) Rewrite the differential equations in state-space model.

*Tulis persamaan pembezaan di dalam bentuk keadaan ruang.*

**(10 marks/markah)**

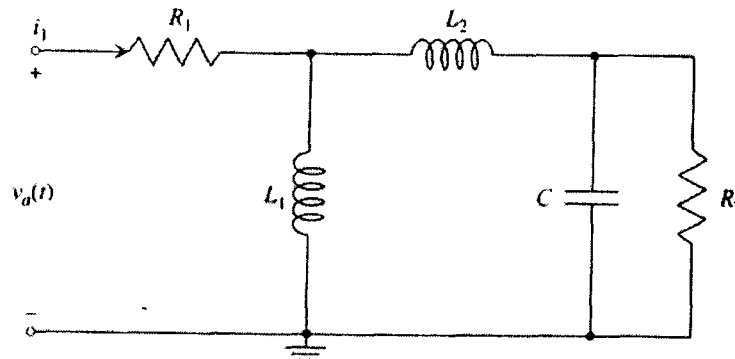
- (d) Determine the transfer functions.

*Tentukan rangkap pindah.*

**(10 marks/markah)**

3. Consider the electrical system shown in **Figure 2**, with the applied voltage  $v_a$  as the input. Determine the:

*Suatu sistem elektrik ditunjukkan dalam Rajah 2, di mana voltan  $v_a$  adalah kemasukan. Tentukan:*



**Figure 2/Rajah 2**

- (a) Differential equation of the above system.

*Persamaan pembezaan untuk sistem di atas.*

**(10 marks/markah)**

- (b) Transfer function of the above system.

*Rangkap Pindah untuk sistem di atas.*

**(10 marks/markah)**

- (c) Based on the differential equations obtained, what is the analogy can be described for the electrical system.

*Berdasarkan persamaan pembezaan yang ditentukan, apakah analogi yang boleh dibuat untuk sistem elektrik tersebut.*

**(10 marks/markah)**

- (d) Rewrite the mechanical differential equations analogue to the electrical system.

*Tulis persamaan pembezaan mekanikal yang analogi dengan sistem elektrik.*

**(10 marks/markah)**

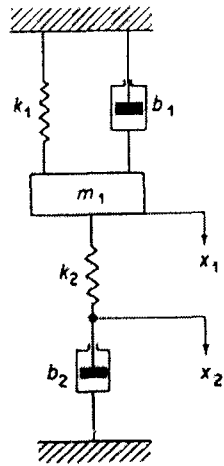
- (e) Draw the mechanical system analogue to electrical system.

*Lukis sistem mekanikal yang analogi dengan sistem elektrik.*

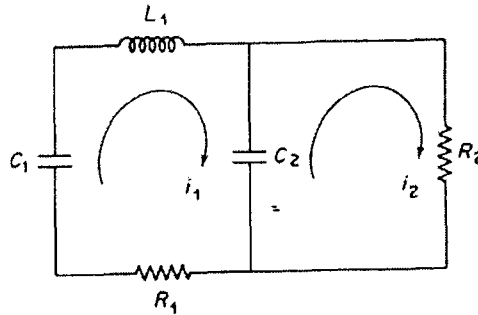
**(20 marks/markah)**

4. Obtain mathematical models for the systems shown in Figure 3(a) and (b) and show that they are analogous systems.

*Tentukan model matematik untuk sistem-sistem yang ditunjukkan dalam Rajah 3 (a) dan (b), dan tentukan mereka adalah analogi.*



**Figure 3(a)/Rajah 3(a)**



**Figure 3(b)/Rajah 3(b)**

**(40 marks/markah)**

5. Consider a system described by the following state-equation and output equation:

*Suatu sistem yang ditentukan oleh keadaan ruang dan persamaan keluaran adalah seperti berikut:*

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + Bu \\ y &= Cx + Du\end{aligned}$$

where:

*di mana:*

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -0.125 & -1.375 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} -0.25 \\ 0.34375 \end{bmatrix}, \quad C = [1 \quad 0], \quad D = 1$$

Obtain the transfer function of this system.

*Tentukan rangkap pindah untuk sistem ini.*

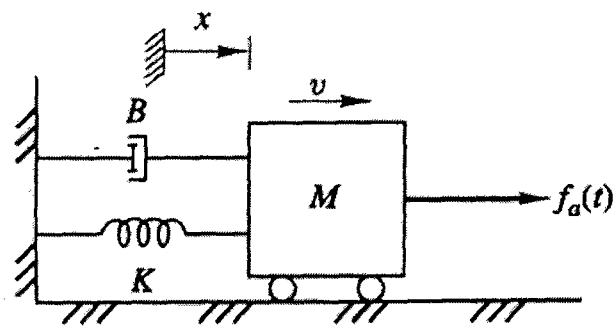
**(50 marks/markah)**



6. Construct a block diagram for the system shown in **Figure 4**, whose model was given by Equation:

*Bina satu gambarajah blok untuk sistem yang ditunjukkan dalam Rajah 4, di mana persamaan untuk model itu adalah:*

$$M\ddot{x} + B\dot{x} + Kx = f_a(t)$$



**Figure 4/Rajah 4**

**(25 marks/markah)**

7. Draw block diagrams for each of the following models.

*Bina gambarajah blok untuk persamaan yang berikut.*

(a) 
$$\begin{aligned}\dot{x} &= -4x + 6y + 2u(t) \\ \dot{y} &= -2x - 3y\end{aligned}$$

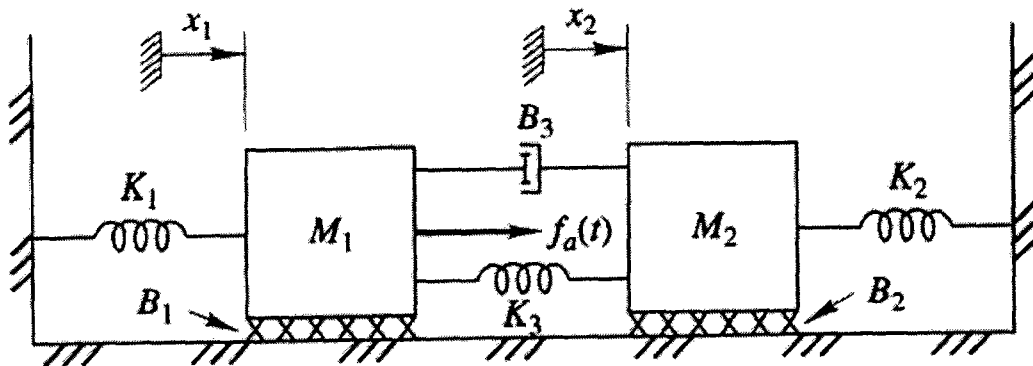
**(15 marks/markah)**

(b) 
$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= -3x_1 + 5x_2 + 3u(t) \\ \dot{x}_2 &= 4x_1 - 6x_2 - u(t)\end{aligned}$$

**(15 marks/markah)**

8. For the system shown in **Figure 5**.

*Untuk sistem yang ditunjukkan dalam Rajah 5.*



**Figure 5/Rajah 5**

- (a) Draw the free-body diagram for each mass.

*Lukis gambarajah jasad bebas untuk setiap jisim.*

**(15 marks/markah)**

- (b) Write the differential equations describing the system.

*Tulis persamaan pembezaan sistem tersebut.*

**(15 marks/markah)**

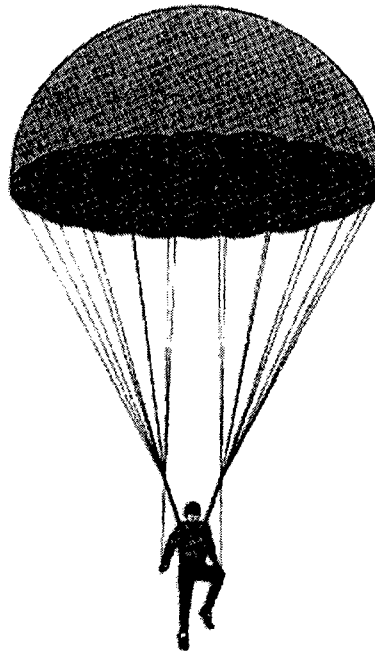
- (c) Draw a block diagram to represent the model.

*Bina satu gambarajah blok untuk mewakili model ini.*

**(15 marks/markah)**

9. A person wearing a parachute jumps out of an airplane. Assume that there is no wind and that the parachute provides viscous damping relative to a fixed reference frame. The parachute has a relatively small mass  $M_p$  and a large damping coefficient  $B_p$ . The jumper has a larger mass  $M_j$  and a smaller drag coefficient  $B_j$ . The cords attaching the parachute to the jumper are called risers and are assumed to be quite springy. The elastic effect of the risers is represented by the spring constant  $K_R$ . The deformation of the parachute itself can also be included in the value  $K_R$ . A simple model of the system is shown in **Figure 6**.

*Seorang penerjun payung terjun melompat keluar dari sebuah kapal terbang. Andaikan tiada angin dan payung terjun mengeluarkan redaman likat relative ke kerangka rujukan yang tetap. Payung terjun itu mempunyai jisim yang kecil,  $M_p$  dan pekali redaman  $B_p$  yang besar. Penerjun itu mempunyai berat  $M_j$  dan pekali seretan  $B_j$  yang kecil. Kord yang disambung dari payung terjun ke penerjun dipanggil "risers" dan diandaikan bersifat spring. Kesan elastik daripada "risers" diwakilkan melalui pekali spring  $K_R$ . Perubahan bentuk payung terjun juga boleh dimasukkan ke dalam pekali  $K_R$ . Satu model asas sistem tersebut ditunjukkan dalam **Rajah 6**.*



**Figure 6/Rajah 6**

- (a) Draw a simple model representing the parachute. (Simple model consists of mass, spring and damper)

*Lukis satu model asas sistem tersebut (Model asas adalah terdiri daripada jisim, spring dan peredam)*

**(40 marks/markah)**

- (b) Write the modeling equations describing the motions of the jumper and the parachute.

*Terbitkan persamaan model untuk penerjun dan payung terjun berdasarkan model yang telah dilukis.*

**(20 marks/markah)**

- (c) Draw the block diagrams based on the equations modeled.

*Bina gambarajah blok untuk persamaan yang telah diterbitkan.*

**(20 marks/markah)**

- (d) Construct a simulink diagram based on the block diagram.

*Bina satu gambarajah 'simulink' berdasarkan gambarajah blok.  
(Kemasukan adalah dari unit step)*

**(20 marks/markah)**