

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2002/2003**

*Second Semester Examination  
2002/2003 Academic Session*

**Februari/Mac 2003**

*February/March 2003*

**ESA 322/3 – Dinamik Struktur**  
*(Structural Dynamics)*

**Masa : [3 Jam]**

*Time : [3 hours]*

---

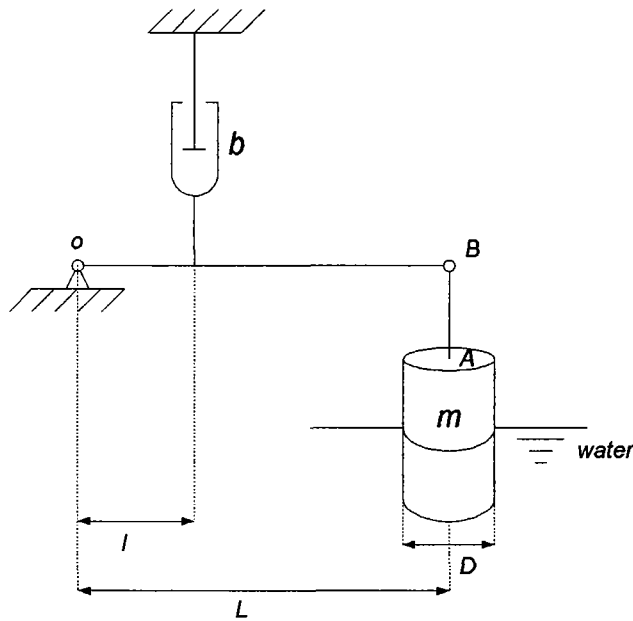
**ARAHAN KEPADA CALON :**

*INSTRUCTION TO CANDIDATES:*

1. Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **(9) SEMBILAN** mukasurat bercetak termasuk lampiran dan **(7) TUJUH** soalan.  
*Please ensure that this paper contains (9) NINE printed pages including attachments and (7) SEVEN questions.*
2. Anda dikehendaki menjawab **(4) EMPAT** soalan  
*Please answer (4) FOUR questions .*
3. Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sut sebelah kanan.  
*The marks allocated for each questions is shown on the right hand side.*
4. Soalan boleh dijawab dalam Bahasa Inggeris kecuali satu soalan wajib dijawab dalam Bahasa Melayu.  
*The questions can be answered in English but one questions must be answered in Bahasa Melayu.*
5. Mesin kira bukan yang boleh diprogram boleh digunakan.  
*Non programmable calculator can be used.*
6. Formula disertakan dalam lampiran.  
*List of formula is included in the attachment.*

...2/

1.



$$\begin{aligned}
 L &= 250 \text{ mm} \\
 l &= 75 \text{ mm} \\
 D &= 50 \text{ mm} \\
 m &= 0.2 \text{ kg} \\
 \rho_w &= 1000 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

**Rajah 1/Figure 1**

Suatu sistem meter paras air mempunyai lengan OB dan silinder bergaris pusat  $D$ . Ketumpatan air ialah  $\rho_w$ .

- Tulis persamaan gerakan berdasarkan gambarajah jasad bebas;
- Tentukan pemalar redaman daspot  $b$  bagi redaman genting.

*A system of water level meter consists of a light arm OB and a floating cylinder of diameter  $D$ . Density of water is  $\rho_w$ .*

- Write down the equation of motion based on free body diagram.*
- Determine the damping constant  $b$  of the dashpot for critical damping.*

(25 markah/marks)

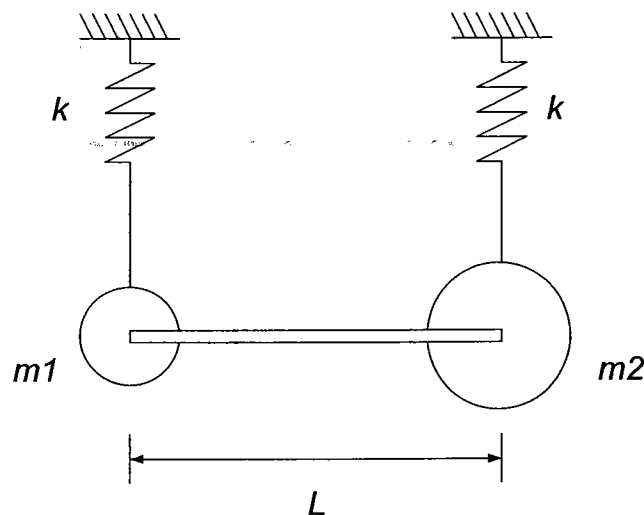
- 3 -

2. Pertimbangkan sistem mekanik dua darjah kebebasan dalam pergerakan lambungan dan anggulan seperti yang diterangkan dalam Rajah 2 di bawah. Dua jisim padat dihubungkan oleh tegar ('rigid') dan palang tanpa jisim digantung pada dua pegas yang sama identitinya.  $m_1 = m$ ,  $m_2 = 2m$ .

- (a) Tentukan frekuensi tabii dalam sebutan  $k$ ,  $m$ ,  $L$ ; dan  
 (b) Tentukan dan lukis skema bentuk mode.

*Consider two degree of freedom mechanical system in heaving and pitching motion as explained in Figure 2, below. Two concentrated masses connected by a rigid and mass less bar are suspended by two axial identical springs.  $m_1 = m$ ,  $m_2 = 2m$ .*

- (a) *Determine the natural frequencies in terms of  $k$ ,  $m$ ,  $L$ ; and*  
 (b) *Determine and draw schematically the mode shapes.*

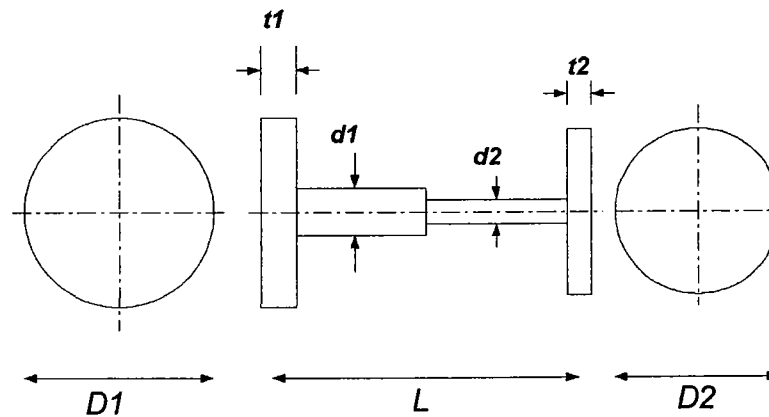


**Rajah 2./Figure 2.**

**(25 markah/marks)**

...4/

3.

**Rajah 3./Figure 3.**

Pertimbangkan dua cakera yang dihubungkan oleh dua aci ('shafts') sepertimana yang ditunjukkan dalam Rajah 3. Pergerakan terhadap putaran darjah kebebasan. Ketumpatan cakera ialah  $\rho$  dan aci dianggapkan tiada jisim. Modulus ricih bagi keanjalan bahan aci ialah  $G$ .

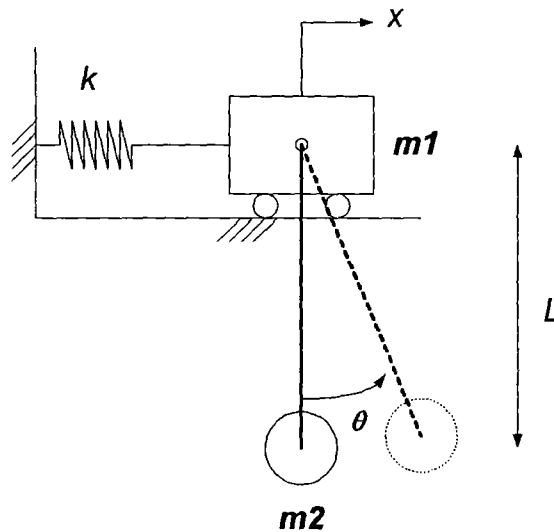
- Tentukan frekuensi tabii dalam sebutan  $\rho$ ,  $G$ , dan seterusnya tentukan juga dimensi struktur tersebut.
- Tentukan dan lukis skema bentuk mode.

*Consider two discs interconnected by two shafts as shown in Figure 3. The motion is restricted in rotational degree of freedom. The density of the discs is  $\rho$ , and the shafts are considered mass less. The shear modulus of elasticity of shaft material is  $G$ .*

- Determine the natural frequencies in terms of  $\rho$ ,  $G$ , and also the dimension of the structure.*
- Determine and draw schematically the mode shapes.*

**(25 markah/marks)**

4.

**Rajah 4./Figure 4.**

Pertimbangkan sistem mekanik dua darjah kebebasan: jisim peralihan dengan mekanisma bandul adalah diterangkan seperti dalam Rajah 4. Adalah dianggarkan tidak ada geseran semasa tarikan peralihan dan putaran pangs. Kecepatan graviti ialah  $g$ .  $M_1 = 2M$ ,  $M_2 = M$ .

- (a) Tentukan frekuensi tabii;
- (b) Tentukan dan lukis skema bentuk mode.

*Consider two degree of freedom mechanical system: translation mass with pendulum mechanism as explained in Figure 4. It is assumed there is no friction in translation track and rotational pivot. The acceleration of gravity is  $g$ .  $M_1 = 2M$ ,  $M_2 = M$ .*

- (a) *Determine the natural frequencies.*
- (b) *Determine and draw schematically the mode shapes.*

**(25 markah/marks)**

- 6 -

5. Terang dan jelaskan maksud terminologi yang berikut dengan hanya memberikan maksud secara fizikal dan tidak memberikan rumus.

- (a) Frekuensi tabii;
- (b) Bentuk mode;
- (c) Redaman genting;
- (d) Gandingan sifat tekun;
- (e) Gandingan anjal;
- (f) Salunan;
- (g) Darjah kebebasan;
- (h) Koordinat tabii;
- (i) Koordinat terletak;
- (j) Hipotesis Rayleigh;
- (k) Pendiskretan Ritz; dan
- (l) Hipotesis Basil.

*Explain and clarify the following terminologies (don't give formula rather the physical meaning):*

- (a) *Natural frequency.*
- (b) *Mode shape.*
- (c) *Critical damping.*
- (d) *Inertial coupling.*
- (e) *Elastic coupling.*
- (f) *Resonance.*
- (g) *Degree of freedom.*
- (h) *Natural coordinate.*
- (i) *Generalized coordinate.*
- (j) *Rayleigh hypothesis.*
- (k) *Ritz discretization*
- (l) *Basil hypothesis*

(25 markah/marks)

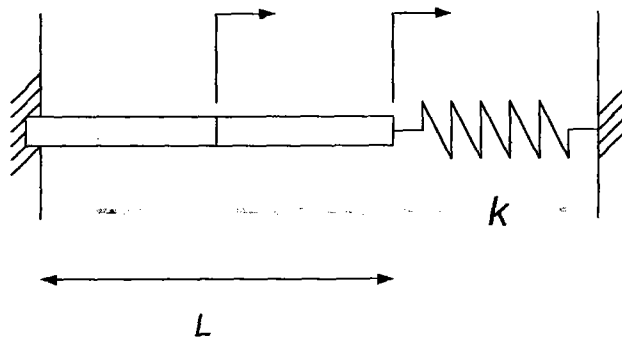
- 7 -

6. Pertimbangkan struktur dengan derajat kebebasan paksi seperti yang diterangkan dalam Rajah 6. Modulus keanjalan, ketumpatan dan luas keratan lintang palang ialah masing-masing  $E$ ,  $\rho$ ,  $S$ .

Dengan menggunakan kaedah unsur terhingga dengan dua unsur bagi satu palang, tentukan frekuensi tabii dan bentuk mode. (Lukiskan skema mode tersebut)

*Consider a structure with axial degree of freedom as explained in Figure 6. The modulus of elasticity, density and cross section area of the bar is  $E$ ,  $\rho$ ,  $S$  respectively.*

*By using finite element method with 2 elements for the bar, determine the natural frequencies and the mode shapes. (Draw schematically the modes).*



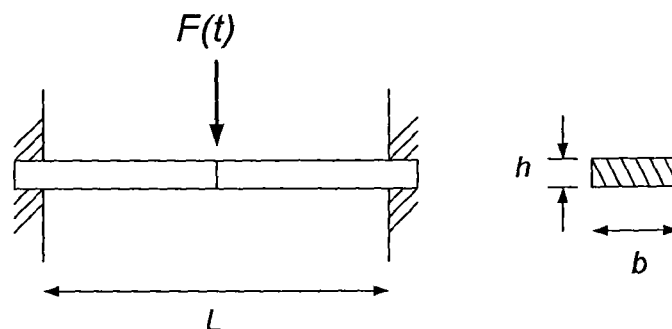
**Rajah 6./Figure 6.**

**(25 markah/marks)**

7. Pertimbangkan struktur alur yang terkapit pada kedua-dua belah, dikenakan beban menegak pada bahagian tengah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 7. Modulus keanjalan alur ialah  $E$  dan ketumpatannya ialah  $\rho$ .
- Dengan menggunakan kaedah unsur terhingga dengan dua unsur sahaja, tentukan frekuensi tabii dan bentuk mode. (Lukiskan skema bentuk mode itu); dan
  - Jika beban itu merupakan fungsi langkah dengan nilai  $F_0$ , tuliskan persamaan gerakan dan tentukan sambutan struktur itu. (Lukis skema bagi sambutan itu).

*Consider a beam structure clamped at the both sides, imposed by vertical load in the middle as shown in Figure 7. The modulus of elasticity of the beam is  $E$ , and the density is  $\rho$ .*

- By using finite element method with 2 elements only, determine the natural frequencies and mode shapes. (Draw schematically the mode shapes); and*
- If the load is a step function with value of  $F_0$ , write down the equation of motion and determine the structural response. (Draw schematically the response).*



**Rajah 7./Figure 7.**

**(25 markah/marks)**

...9/



**Attachment:**

Stiffness Matrix of truss element:

$$[K] = SE/L [k]$$

where:

$$k_{11} = 1, k_{12} = -1, k_{21} = -1, k_{22} = 1.$$

Mass Matrix of truss element:

$$[M] = \rho SL/6 [m]$$

where:

$$m_{11} = 2, m_{12} = 1, m_{21} = 1, m_{22} = 2$$

Stiffness Matrix of grid/beam element:

$$[K] = EI/L^3 [k]$$

where:

$$k_{11} = 12$$

$$k_{12} = 6L$$

$$k_{13} = -12$$

$$k_{14} = 6L$$

$$k_{22} = 4L^2$$

$$k_{23} = -6L$$

$$k_{24} = 2L^2$$

$$k_{33} = 12$$

$$k_{34} = -6L$$

$$k_{44} = 4L^2$$

Mass Matrix of grid/beam element:

$$[M] = \rho SL/420 [m]$$

where:

$$m_{11} = 156$$

$$m_{12} = 22 L$$

$$m_{13} = 54$$

$$m_{14} = -13 L$$

$$m_{22} = 4L^2$$

$$m_{23} = 13 L$$

$$m_{24} = -3 L^2$$

$$m_{33} = 156$$

$$m_{34} = -22 L$$

$$m_{44} = 4 L^2$$

ooo000ooo