

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
2007/2008 Academic Session  
*Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 2007/2008*

October/November 2007  
*Oktober/November 2007*

**ESA 221/3 – Solid Mechanics**  
*Mekanik Pepejal*

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

---

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

Please ensure that this paper contains **ELEVEN (11)** printed pages and **EIGHT (8)** questions before you begin examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEBELAS (11)** mukasurat bercetak dan **LAPAN (8)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Part A: Answer **FOUR (4)** questions. Part B: Answer **TWO (2)** questions.

*Bahagian A: Jawab **EMPAT (4)** soalan. Bahagian B: Jawab **DUA (2)** 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.*

**PART A/BAHAGIAN A**

1. (a) With the aid of diagrams, define the following terms;

- (i) Stress
- (ii) Strain
- (iii) Bearing stress
- (iv) Thermal strain

*Dengan berbantuan rajah-rajah, takrifkan istilah-istilah berikut:*

- (i) Tegasan
- (ii) Terikan
- (iii) Tegasan bering
- (iv) Terikan haba

**(8 marks/markah)**

(b) Prove that for a bar shown in **Figure 1**, the normal stress ( $\sigma$ ) and shearing stress ( $\tau$ ) of an oblique plane under axial loading are

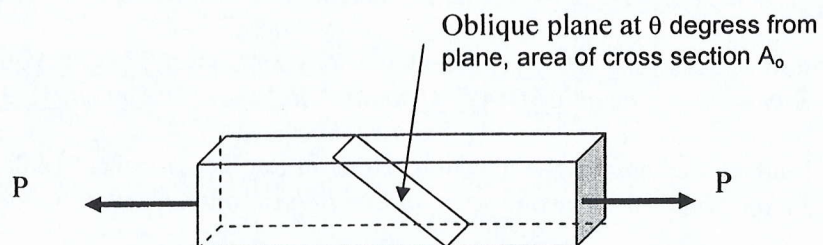
$$\sigma = P \cos^2 \theta / A_o$$

$$\tau = P \cos \theta \sin \theta / A_o$$

*Buktikan untuk bar di **Rajah 1**, tegasan normal ( $\sigma$ ) dan tegasan ricih ( $\tau$ ) di planar oblik di bawah beban paksi adalah*

$$\sigma = P \cos^2 \theta / A_o$$

$$\tau = P \cos \theta \sin \theta / A_o$$

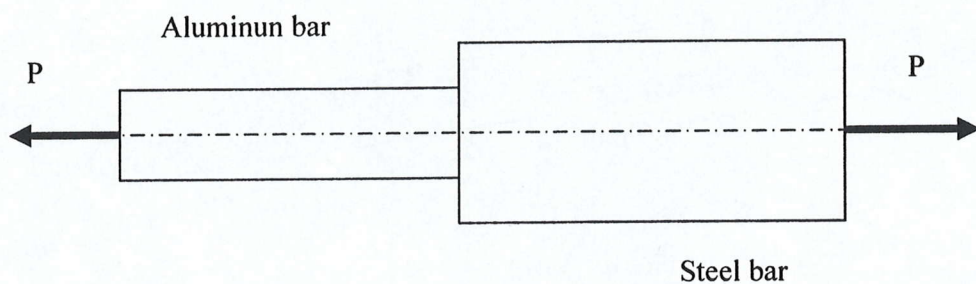


**Figure 1/Rajah 1**

**(6 marks/markah)**

- (c) Two round bars are joined and used as a tension member as shown in **Figure 2**. The steel bar is of diameter 60mm and length 300mm. The aluminum bar is of diameter 110mm and length of 450mm. Determine the magnitude of the the force P that will lengthen the two bars by 0.35mm. Assume.  $E_{\text{steel}} = 200 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$  and  $E_{\text{aluminum}} = 70 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$ .

*Dua batang bar bulat disambung dan digunakan sebagai ahli tegangan sebagaimana dalam **Rajah 2**. Bar aluminum bergaris pusat 60mm dan panjang 300mm. Bar besi bergaris pusat 110mm dan panjang 450mm. Peroleh magnitud daya P yang akan memanjangkan kedua-dua bar bulat tersebut sepanjang 0.35mm. Andaikan  $E_{\text{steel}} = 200 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$  dan  $E_{\text{aluminum}} = 70 \times 10^6 \text{ kN/m}^2$ .*



**Figure 2/Rajah 2**

(6 marks/markah)

2. The flat spring is made of aluminum and has a rectangular cross section as shown in the Figure 3. Determine the maximum elastic load  $P$  that can be applied. What is the deflection at  $B$  when  $P$  reaches its maximum value? Assume that the spring is fixed supported at  $A$ .  $E_{al} = 75 \text{ GPa}$ ,  $\sigma_y = 450 \text{ MPa}$ .

*Spring yang rata diperbuat daripada aluminium mempunyai luas keratan rentas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3. Tentukan beban elastik maksimum  $P$ . Berapakah pesongan pada  $B$  apabila  $P$  mencapai nilai maksimum? Anggap bahawa spring disokong tetap pada  $A$ .  $E_{al} = 75 \text{ GPa}$ ,  $\sigma_y = 450 \text{ MPa}$ .*

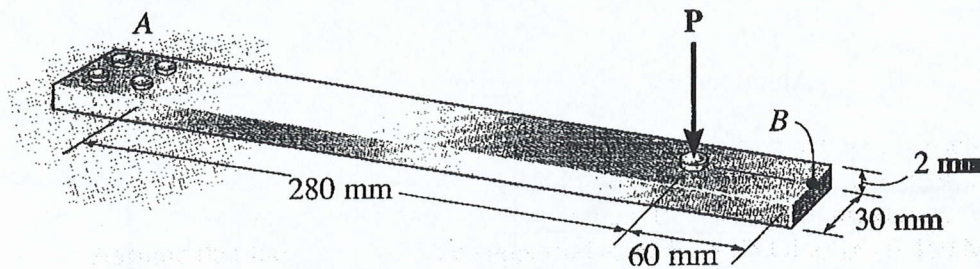
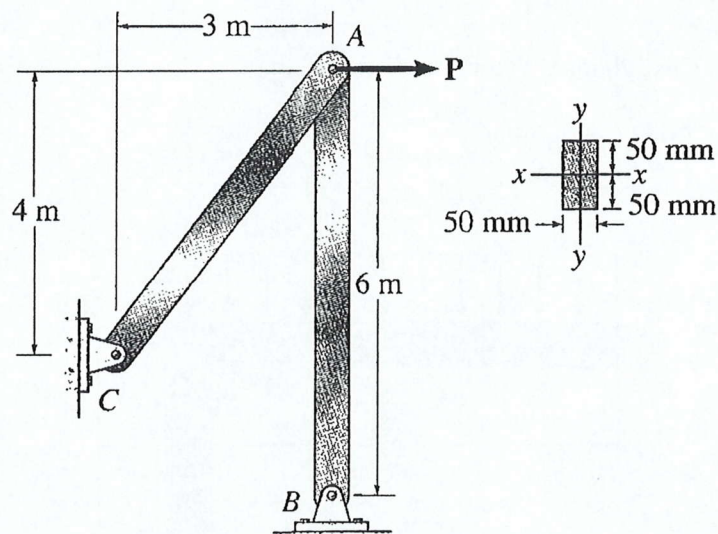


Figure 3/Rajah 3

(20 marks/markah)

3. Consider a structure as shown in the **Figure 4**. Determine the maximum load **P** the frame can support without buckling member **AB**. Assume that **AB** is made of aluminum and is pinned at its ends for **y-y** axis buckling and fixed at its ends for **x-x** axis buckling.  $E_{al} = 75 \text{ GPa}$ ,  $\sigma_y = 450 \text{ MPa}$ .

*Anggapkan sebuah struktur seperti dalam **Rajah 4**. Tentukan beban maksimum **P** yang diperlukan kerangka tanpa lengkukan anggota **AB**. Anggap bahawa **AB** diperbuat daripada aluminium dan dipinakan pada hujung bagi lengkukan pada paksi **y-y** dan ditetapkan pada hujung untuk lengkukan pada paksi **x-x**.  $E_{al} = 75 \text{ GPa}$ ,  $\sigma_y = 450 \text{ MPa}$ .*



**Rajah 4/Figure 4**

(20 marks/markah)

4. Consider a structure under continuous loading as shown in the **Figure 5**. There is a fixed support at A.  $EI$  is constant. Determine the horizontal and vertical displacements of point C:

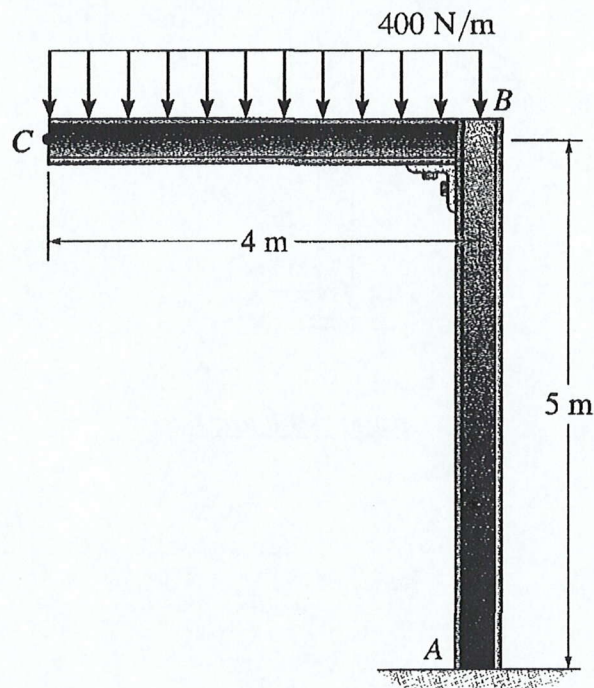
*Anggapkan sebuah struktur mengalami beban berterusan seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 5**. Terdapat penyokong tetap pada A.  $EI$  adalah malar. Tentukan sesaran mengufuk dan menegak pada titik C:*

- (a) By using the Principle of Virtual work, and

*Dengan menggunakan Prinsip Kerja Maya, dan*

- (b) Castigliano's theorem.

*Teori Castigliano*



**Figure 5/Rajah 5**

(20 marks/markah)

**BAHAGIAN B/PART B**

5. The aluminum ( $G_{al} = 26 \text{ GPa}$ ) beam is fixed to the wall at A and free at its other end B. The length of AB is 2.5 m. The beam is subjected to two external torques: a torque of 80 Nm at C which is 1 m from A, and other torque of 150 Nm at B. The torque at B is in the reverse direction of the torque at C. Determine the maximum shear stress in the beam and angle of twist at B if (see Table 6):

*Alur aluminium ( $G_{al} = 26 \text{ GPa}$ ) ditetapkan pada dinding A dan bebas pada hujung B. Panjang AB ialah 2.5 m. Alur ini mengalami dua kilasan luar: kilasan pertama 80 Nm pada C yang berada 1 m dari A, dan kilasan kedua sebanyak 150 Nm pada B. Kilasan pada B berlawanan arah dengan kilasan pada C. Tentukan tegasan ricih maksimum dan sudut piuh pada B sekiranya (rujuk Jadual 6)*

- (a) the beam cross section is square with  $a = 50 \text{ mm}$

*keratan rentas alur ialah segiempat sama dengan  $a = 50 \text{ mm}$*

- (b) the beam cross section is equilateral triangle with  $a = 60 \text{ mm}$

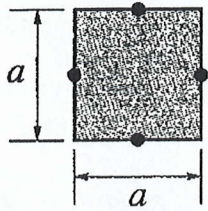
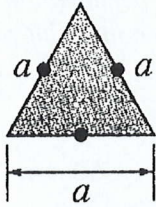
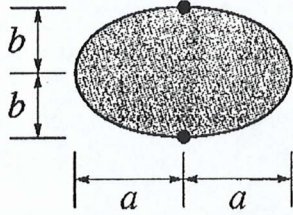
*keratan rentas alur ialah segitiga kaki sama dengan  $a = 60 \text{ mm}$*

- (c) the beam cross section is ellipse with  $a = 40 \text{ mm}$  and  $b = 25 \text{ mm}$

*keratan rentas alur ialah elips dengan  $a = 40 \text{ mm}$  dan  $b = 25 \text{ mm}$*

- (d) the beam is a thin-walled circular tube having closed cross section with outer diameter of 31 mm and inner diameter of 29 mm.

*alur ialah tiub bulat berdinding nipis dengan keratan rentas diameter luar 31 mm dan diameter dalam 29 mm.*

Shape of cross section	$\tau_{\max}$	$\phi$
<p>Square</p> 	$\frac{4.81 T}{a^3}$	$\frac{7.10 TL}{a^4 G}$
<p>Equilateral triangle</p> 	$\frac{20 T}{a^3}$	$\frac{46 TL}{a^4 G}$
<p>Ellipse</p> 	$\frac{2 T}{\pi a b^2}$	$\frac{(a^2 + b^2) TL}{\pi a^3 b^3 G}$

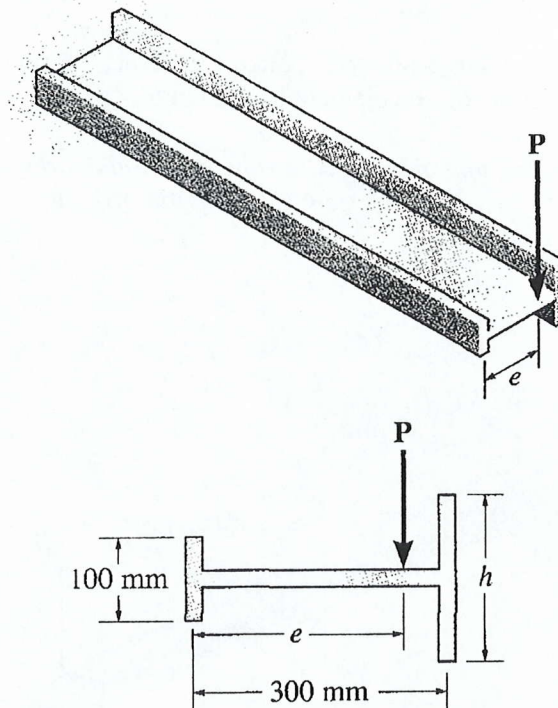
**Table 6/Jadual 6**

(20 marks/markah)



6. A force  $P$  is applied to the web of the beam as shown in **Figure 7**. If  $e = 240$  mm, determine the height  $h$  of the right flange so that the beam will deflect downward without twisting. The member segments have the same thickness  $t$ .

*Satu daya  $P$  ditindakkan ke atas web alur seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 7**. Sekiranya  $e = 240$  mm, tentukan ketinggian  $h$  pada bebibir kanan supaya alur itu akan dipesongkan ke bawah tanpa pihan atau pulasan. Segmen anggota mempunyai ketebalan,  $t$  yang sama.*



**Figure 7/Rajah 7**

(20 marks/markah)

7. The bar has a diameter of 30 mm. It is subjected to a force of 800 N as shown in Figure 8.

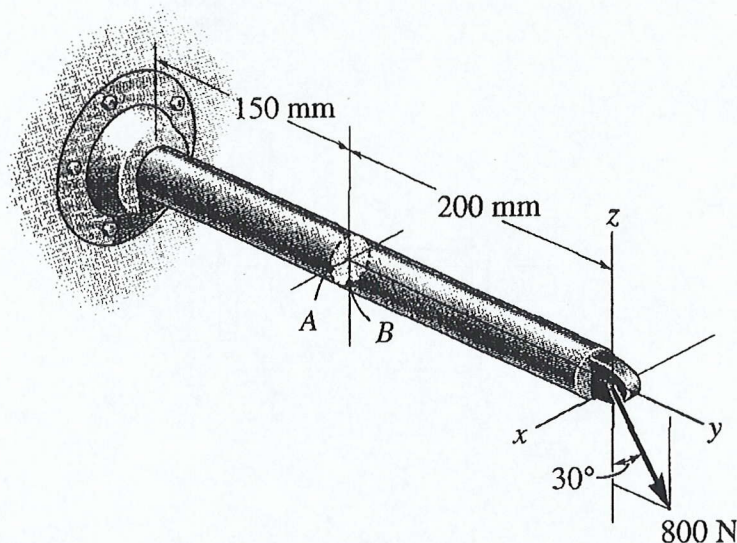
*Sebuah bar mempunyai diameter 30 mm. Ia ditindakkan oleh satu daya 800 N seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 8.*

- (a) Determine the stress components that act at point A and show the results on a volume element located at this point.

*Tentukan komponen tegasan yang bertindak pada titik A dan tunjukkan jawapan mengenai elemen isipadu pada titik ini.*

- (b) Determine the stress components that act at point B and show the results on a volume element located at this point.

*Tentukan komponen tegasan yang bertindak pada titik B dan tunjukkan jawapan mengenai elemen isipadu pada titik ini.*



**Figure 8/Rajah 8**

**(20 marks/markah)**

8. For the element shown in **Figure 9**, by using Mohr's circle,

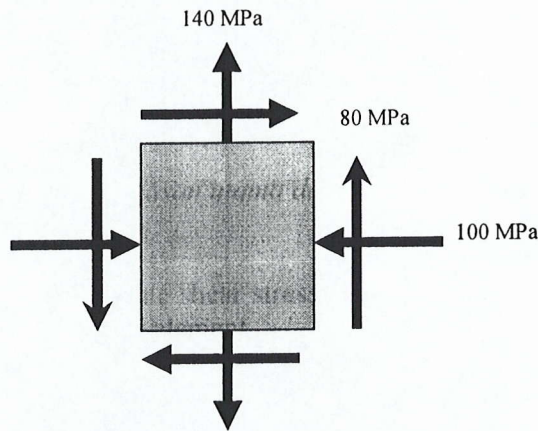
*Untuk elemen dalam Rajah 9, dengan menggunakan bulatan Mohr,*

(a) determine the principal stresses and specify the orientation of the element, and

*tentukan tegasan-tegasan utama dan tentukan orientasi elemen, dan*

(b) the maximum in-plane shear stress and average normal stress. Specify the orientation of the element.

*tegasan ricih maksimum pada satah dan purata tegasan normal. Tentukan orientasi elemen.*



Rajah 9/Figure 9

(20 marks/markah)

ooo000ooo