

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
2013/2014 Academic Session

JUNE 2014

## EAS 152/3 – Strength of Materials *[Kekuatan Bahan]*

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

---

Please check that this examination paper consists of **FIFTEEN (15)** pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **LIMABELAS (15)** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]*

**Instructions** : This paper contains **SEVEN (7)** questions. Answer **FIVE (5)** questions.

**Arahan** : Kertas ini mengandungi **TUJUH (7)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan.]

All questions **MUST BE** answered on a new page.

*[Semua soalan **MESTILAH** dijawab pada muka surat baru.]*

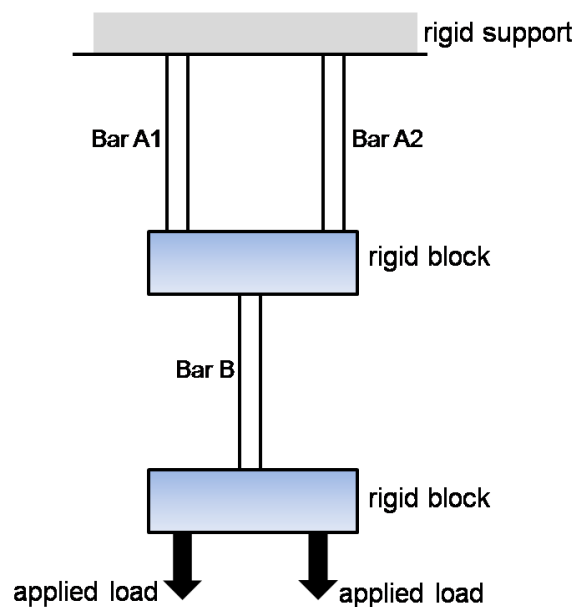
In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

*[Sekiranya terdapat percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.]*

1. (a) A test will be conducted on the assemblage shown in **Figure 1**. Bar A1, A2 and B are made using the same material. The cross-sectional areas for all three bars are the same. It is predicted that bar B will break first. Give explanation with the use of suitable free body diagram and concept of strength to support the above prediction.

*Satu ujian akan dijalankan ke atas struktur yang ditunjukkan dalam **Rajah 1**. Bar A1, A2 dan B dibuat daripada bahan yang sama. Luas keratan rentas untuk ketiga-tiga bar adalah sama. Jangkaan yang dibuat adalah bar B akan putus dahulu. Berikan penerangan dengan penggunaan gambarajah jasad bebas yang sesuai dan konsep kekuatan bahan untuk menyokong jangkaan di atas.*

[4 marks/markah]



**Figure 1/Rajah 1**

- (b) The mast in **Figure 2** with thickness 20mm is connected to a pinned support at A. The end plate at A has thickness of 15mm. A pair of ties are connected to the vertical mast through a pinned connection at B. Each of the tie has rectangular cross section of 75mm×7.5mm. End D of the ties is pin connected to a support at D. The thickness of the end plate at D is 17.5mm. Details of pinned connection at A, B and D are shown in **Figure 2(b)**. The pins at A, B and D have all the same diameters of 15mm. A load of 50kN inclined at an angle  $30^\circ$  from the horizontal acts at end C of the mast. Determine:

*Anggota menegak dalam **Rajah 2** dengan ketebalan 20mm disambung kepada satu penyokong pin pada A. Plat hujung pada A mempunyai ketebalan 15mm. Satu pasang anggota pengikat disambung kepada anggota menegak melalui satu sambungan pin pada B. Setiap daripada pengikat mempunyai keratan berbentuk segiempat tepat dengan ukuran 75mm×7.5mm. Hujung D pengikat disambung melalui sambungan pin kepada satu penyokong di D. Ketebalan plat hujung pada D adalah 17.5mm. Perincian sambungan pin pada A, B dan D ditunjukkan dalam **Rajah 2(b)**. Kesemua pin pada A, B dan D mempunyai garispusat yang sama iaitu 15mm. Satu beban 50kN yang berada pada sudut  $30^\circ$  dari ufuk bertindak pada hujung C anggota menegak.*

- (i) maximum normal stress in each of the tie. State whether the stress is tensile or compressive.

*tegasan normal maksima dalam setiap pengikat. Nyatakan sama ada tegasan normal berkaitan adalah tegasan tegangan ataupun tegasan mampatan.*

- (ii) shear stress in pin at B  
*tegasan ricih dalam pin pada B*
- (iii) shear stress in pin at A  
*tegasan ricih dalam pin pada A*
- (iv) maximum bearing stress on pin at A  
*tegasan galas maksimum ke atas pin pada A*
- (v) maximum bearing stress on pin at D  
*tegasan galas maksimum ke atas pin pada D*

[16 marks/markah]

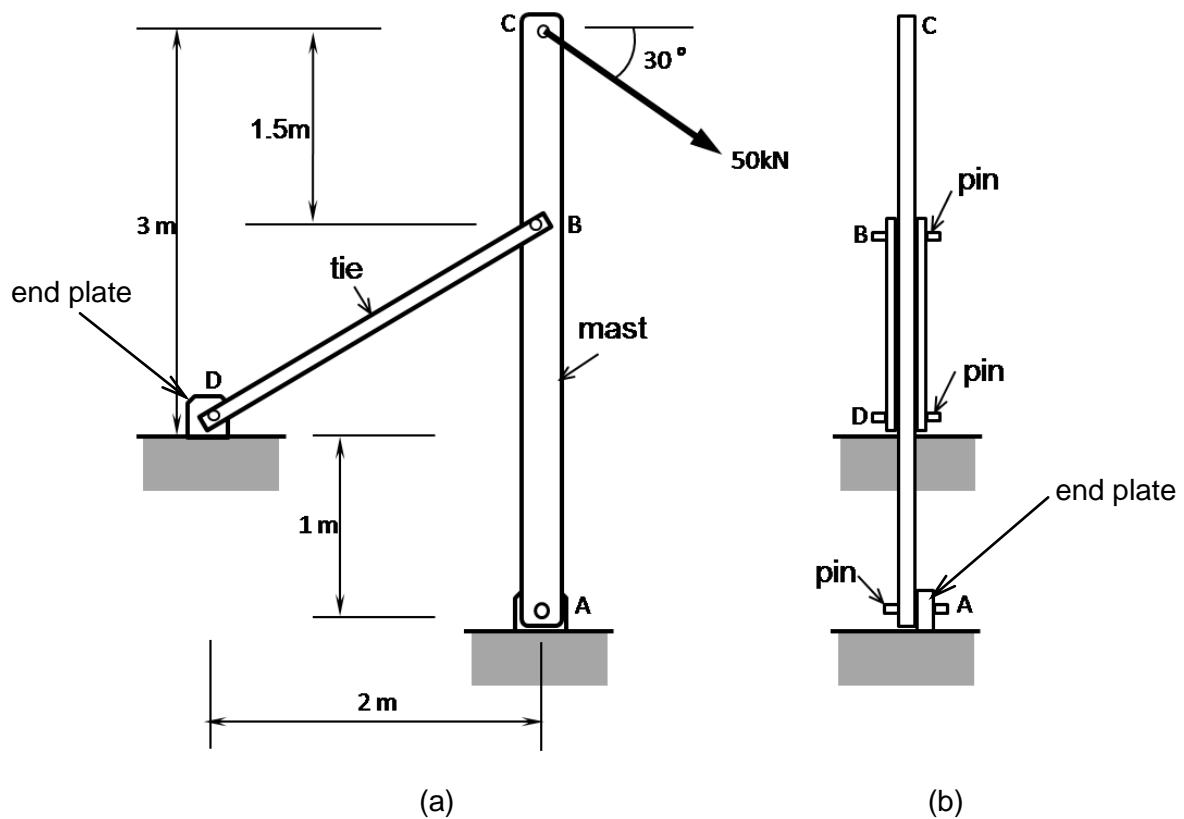
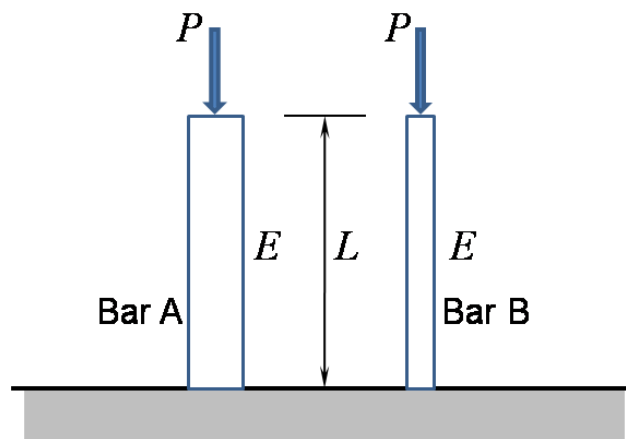


Figure 2/Rajah 2

2. (a) **Figure 3** shows two bars A and B subjected to the same loading  $P$ . The diameter of bar A is two times larger than that of bar B. Both bars are of the same length  $L$  and made using the same material with modulus of elasticity  $E$ . Calculate the ratio of axial stiffness of bar A to bar B.

**Rajah 3** menunjukkan dua bar A dan B yang dikenakan beban keaan yang sama. Garispusat bar A adalah dua kali lebih besar daripada garispusat bar B. Kedua-dua bar mempunyai panjang yang sama dan diperbuat daripada bahan yang sama dengan modulus keanjalan  $E$ . Kirakan nisbah kekukuhan paksi bar A kepada bar B.

[4 marks/markah]



**Figure 3/Rajah 3**

- (b) A rigid bar ABC is supported by two vertical posts at D and E as shown in **Figure 4**. Post DF has both ends pinned. On the other hand, post EGH has one end pinned (E) and the other end fixed (H). Cross section of post DF is a square hollow section with dimension as shown in **Figure 4**. Post EGH is made up of two parts EG and GH. Each part is a square hollow section with different dimensions as shown in **Figure 4**. Both posts DF and EGH are made of steel with  $E=190\text{GPa}$ . Loads of 25kN, 50kN and 50kN act at point A, B and C, respectively. Determine:

Satu bar tegar ABC disokong oleh dua pacak pugak pada D dan E seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 4**. Kedua-dua hujung pacak DF adalah hujung pin manakala satu hujung pacak EGH adalah hujung pin (E) dan satu lagi hujung adalah hujung ikat tegar (H). Bentuk keratan pacak DF adalah keratan segiempat sama berongga dengan dimensi seperti yang ditunjukkan dalam rajah. Setiap bahagian pacak EGH mempunyai bentuk keratan segiempat sama berongga yang lain dengan dimensi seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 4**. Kedua-dua pacak DF dan EGH diperbuat daripada keluli dengan nilai modulus keanjalan  $E=190\text{GPa}$ . Beban  $25\text{kN}$ ,  $50\text{kN}$  dan  $50\text{kN}$  bertindak pada titik A, B dan C. Tentukan:

- (i) Vertical deflection of point D. State if the deflection is upwards or downwards.

*Anjakan pugak titik D. Nyatakan sama ada anjakan adalah ke atas atau ke bawah.*

- (ii) Vertical deflection of point E. State if the deflection is upwards or downwards.

*Anjakan pugak titik E. Nyatakan sama ada anjakan adalah ke atas atau ke bawah.*

- (iii) For the structure shown in **Figure 4**, the limit of vertical deflection at C is  $1.5\text{mm}$ . Check by carrying out suitable calculation if the limit is exceeded or not.

*Untuk struktur yang ditunjukkan dalam **Rajah 4**, had anjakan pugak titik C adalah  $1.5\text{mm}$ . Semak dengan membuat pengiraan yang bersesuaian sama ada had tersebut di atas dipatuhi atau tidak.*

- (iv) Normal stress in post DF

*Tegasan normal dalam pacak DF*

- (v) Normal stresses in part EG and GH of post EGH.

*Tegasan normal dalam bahagian EG dan GH untuk pacak EGH.*

[16 marks/markah]

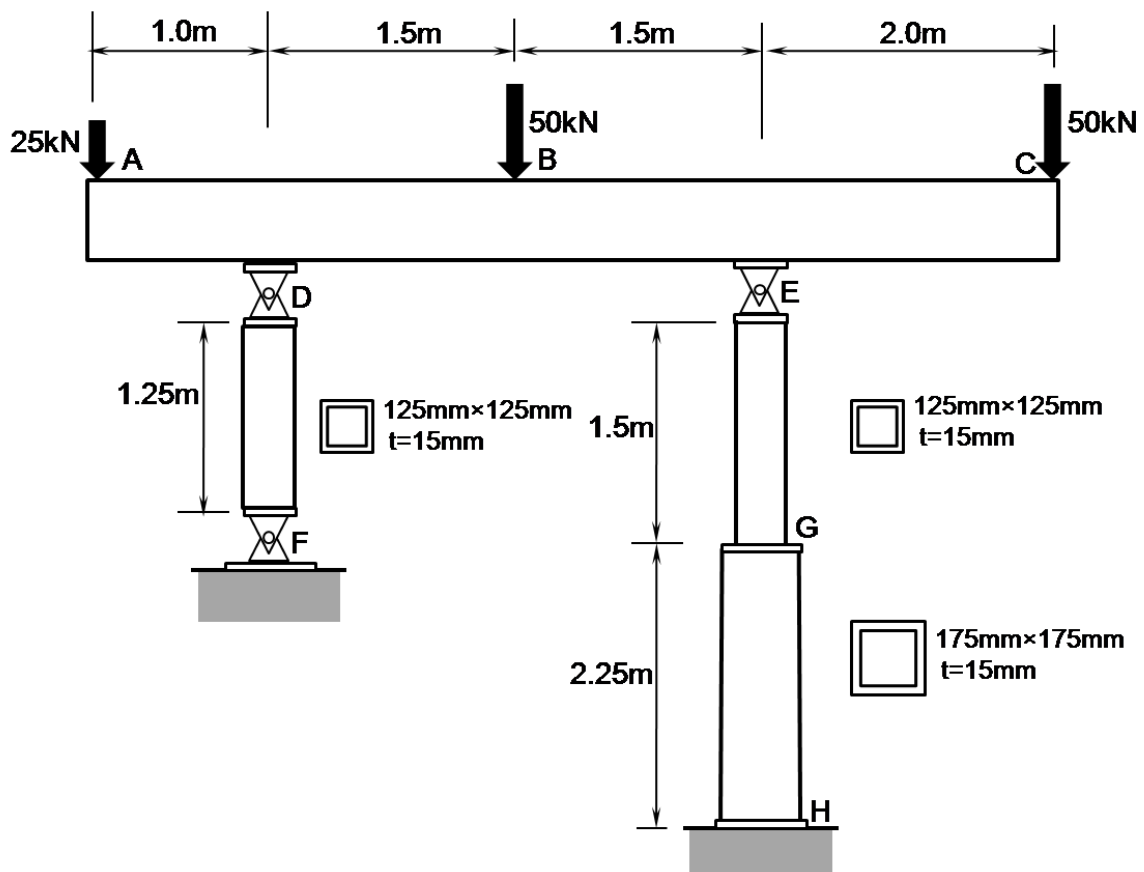


Figure 4/Rajah 4

3. The I beam steel section with section designation W 200 x 19.3 carries load as shown in **Figure 5**.

*Sebatang rasuk keluli I dengan keratan namaan W 200 x 19.3 membawa beban seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 5**.*

- (a) Draw the shear and bending-moment diagrams.

*Lukis gambarajah daya ricih dan momen lentur.*

[16 marks/markah]

- (b) State the maximum value of shear force and bending moment.

*Nyatakan nilai maksimum bagi daya ricih dan momen lentur.*

[2 marks/markah]

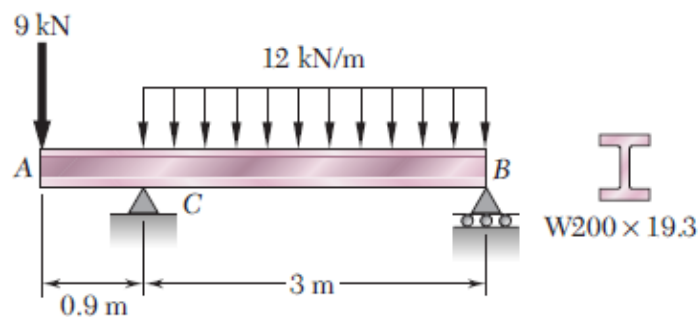
- (c) Determine the maximum normal stress due to bending.

*Tentukan nilai tegasan normal maksimum disebabkan lenturan.*

[2 marks/markah]

The section modulus  $S$  for W 200x19.3 hot rolled steel section is given as  $164 \times 10^3 \text{ mm}^3$

*Modulus keratan  $S$  untuk keratan keluli tergelek panas W 200x19.3 adalah  $164 \times 10^3 \text{ mm}^3$*



**Figure 5/Rajah 5**

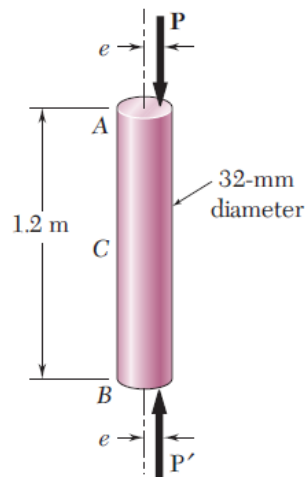
4. (a) An axial load  $P$  is applied to the 32 mm diameter steel rod  $AB$  as shown in **Figure 6**. Assume the rod  $AB$  is pin jointed at both ends. For  $P = 37 \text{ kN}$  and  $e = 1.2 \text{ mm}$ , determine,

...9/-



Beban paksi  $P$  dikenakan kepada sebatang rod keluli AB berdiameter 32 mm seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 6**. Anggap rod AB adalah sambungan pin di kedua hujungnya. Untuk  $P = 37 \text{ kN}$  dan  $e = 1.2 \text{ mm}$ , tentukan,

- (i) the deflection at the midpoint  $C$  of the rod,  
anjakan pada rod di titik tengah,  $C$ ,
- (ii) the maximum stress in the rod. Use  $E = 200 \text{ kN/mm}^2$   
tegasan maksimum dalam rod. Guna  $E = 200 \text{ kN/mm}^2$



**Figure 6/Rajah 6**

[10 marks/markah]

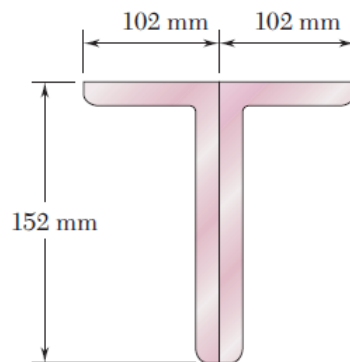
- (b) A compression member of 7 m length is made by welding together two L152 x102 x 12.7 angles as shown in **Figure 7**. Assume the compression member is pin jointed at both ends. Using  $E = 200 \text{ kN/mm}^2$ , determine the allowable centric load for the member if a factor of safety of 2.2 is required. The section properties for the section are given as follows:

Satu anggota mampatan dengan panjang berkesan 7 m diperbuat dengan mengimpal dua anggota sesiku L152 x102 x 12.7 seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 7**. Anggap anggota mampatan adalah pin dikedua-dua hujungnya. Menggunakan  $E = 200 \text{ kN/mm}^2$ , tentukan beban yang dibenarkan untuk anggota sekiranya faktor keselamatan yang diperlukan ialah 2.2. Ciri untuk keratan adalah seperti di bawah:

$$I_x = 7.20 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 2.64 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A = 3060 \text{ mm}^2$$

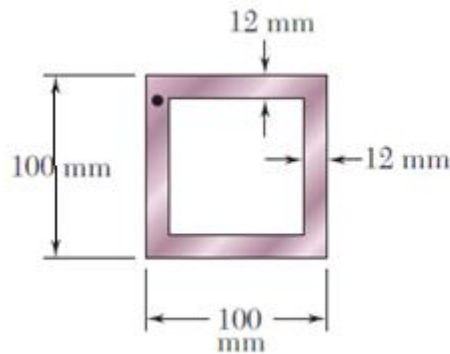


**Figure 7/Rajah 7**

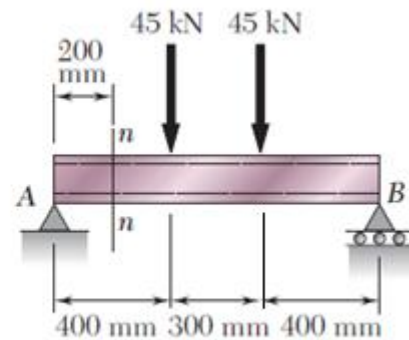
[10 marks/markah]

5. (a) For the beam and loading shown in **Figure 8**, determine the largest shearing stress on section **n-n**.

Untuk rasuk dan beban yang ditunjukkan dalam **Rajah 8**, dapatkan tegasan ricih terbesar pada keratan **n-n**.



Cross-section  
of beam AB



**Figure 8/Rajah 8**

[10 marks/markah]

- (b) **Figure 9a** shows a cantilever beam AB supporting a triangularly distributed load of maximum load 5 kN/m. The modulus of elasticity ( $E$ ) is 200 GPa.

*Rajah 9a* menunjukkan satu rasuk jalar AB menyokong beban teragih segitiga dengan maksimum beban 5 kN/m. Modulus keanjalan ialah  $E = 200$  GPa.

- (i) Determine the maximum vertical deflection of the beam.  
*Tentukan pesongan tegak maksimum rasuk.*

[5 marks/markah]

- (ii) In order to reduce the maximum vertical deflection of the beam, a wire rope is installed as shown in **Figure 9b**. Determine the minimum tension force needed to reduce the maximum vertical deflection to 50 % of the value calculated in part (i) above.

*Untuk mengurangkan pesongan pugak maksimum rasuk, satu tali dawai telah dipasang seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 9b**. Tentukan nilai minimum daya tegangan yang diperlukan untuk mengurangkan 50 % pesongan pugak maksimum yang dikira dalam bahagian (i) di atas.*

[5 marks/markah]

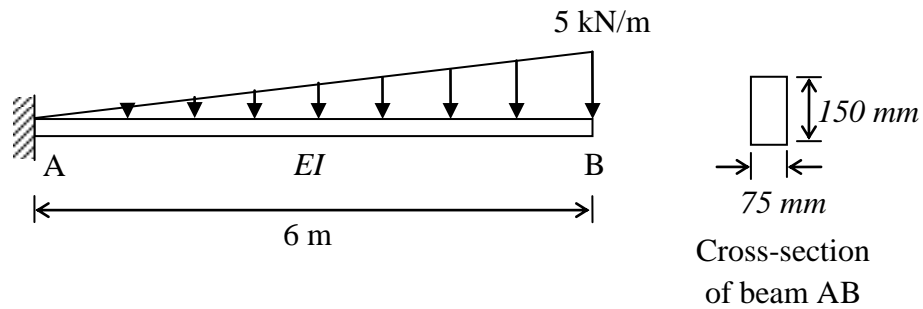


Figure 9a/Rajah 9a

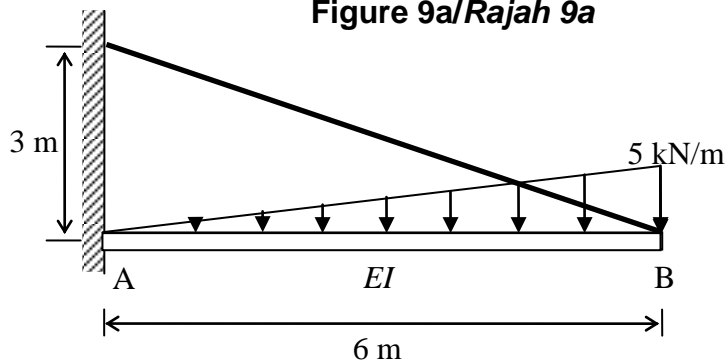


Figure 9b/Rajah 9b

6. (a) Derive the torsion formula for an elastic circular solid shaft.

*Terbitkan persamaan kilasan untuk aci bulat padu yang anjal.*

[8 marks/markah]

- (b) A stepped shaft  $ABCD$  consisting of solid circular segments is subjected to three torques as shown in **Figure 10**. The torques have magnitudes of 2500 Nm, 2000 Nm and 1500 Nm at B, C and D, respectively. End A is fixed and the material is steel with shear modulus of elasticity  $G = 80$  GPa.

*Satu aci pelbagai saiz ABCD terdiri daripada segmen bulat padu dikenakan tiga momen kilasan seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 10**. Magnitud momen kilasan ialah 2500 Nm pada B, 2000 Nm pada C dan 1500 Nm pada D. Hujung A terikat dan bahan ialah keluli dengan modulus keanjalan ricih  $G = 80$  GPa.*

- (i) Calculate the maximum shear stress in the shaft.

*Kira tegasan ricih maksimum aci.*

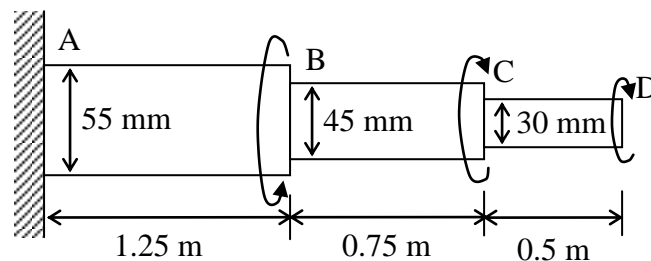
- (ii) Calculate the angle of twist at end D.

*Kira sudut kilasan di hujung D.*

- (iii) If the angle of twist at end D is limited to 50 % of that calculated in part (ii) above, suggest the appropriate size of the shaft.

*Jika sudut kilasan dihadkan kepada 50 % nilai yang dikira dalam bahagian (ii) di atas, cadangkan saiz aci yang bersesuaian.*

[12 marks/markah]



**Figure 10/Rajah 10**

7. (a) By using the Mohr's circle given in **Figure 11**,

*Dengan menggunakan bulatan Mohr yang ditunjukkan dalam **Rajah 11**,*

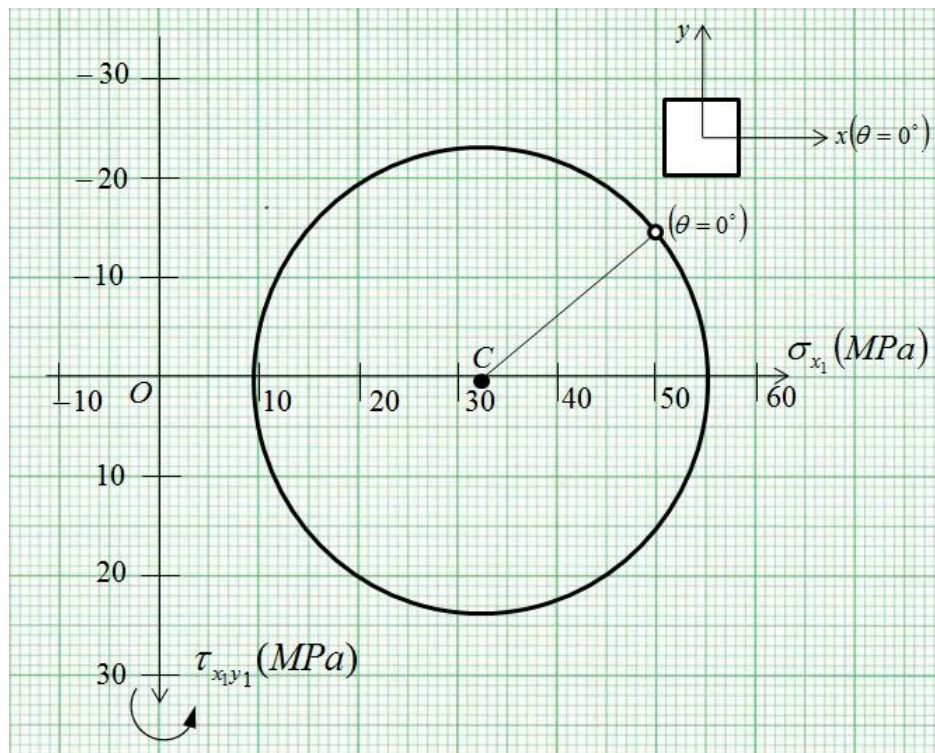
- (i) determine stresses on the plane  $55^\circ$  from  $x$ -axis

*tentukan tegasan atas satah  $55^\circ$  dari paksi- $x$ .*

- (ii) draw the stresses acting on an element oriented at  $0^\circ$ .

*lukiskan tegasan yang bertindak atas elemen yang berada pada orientasi  $0^\circ$ .*

[5 marks/markah]



**Figure 11/Rajah 11**

- (b) Stressed element in **Figure 12(b)** shows a stress state at point P in the body shown in **Figure 12(a)**. Draw Mohr's circle for the corresponding stress state. Then, using the Mohr's circle, determine:

*Elemen tertegas dalam **Rajah 12(b)** menunjukkan keadaan tegasan pada titik P dalam jasad yang ditunjukkan dalam **Rajah 12(a)**. Lukiskan bulatan Mohr untuk keadaan tegasan tersebut di atas. Seterusnya, dengan menggunakan bulatan Mohr yang dilukis, tentukan:*

- (i) Stresses at inclination of  $75^\circ$  from x-axis. Indicate the corresponding stresses on a properly oriented element.

*Tegasan pada kecondongan  $75^\circ$  dari paksi-x. Tunjukkan tegasan berkaitan atas satu elemen tertegas pada orientasi yang betul.*

- (ii) Principal stresses. Indicate the corresponding stresses on a properly oriented element.

*Tegasan utama. Tunjukkan tegasan berkaitan atas satu elemen tertegas pada orientasi yang betul.*

- (iii) Maximum shear stress and the corresponding normal stress. Indicate the corresponding stresses on a properly oriented element.

*Tegasan ricih maksimum dan tegasan normal yang berkaitan. Tunjukkan tegasan berkaitan atas satu elemen tertegas yang betul.*

[15 marks/markah]

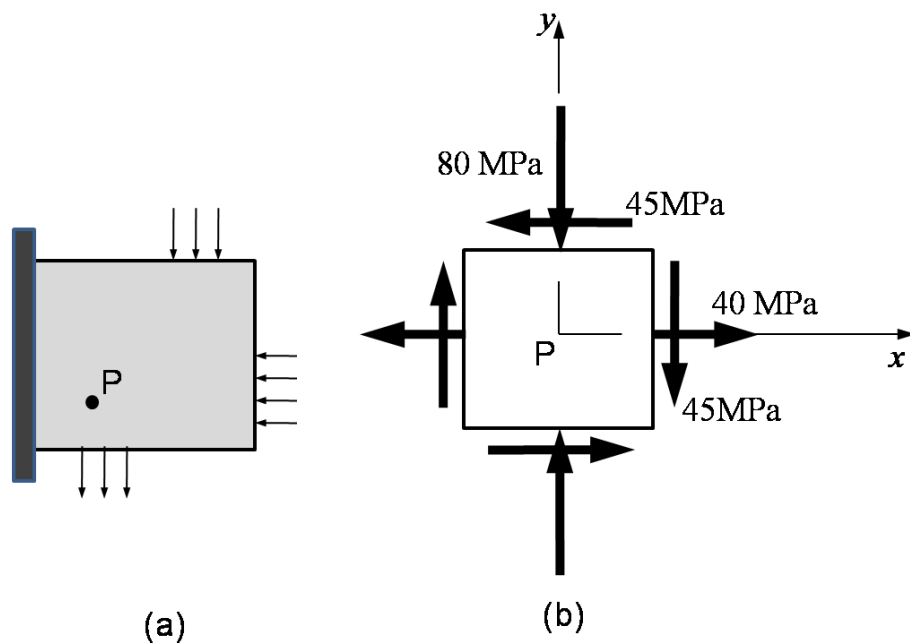


Figure 12/Rajah 12