



UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
2016/2017 Academic Session

June 2017

**EAS152 – Strength of Materials**  
**[*Kekuatan Bahan*]**

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

---

Please check that this examination paper consists of **TWELVE (12)** pages of printed material before you begin the examination.

[*Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **DUA BELAS (12)** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.*]

**Instructions** : This paper consists of **SIX (6)** questions. Answer **FIVE (5)** questions.

[**Arahan** : Kertas ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan.]

You may answer the question either in Bahasa Malaysia or English.

[*Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.*]

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

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

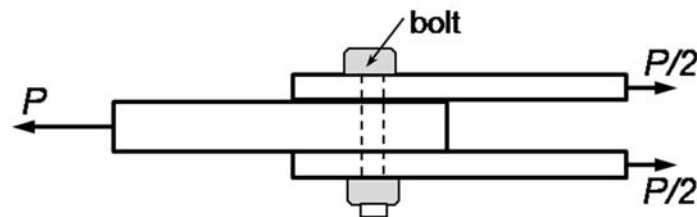
In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

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

1. [a] **Figure 1** shows a connection for transferring load  $P$ . Using appropriate free body diagram of the bolt, show that it is under double shear.

*Rajah 1* menunjukkan satu sambungan untuk pemindahan beban  $P$ . Dengan menggunakan gambarajah jasad bebas bolt yang sesuai, tunjukkan bahawa bolt berkenaan berada dalam keadaan ricih kembar.

[2 marks/markah]



**Figure 1/Rajah 1**

- [b] **Figure 2** shows a beam DCBA supported by a pair of inclined links at B. The beam is supported by a pin at D and the inclined link is supported by a pinned support at E. The thickness of the beam DCBA is 30 mm. Each of the inclined link connecting B and E is made using steel with  $E=190$  GPa. The dimension of the rectangular cross-section of the inclined link is 75 mm  $\times$  20 mm. Point loads of  $P_1=35$  kN and  $P_2=25$  kN act at points C and A, respectively. Details of connection at joint B and pin support E are shown in **Figure 3**. Diameters of pins used at B and E are 15 mm and 20 mm, respectively.

*Rajah 2* menunjukkan satu rasuk DCBA yang disokong oleh satu pasang pengikat condong pada B. Bar berkenaan disokong pada D oleh penyokong jenis pin manakala pengikat condong disokong oleh penyokong pin pada E. Tebal rasuk DCBA adalah 30 mm. Setiap satu daripada pengikat condong yang menyambungkan B dan E diperbuat daripada keluli dengan nilai  $E=190$  GPa. Saiz keratan pengikat condong yang berbentuk segiempat tepat adalah 75 mm  $\times$  20 mm. Beban tumpu  $P_1=35$  kN dan  $P_2=25$  kN masing-masing bertindak pada titik C dan A. Perincian sambungan pada B dan penyokong E ditunjukkan dalam **Rajah 3**. Diameter pin yang digunakan pada B dan E adalah masing-masing 15 mm dan 20 mm.

Determine:

*Tentukan:*

- [i] Maximum normal stress in each of the link joining B and E  
*Tegasan normal maksima dalam setiap anggota pengikat yang menyambungkan B dan E*
- [ii] Bearing stress between pin at B and beam DCBA  
*Tegasan galas antara pin pada B dan rasuk DCBA*
- [iii] Shear stress in pin at E  
*Tegasan ricih dalam pin pada E*
- [iv] Bearing stress between pin and inclined link at E  
*Tegasan galas antara pin pada E dan pengikat condong*
- [v] The minimum thickness  $t$  of U-bracket (the load applicator) required if load  $P_1=35$  kN is transferred to beam DCBA using the connection as shown in **Figure 4**. It is given that allowable bearing stress between U-bracket and pin is  $\sigma_{b,all}=185$  MPa.

*Tebal minimum pemegang-U (penindak beban) yang diperlukan jika beban  $P_1=35$  kN dipindahkan kepada rasuk DCBA melalui penggunaan sambungan seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 4**. Diberi bahawa tegasan galas dibenarkan antara pemegang-U dan pin adalah  $\sigma_{b,all}=185$  MPa.*

[18 marks/markah]

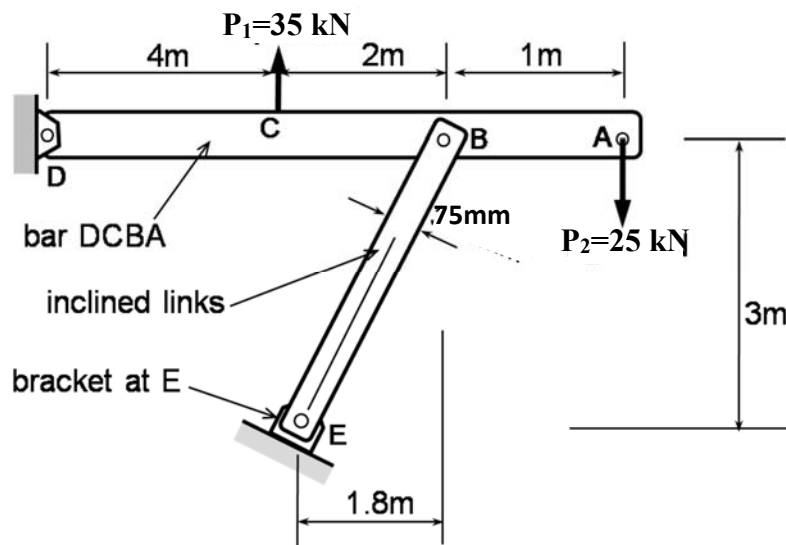


Figure 2/Rajah 2

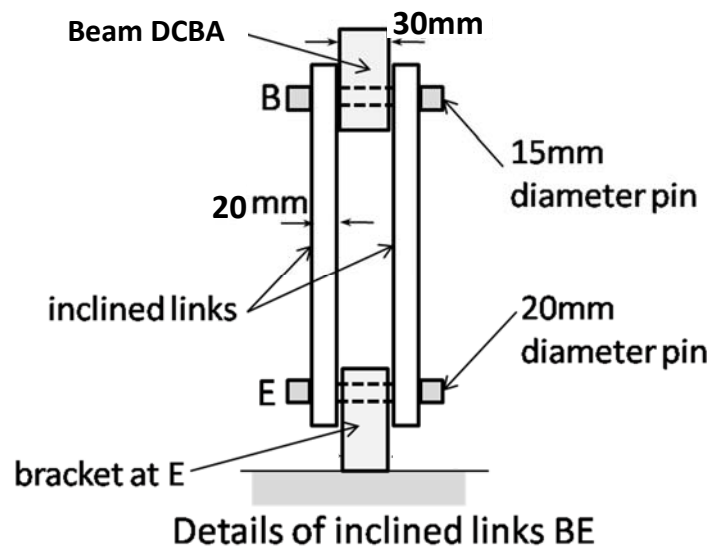
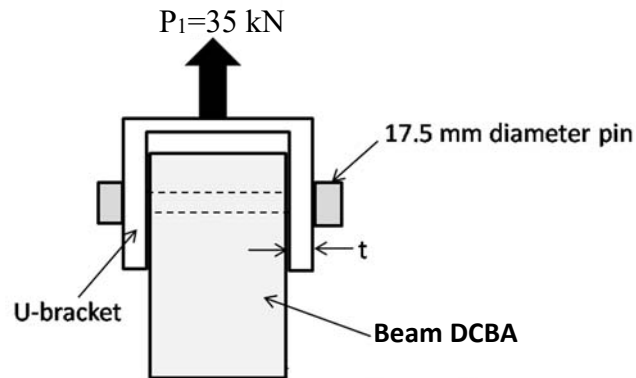


Figure 3/Rajah 3



Details of connection of load applicator to beam DCBA at C

Figure 4/Rajah 4

2. [a] For the stepped bar ABC shown in **Figure 5**, determine the magnitude of load  $P$  at B so that displacement at C is zero. Cross-sectional areas of portion AB and BC are shown in the figure. Use  $E=160\text{GPa}$ .

Untuk bar pelbagai keratan ABC seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 5**, tentukan magnitud beban  $P$  pada B supaya anjakan pada C adalah kosong. Luas keratan rentas bahagian AB dan BC adalah seperti yang ditunjukkan dalam rajah. Guna  $E=160\text{GPa}$ .

[6 marks/markah]

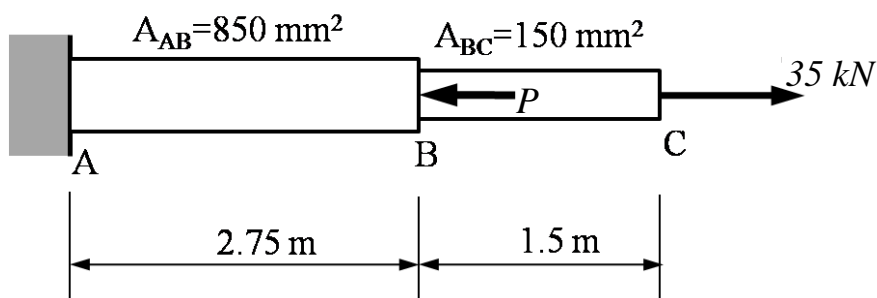


Figure 5/Rajah 5

- [b] A rectangular rigid bar  $AE$  is supported by two pairs of vertical links at  $B$  and  $D$  as shown in **Figure 6**. Loads of  $75\text{ kN}$ ,  $25\text{ kN}$  and  $45\text{ kN}$  act at point  $A$ ,  $C$  and  $E$ , respectively. The cross-sectional size of each of the rectangular vertical link joining  $B$  and  $F$  is  $75\text{ mm} \times 20\text{ mm}$  and the corresponding size for vertical link joining  $D$  and  $G$  is  $50\text{ mm} \times 15\text{ mm}$ . The material for both links  $BF$  and  $DG$  is the same with modulus of elasticity  $E=135\text{ GPa}$ . Details of connection of vertical links  $BF$  and  $DG$  are given in **Figure 7**.

*Satu bar tegar  $AE$  berkeratan segiempat tepat disokong oleh dua pasang pengikat pugak pada  $B$  dan  $D$  seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 6**. Beban  $75\text{ kN}$ ,  $25\text{ kN}$  dan  $45\text{ kN}$  masing-masing bertindak pada titik  $A$ ,  $C$  dan  $E$ . Saiz keratan setiap daripada pengikat pugak yang menyambungkan  $B$  dan  $F$  adalah  $75\text{ mm} \times 20\text{ mm}$  dan saiz sepadan untuk pengikat yang menyambungkan  $D$  dan  $G$  adalah  $50\text{ mm} \times 15\text{ mm}$ . Bahan untuk kedua-dua pasangan pengikat  $BF$  dan  $DG$  adalah sama dengan nilai modulus keanjalan  $E=135\text{ GPa}$ . Perincian sambungan pasangan pengikat  $BF$  dan  $DG$  diberi dalam **Rajah 7**.*

Determine:

*Tentukan:*

- [i] Vertical deflection of point  $B$ .  
*Anjakan pugak titik  $B$ .*
- [ii] Vertical deflection of point  $D$ .  
*Anjakan pugak titik  $D$ .*
- [iii] Vertical deflection of point  $E$ . Indicate if the deflection is upwards or downwards.  
*Anjakan pugak titik  $E$ . Nyatakan sama ada anjakan titik  $E$  adalah ke atas ataupun ke bawah.*
- [iv] If the vertical deflection of  $A$  exceeds the limit of  $5\text{ mm}$ .  
*Sama ada anjakan pugak titik  $A$  melebihi had  $5\text{ mm}$ .*

[14 marks/markah]

...7/-

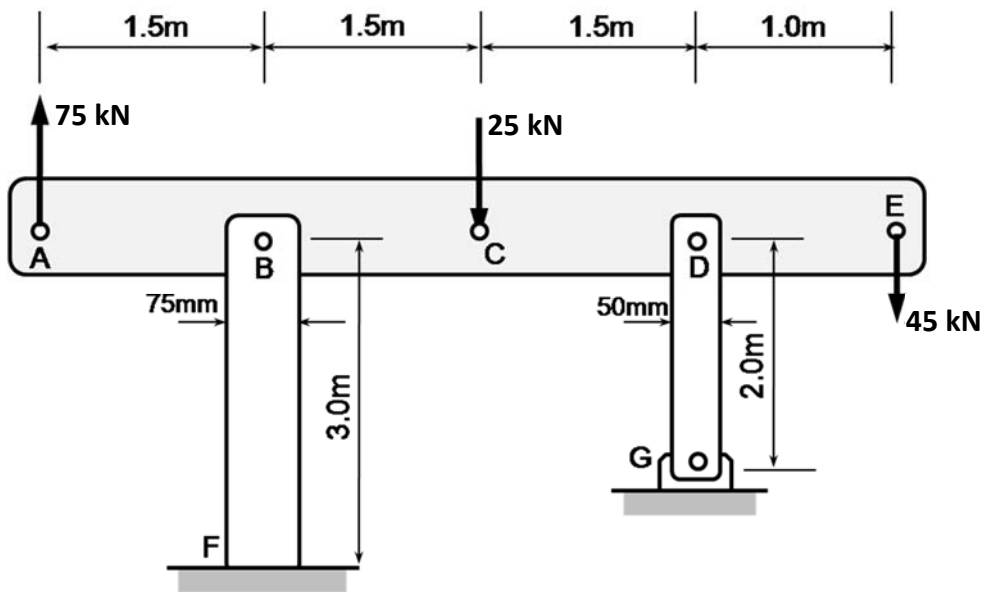


Figure 6/Rajah 6

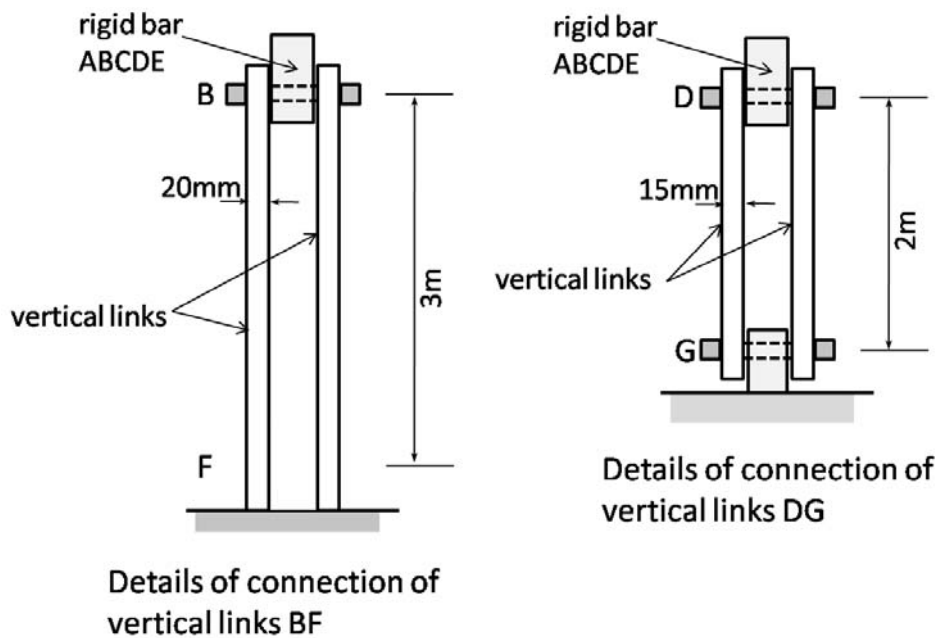


Figure 7/Rajah 7

3. For the beam and loading shown in **Figure 8**,

*Untuk rasuk dan beban yang ditunjukkan dalam **Rajah 8**,*

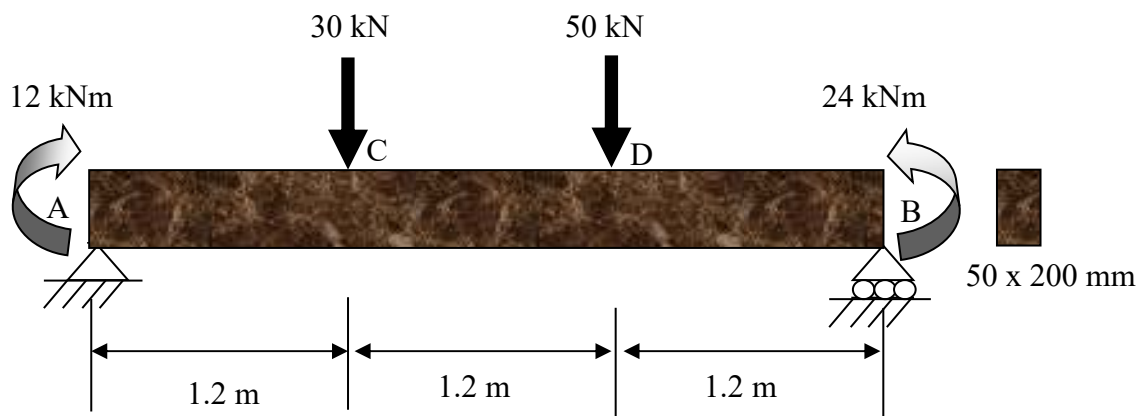
- [a] draw the shear force and bending moment diagram  
*lukiskan gambarajah daya ricih dan momen lentur*

[14 marks/markah]

- [b] determine the maximum normal stress and shearing stress on the section just to the right of point D of the beam.

*tentukan tegasan normal maksimum dan tegasan ricih maksimum di atas keratan rentas pada titik D untuk rasuk tersebut.*

[6 marks/markah]



**Figure 8/Rajah 8**

4. [a] Using a real example, explain how torsion affects a structure and sketch the deformation of the structure under torsion.

*Menggunakan contoh yang sebenar, jelaskan bagaimana kilasan memberi kesan ke atas struktur dan lakarkan ubah bentuk struktur berkenaan akibat kilasan.*

[4 marks/markah]

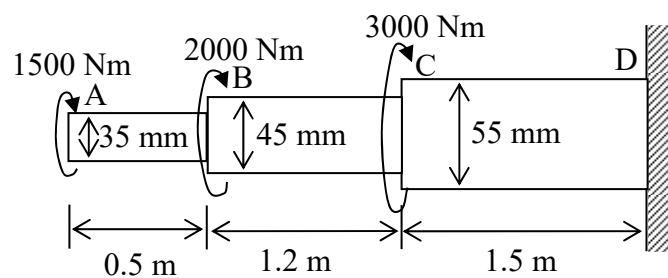


- [b] A stepped shaft  $ABCD$  is subjected to three torques with the magnitudes of 1500 Nm, 2000 Nm and 3000 Nm at A, B and C, respectively as shown in **Figure 9**. End D is fixed and the material is steel with shear modulus of elasticity  $G = 80$  GPa. Calculate the maximum shear stress in the shaft and the angle of twist at end A if the shaft  $ABCD$  is

*Satu aci pelbagai saiz  $ABCD$  dikenakan tiga momen kilasan dengan magnitud 1500 Nm di A, 2000 Nm di B dan 3000 Nm di C seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 9**. Hujung D terikat dan bahan ialah keluli dengan modulus ricih keanjalan  $G = 80$  GPa. Kira tegasan ricih maksimum aci dan sudut kilasan di hujung A jika aci  $ABCD$  ialah*

- [i] solid shaft, and  
*aci padu, dan*
- [ii] hollow shaft with thickness of 8 mm.  
*aci geronggang dengan ketebalan 8 mm.*

[16 marks/markah]

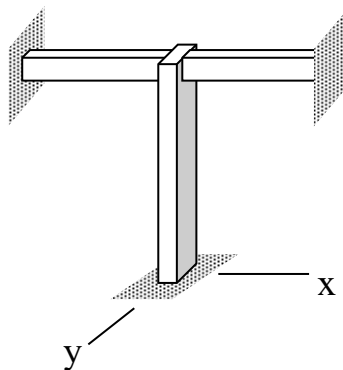


**Figure 9/Rajah 9**

5. [a] A 6 m rectangular steel column has a moment of inertia of  $13.4 \times 10^6 \text{ mm}^4$  and  $1.83 \times 10^6 \text{ mm}^4$  about x and y-axis, respectively. The column is braced at its top by beams so as to prevent movement at the top along the x-axis as shown in **Figure 10**. It is assumed to be fixed at its base. Determine the load it can support so that neither the column buckles nor the material exceeds the yield stress of  $500 \text{ MN/m}^2$ . The modulus of elasticity of the column is  $200 \text{ GN/m}^2$ .

*Sebuah tiang setinggi 6 m mempunyai momen sifat tekun  $3.4 \times 10^6 \text{ mm}^4$  dan  $1.83 \times 10^6 \text{ mm}^4$  masing-masing terhadap paksi x dan y. Tiang tersebut dirembat pada bahagian atasnya dengan rasuk bagi menghalang pergerakan bahagian atas tiang sepanjang paksi x seperti ditunjukkan dalam **Rajah 10**. Andaikan bahagian bawah tiang diikat tegar. Tentukan daya yang boleh ditanggung oleh tiang supaya tiada lekukan berlaku pada tiang dan tegasan alah bahan tidak melebihi  $500 \text{ MN/m}^2$ . Modulus keanjalan tiang ialah  $200 \text{ GN/m}^2$ .*

[9 marks/markah]

**Figure 10/Rajah 10**

- [b] Steel rod ABC is held by rod BD at B as shown in **Figure 11**. The diameter and modulus of elasticity of rods ABC and BD are 20 mm and  $200 \text{ GN/m}^2$ , respectively. Both ends of rod BD are pin connected.

*Rod besi ABC dipegang dengan rod BD di B seperti ditunjukkan dalam **Rajah 11**. Diameter and modulus keanjalan rod ABC dan BD masing-masing ialah 20 mm dan  $200 \text{ GN/m}^2$ . Kedua-dua hujung rod BD disambung secara pin.*

...11/-

- [i] Determine the maximum force  $P$  that can be applied to the end of rod ABC at C so that the steel rod BD does not buckle.

*Tentukan daya maksimum  $P$  yang boleh dikenakan di hujung rod ABC di C supaya rod besi BD tidak melengkok.*

[5 marks/markah]

- [ii] If rod BD is fixed at D, determine percentage change in magnitude of force  $P$  that can be applied to rod ABC at C.

*Sekiranya rod BD diikat tegar di D, tentukan peratus perubahan magnitud daya  $P$  yang boleh dikenakan pada rod ABC di C.*

[6 marks/markah]

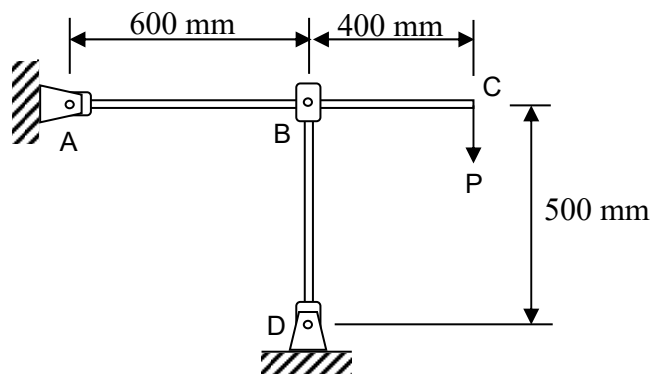


Figure 11/Rajah 11

6. Determine the equivalent state of stress on the element shown in **Figure 12** for the following cases using Mohr's circle.

*Tentukan tegasan setara untuk kes-kes berikut untuk elemen yang ditunjukkan dalam **Rajah 12** dengan menggunakan bulatan Mohr.*

- [a] the principal stress and the corresponding orientation.

*Tegasan utama dan arah putarannya*

- [b] the maximum shear stress and the associated average normal stress and the corresponding orientation.

*Tegasan ricih maksimum beserta tegasan normal purata dan arah putarannya*

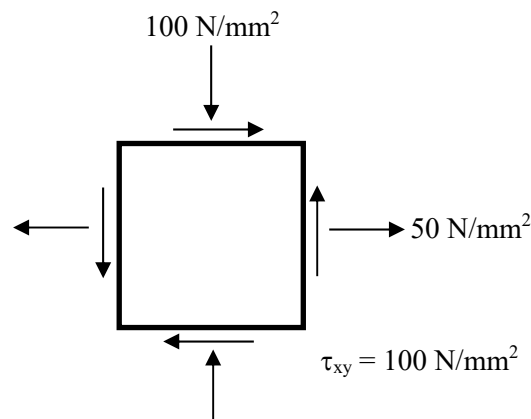
- [c] the stresses at an angle of  $15^\circ$  in clock-wise direction and  $60^\circ$  in counter clock-wise direction.

*Tegasan pada sudut  $15^\circ$  dalam arah pusingan jam dan  $60^\circ$  dalam arah lawan pusingan jam.*

Sketch the corresponding element for each result.

*Lakarkan elemen berkenaan untuk setiap jawapan.*

[20 marks/markah]



**Figure 12/Rajah 12**