

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
2010/2011 Academic Session

April/May 2011

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

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

---

Please check that this examination paper consists of **TWENTY ONE (21)** pages of printed material including appendix before you begin the examination

[*Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **DUA PULUH SATU (21)** muka surat yang bercetak termasuk lampiran sebelum anda memulakan peperiksaan ini.*]

**Instructions** : This paper contains **SEVEN (7)** questions. Answer **FIVE(5)** questions. Answer for question 7(b) must be provided on Attachment B.

[*Arahan* : Kertas ini mengandungi **TUJUH (7)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan. Jawapan untuk soalan 7(b) mesti dijawab atas Lampiran B].

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. Attachment B must be submitted together with answer booklet.

[*Semua soalan **MESTILAH** dijawab pada muka surat baru. Lampiran B mesti dihantar bersama-sama dengan buku jawapan*].

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 where two plates A are connected to one plate B via a bolt. Using a proper sketch of the free body diagram of the bolt, indicate the planes in the bolt where shear stress occurs and location on the bolt where bearing stress occurs.

[2 marks]

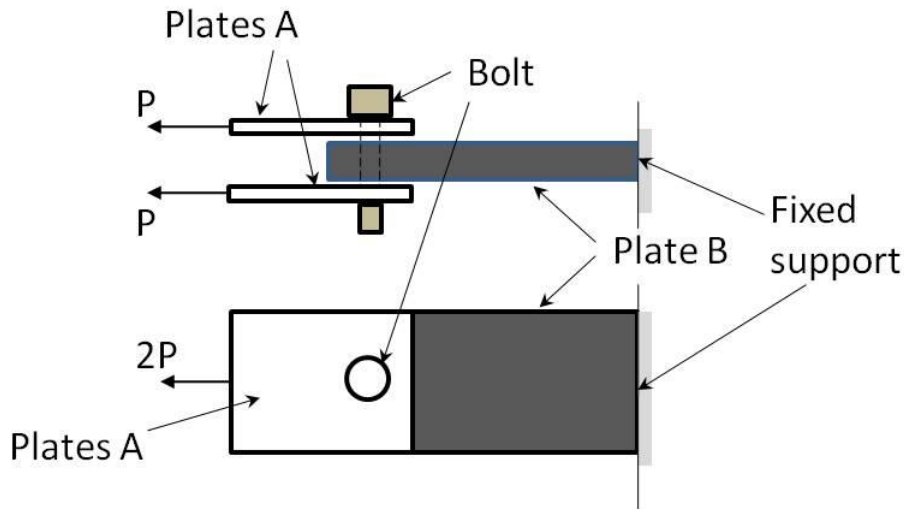


Figure 1

- (b) Figure 2(a) shows a rigid beam BCD suspended at point C by a pair of ties AC. The rigid beam is pinned supported at B and the ties AC are pinned supported at point A. Cross-section of the rigid beam BCD is a square tube section of 50mm×50mm with wall thickness of 4mm. Details of connection at C, B and A are shown in Figure 2(b), 2(c) and 2(d), respectively. Diameters of bolts at C, B and A are all 12.5mm. A load  $P=50\text{kN}$  acts at point D of the rigid beam BCD. Determine:
- Shear stress in bolt at C
  - Bearing stress between the beam BCD and bolt at C
  - Shear stress in bolt at A
  - Bearing stress on tie AC at A
  - Normal stress in tie AC

If the load  $P=50\text{kN}$  is to be transferred to the rigid beam BCD using the connection detail as shown in Figure 3, calculate the minimum diameter of the pin required if the allowable shear stress in the pin is 75MPa and allowable bearing stress on pin is 150MPa.

[18 marks]

..3/-

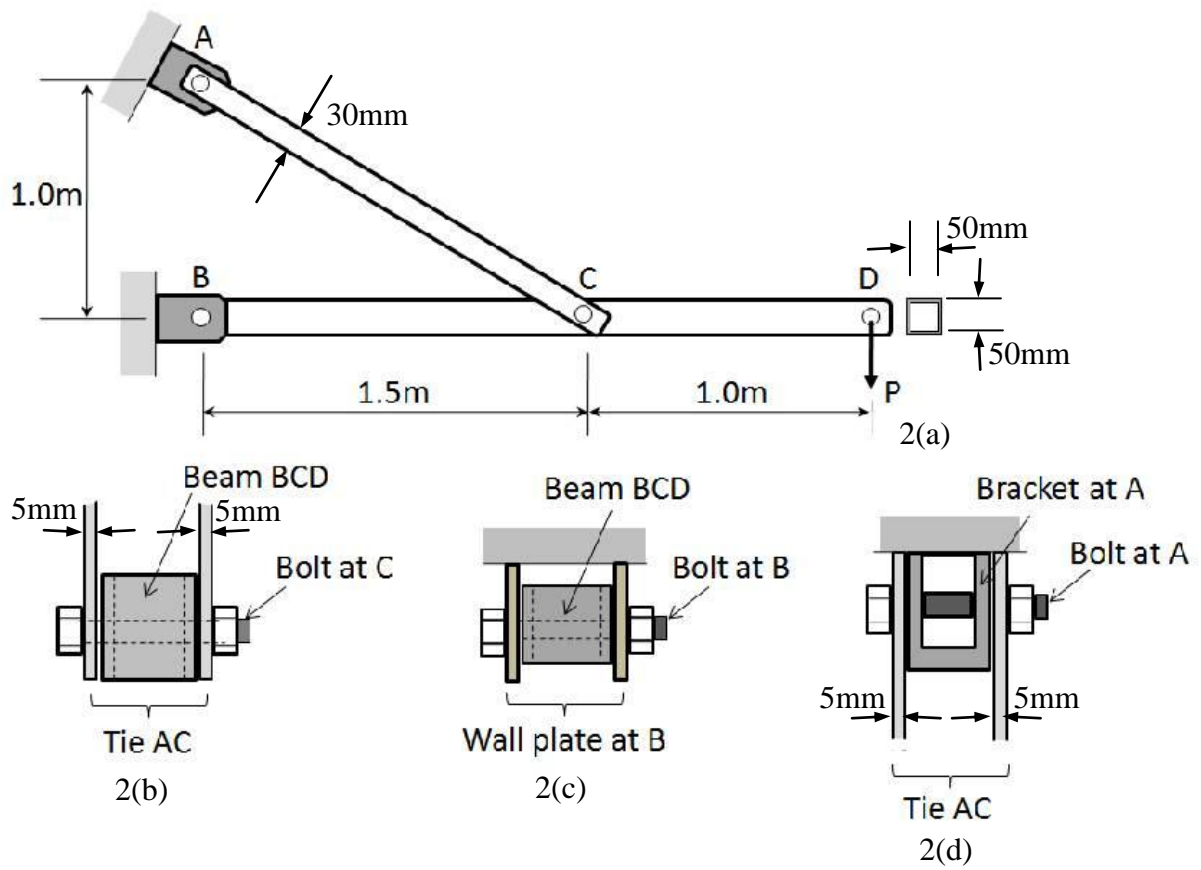


Figure 2

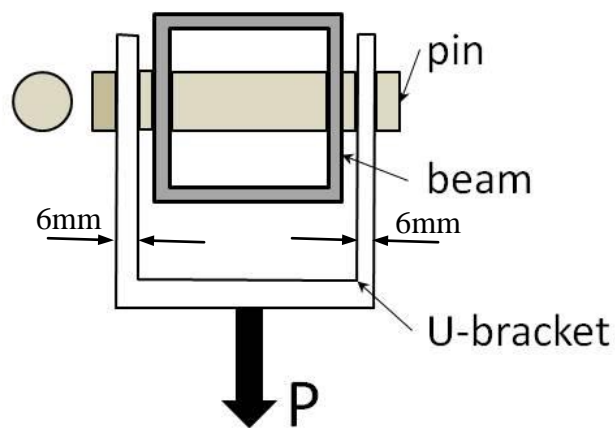


Figure 3

2. The vertical rigid member ADEG in Figure 4 is connected to links BCD and EF at pin joints D and E, respectively. Link BCD is pinned supported at B while link EF is fixed supported at F. Dimensions of rectangular cross-section of links BCD and EF are as follows: portion BC of link BCD – 25mm × 6mm, portion CD of link BCD – 15mm × 6mm and link EF – 12mm × 6mm. Both links BCD and EF are made of steel with elastic modulus  $E=200\text{GPa}$ . A horizontal load  $P = 5\text{ kN}$  acts at A. Determine:
- (i) Horizontal displacement of point D
  - (ii) Horizontal displacement of point E
  - (iii) Horizontal displacement of point A
  - (iv) Normal stress in link EF
  - (v) Normal stress in portion BC of link BCD

[20 marks]

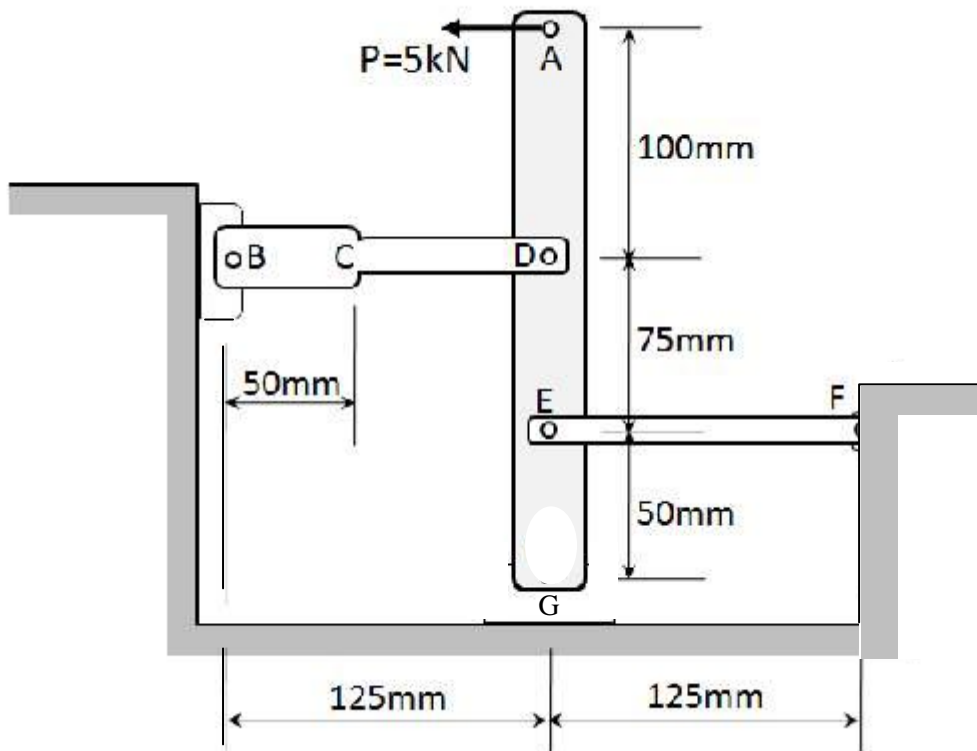


Figure 4

3. Figure 5 shows an I beam system. Knowing that  $W = 15 \text{ kN}$ , draw the shear and bending-moment diagrams for the beam AB and determine:

- (i) The maximum normal stress due to bending.
- (ii) The maximum shear stress.

Properties of beam sections are given in Appendix A.

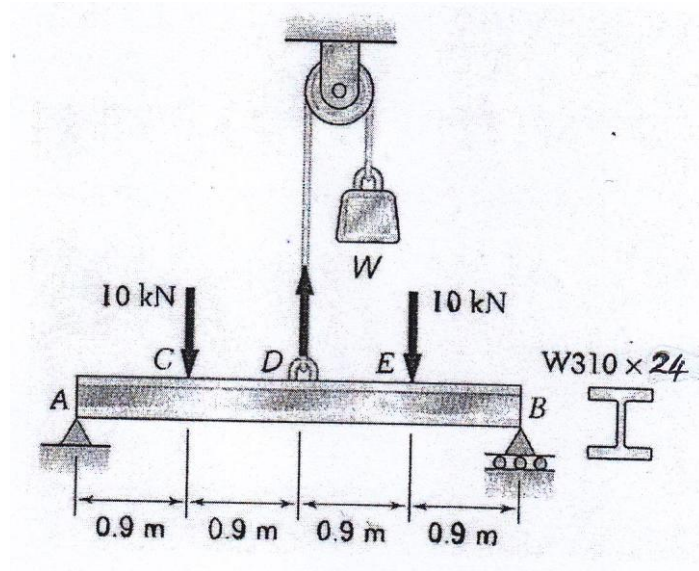


Figure 5

[20 marks]

4. (a) A beam is to be made of steel which has an allowable bending stress of  $\sigma_{\text{allow}} = 170 \text{ MPa}$  and an allowable shear stress of  $\tau_{\text{allow}} = 100 \text{ MPa}$ . Select an appropriate W shape for the beam from Appendix A that will carry the loading shown in Figure 6. The corresponding shear force and bending moment diagrams are also given in Figure 6.

[10 marks]

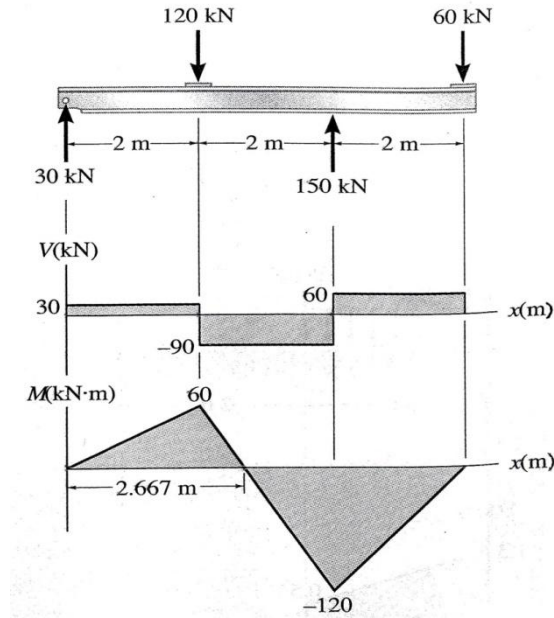


Figure 6

(b) Figure 7 shows a simply supported beam with constant modulus of elasticity ( $E$ ) and moment of inertia ( $I$ ) subjected to a uniformly distributed load ( $w$ ) along span AC and a moment ( $M$ ) at point C.

(i) Determine the equations of slope and deflection of the beam.

[6 marks]

(ii) Calculate the deflection at the mid-span of AC if  $w = 5 \text{ kN/m}$ ,  $L = 3 \text{ m}$  and  $M = 10 \text{ kNm}$ . Use  $E = 200 \text{ GPa}$  and  $I = 150 \times 10^6 \text{ mm}^4$ .

[2 marks]

(iii) Suggest **TWO (2)** methods to reduce the deflection of the beam.

[2 marks]

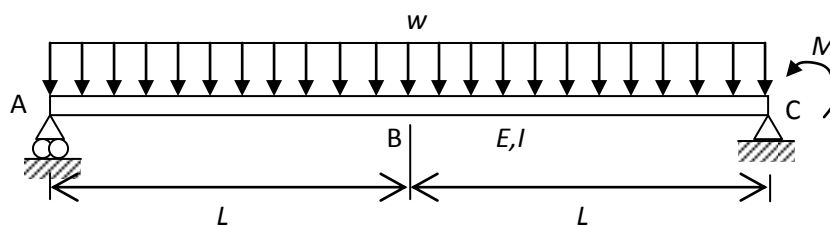


Figure 7

5. (a) A column of 8 m effective length is made from half of a W410x 60 rolled-steel shape (shaded portion) as shown in Figure 8. Knowing that the centroid, C, of the section is located as shown in Figure 8, determine the factor of safety if the allowable centric load is 90 kN. Use  $E = 200 \text{ GPa}$ . Given,

$$I_x = 216 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 12.1 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A = 7580 \text{ mm}^2$$

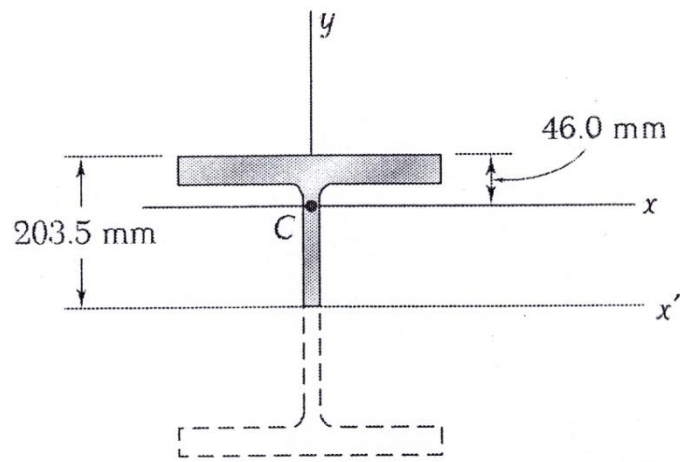


Figure 8

[10 marks]

- (b) Column AB carries a centric load  $P$  of magnitude 72 kN (Figure 9). Cables BC and BD are pinned at point C and D, respectively, and prevent motion of point B in  $xz$ -plane. Point B is free to move in  $yz$ -plane, and point A is fixed. Using Euler's formula and a factor of safety of 2.3, and neglecting the tension in the cables, determine the maximum allowable length  $L$  of column AB. Use  $E = 200 \text{ GPa}$ . Section properties of W250 x 32.7 are given as follows:

$$\text{W250 x 32.7 } I_x = 48.9 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 4.73 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

[10 marks]

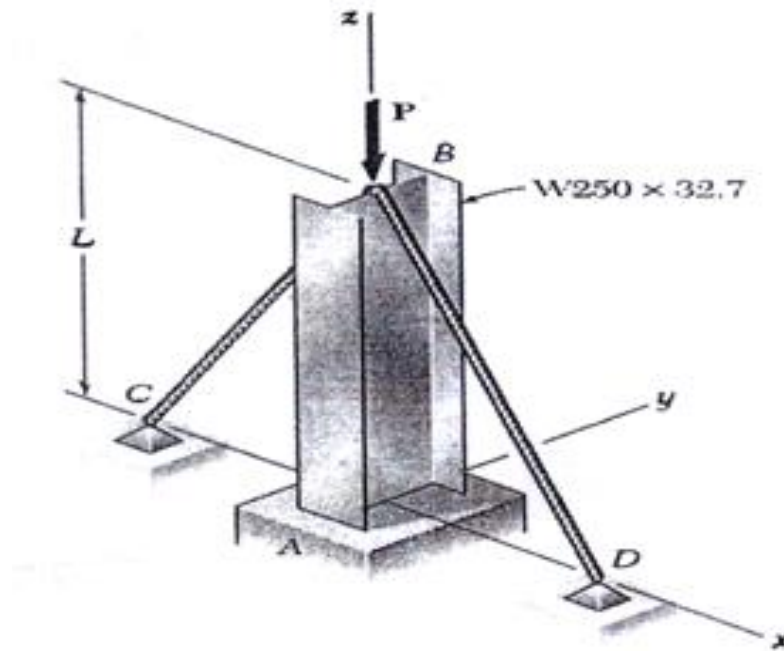


Figure 9

6. (a) Give **TWO (2)** real examples of member in torsion. By using a sketch, explain deformations in circular bar subjected to torsion and indicate the load and angle of twist on the sketch.

[4 marks]

- (b) Figure 10 shows a stepped shaft of a machine consisting of two portions. Portion AB is made from steel having shear modulus of 80 GPa and portion BC is made from aluminum alloy having shear modulus of 30 GPa. The steel and aluminum portions are solid circular cross sections of 60 mm and 40 mm diameter, respectively. Determine the maximum shearing stress in each portion as well as the angle of twist at end C. It is given that torsional moments of 5 kN.m and 3 kN.m are applied at ends B and C, respectively. End A is rigidly clamped.

[10 marks]

- (c) Solve part (b) if the steel section is hollow circular section of 60 mm outside diameter and 30 mm inside diameter.

[6 marks]



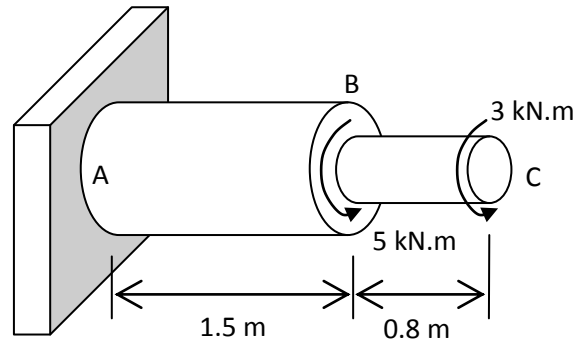


Figure 10

7. (a) Point P in a wall structure as shown in Figure 11(a) is under a state of stress as shown in Figure 11(b). For the given state of stress,
- (i) Construct Mohr's circle
  - (ii) Determine the principal stresses
  - (iii) Determine the maximum shear stress and the corresponding normal stress
  - (iv) Sketch on a properly oriented stressed element the stresses at an angle of  $30^\circ$  counterclockwise from  $x$ -axis

[14 marks]

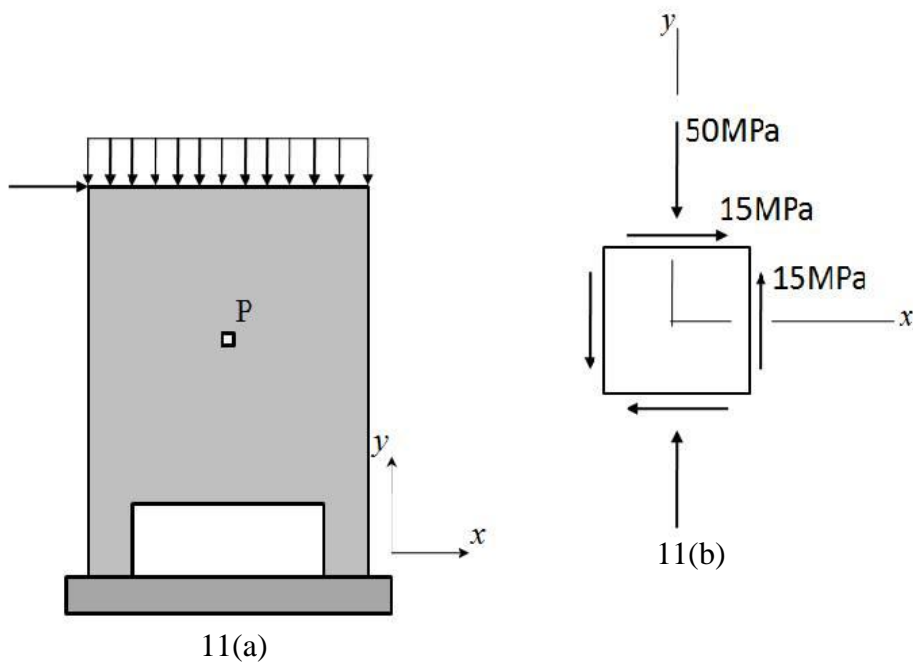


Figure 11

(b) The Mohr's circle for the state of stress as shown in Figure 12(a) has been constructed as illustrated in Figure 12(b). Indicate on the Mohr's circle:

- (i) Magnitude of the normal stress at Point A
- (ii) Magnitude of the normal stress at Point B
- (iii) Locations of maximum and minimum shear stresses. Use the symbol  $S_1$  for location of maximum shear stress and  $S_2$  for that of minimum shear stress.
- (iv) Locations of plane D and E as shown in Figure 12c.

**(Provide your answer for 7(b) on Attachment B)**

[6 marks]

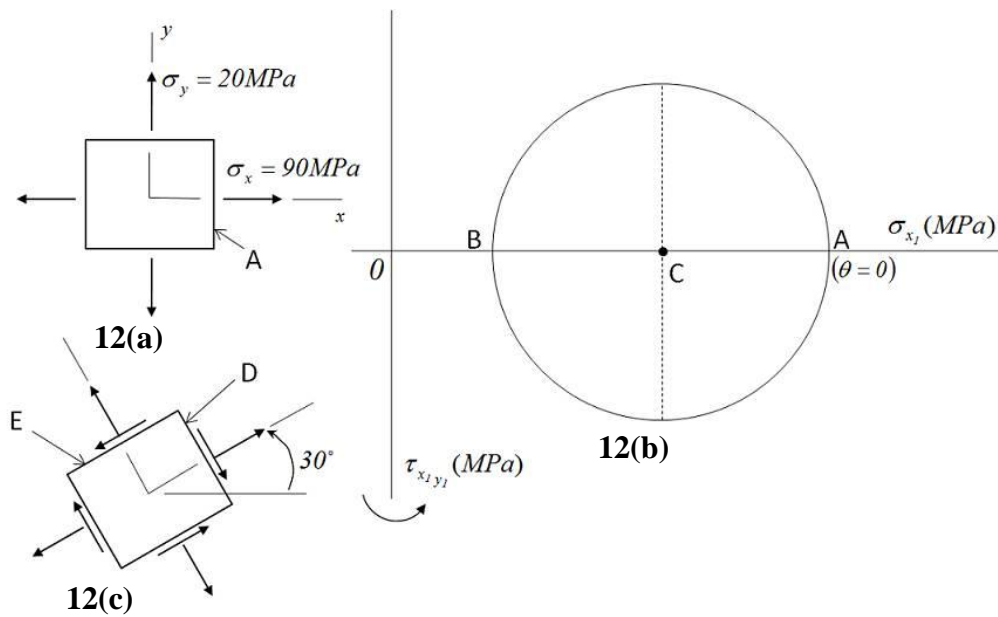
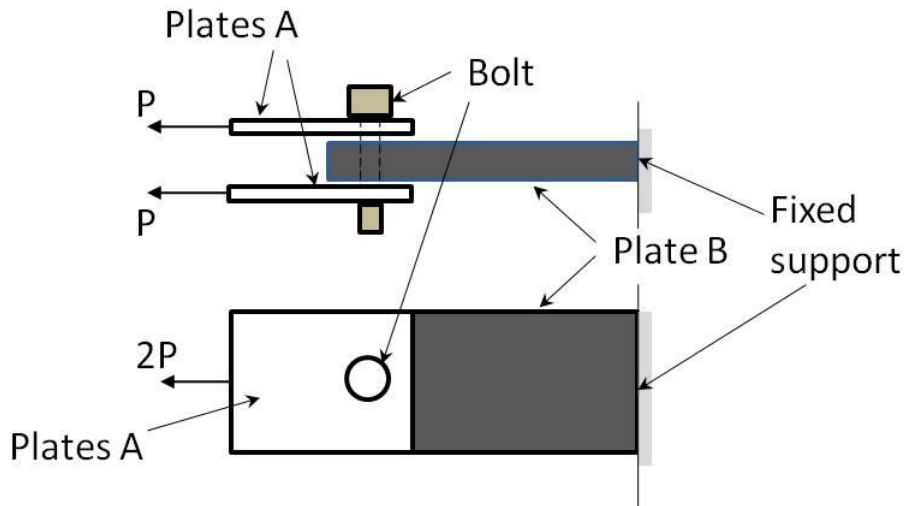


Figure 12

1. (a) *Rajah 1 menunjukkan satu sambungan dimana dua keping plat A disambungkan kepada sekeping plat B melalui satu sambungan bolt. Dengan menggunakan lakaran gambarajah jasad bebas yang sesuai untuk bolt, tunjukkan satah dalam bolt dimana tegasan ricih berlaku dan lokasi di atas bolt dimana tegasan galas berlaku.*

[2 markah]

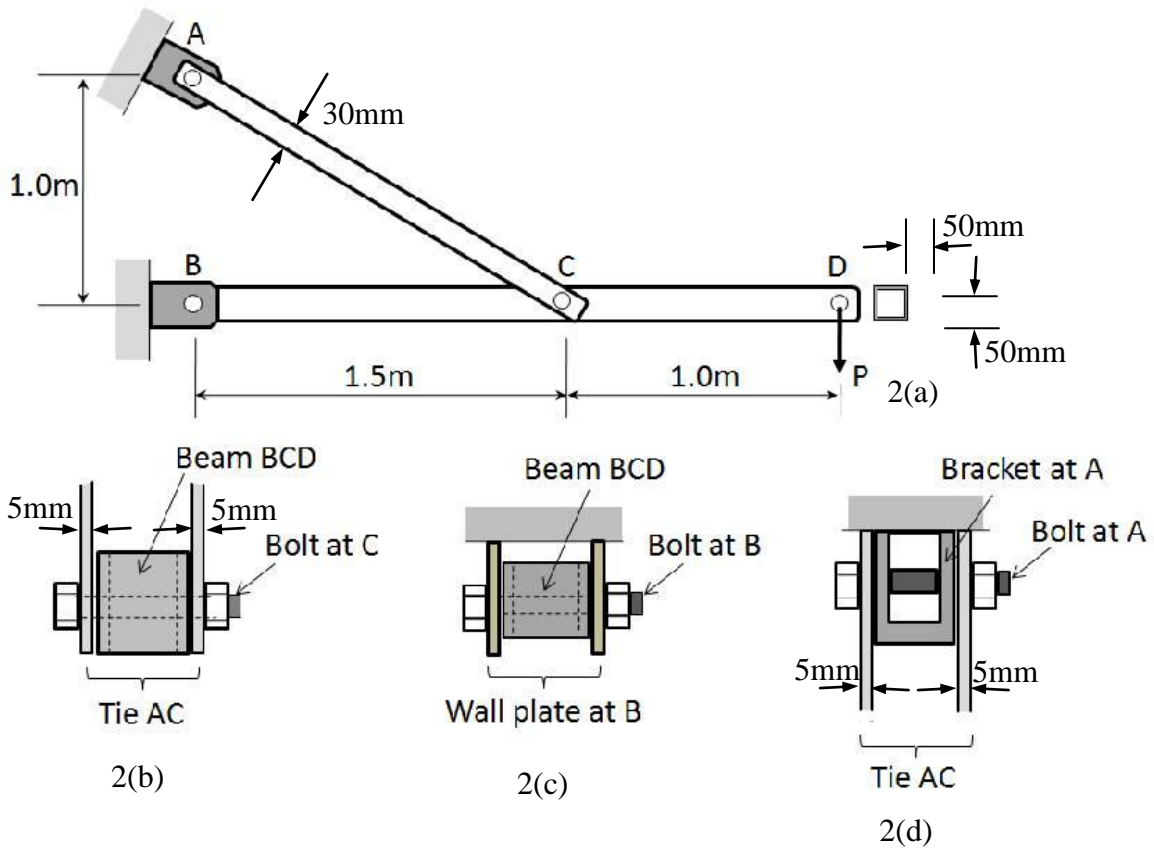


Rajah 1

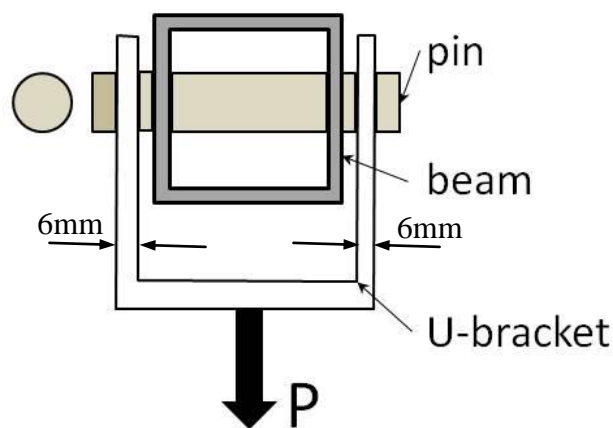
- (b) *Rajah 2(a) menunjukkan satu rasuk tegar BCD yang digantung pada titik C oleh sepasang pengikat AC. Rasuk tegar berkenaan disambung pada penyokong B melalui sambungan pin; manakala pengikat AC disambung kepada penyokong A juga melalui sambungan pin. Perincian sambungan pada C, B dan A ditunjukkan dalam Rajah 2(b), 2(c) dan 2(d). Garis pusat untuk bolt pada C, B dan A adalah 12.5mm. Satu beban  $P=50\text{kN}$  bertindak pada titik D di atas rasuk tegar BCD. Tentukan:*
- (i) *Tegasan ricih dalam bolt pada C*
  - (ii) *Tegasan galas antara rasuk BCD dan bolt pada C*
  - (iii) *Tegasan ricih dalam bolt pada A*
  - (iv) *Tegasan galas ke atas pengikat AC pada A*
  - (v) *Tegasan normal dalam pengikat AC*

Sekiranya beban  $P=50\text{kN}$  diagihkan kepada rasuk tegar BCD dengan menggunakan sambungan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3, kirakan garispusat minima pin yang diperlukan sekiranya tegasan ricih dibenarkan dalam pin adalah  $75\text{MPa}$  dan tegasan galas dibenarkan ke atas pin adalah  $150\text{MPa}$ .

[18 markah]



Rajah 2

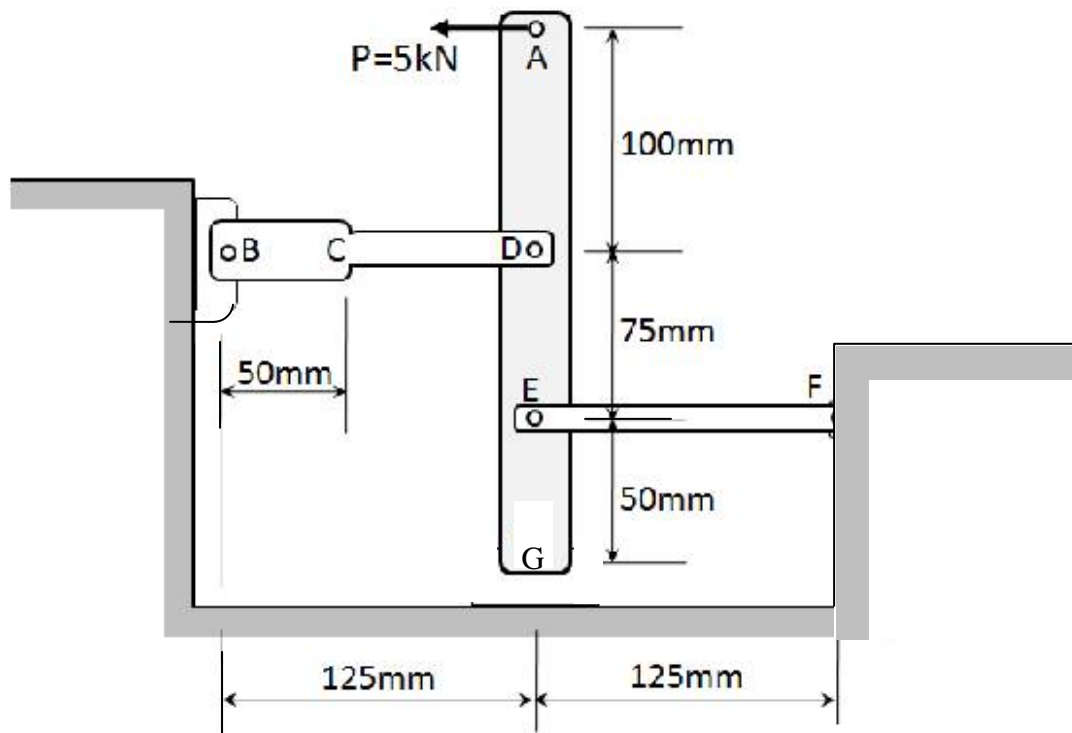


Rajah 3

2. Anggota pugak tegar ADEG seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 4 disambung kepada link BCD pada sambungan pin D dan link EF pada sambungan E. Link BCD disambung kepada penyokong pin B manakala link EF disambung kepada penyokong tegar F. Saiz keratan rentas yang berbentuk segiempat tepat untuk link BCD dan EF adalah seperti berikut: bahagian BC link BCD –  $25\text{mm} \times 6\text{mm}$ , bahagian CD link BCD –  $15\text{mm} \times 6\text{mm}$  dan link EF –  $12\text{mm} \times 6\text{mm}$ . Kedua-dua link BCD dan EF dibuat daripada keluli dengan modulus keanjalan  $E=200\text{GPa}$ . Satu beban ufuk  $P=5\text{kN}$  bertindak pada A. Tentukan:

- (i) Anjakan ufuk titik D
- (ii) Anjakan ufuk titik E
- (iii) Anjakan ufuk titik A
- (iv) Tegasan normal dalam link EF
- (v) Tegasan normal di bahagian BC dalam link BCD

[20 markah]



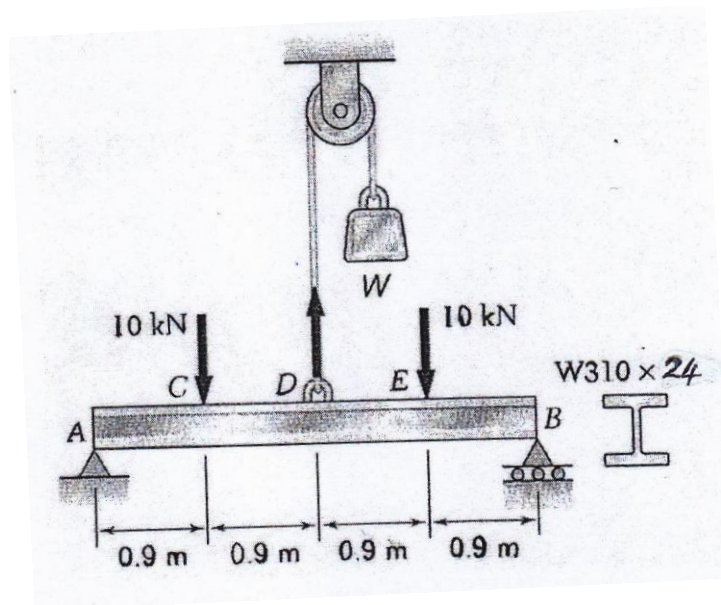
Rajah 4

3. Rajah 5 menunjukkan sistem rasuk I. Diketahui bahawa  $W = 15 \text{ kN}$ , lukiskan gambarajah daya ricih dan momen lentur untuk rasuk AB dan dapatkan:

(i) Tegasan normal maksimum disebabkan lenturan

(ii) Tegasan ricih maksimum

Ciri-ciri keratan rasuk diberikan dalam Lampiran A

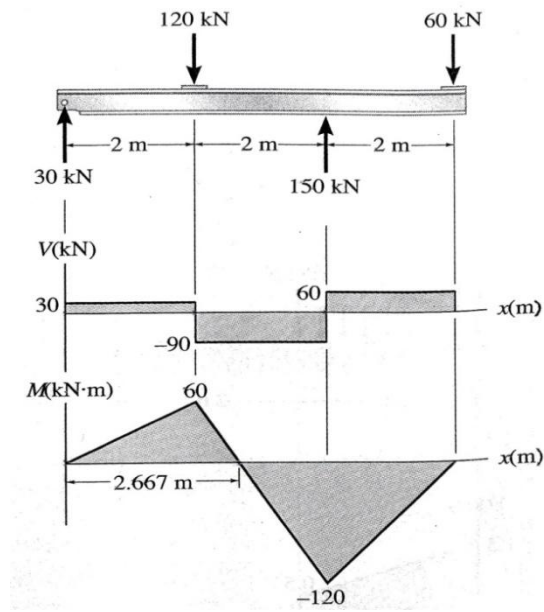


Rajah 5

[20 markah]

4. (a) Sebuah rasuk yang dibuat daripada keluli mempunyai tegasan lenturan yang dibenarkan,  $\sigma_{allow}$  sebanyak 170MPa dan tegasan ricih yang dibenarkan,  $\tau_{allow}$  sebanyak 100MPa. Pilih rasuk berbentuk W yang sesuai daripada Lampiran A yang mampu membawa beban seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6. Gambarajah daya ricih dan momen lentur untuk rasuk berkenaan ditunjukkan dalam Rajah 6.

[10 markah]



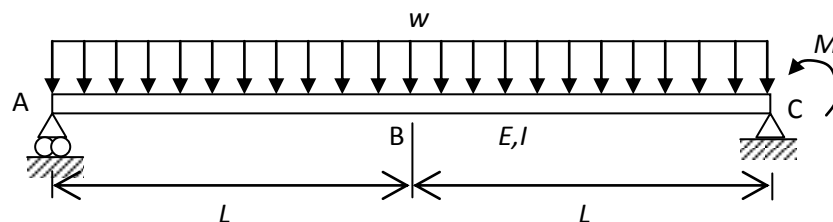
Rajah 6

(b) Rajah 7 menunjukkan satu rasuk tersokong mudah dengan modulus keanjalan ( $E$ ) dan momen inertia ( $I$ ) yang malar di bawah tindakan beban teragih seragam ( $w$ ) di rentang AC dan moment ( $M$ ) di titik C.

(i) Tentukan persamaan untuk cerun dan pesongan rasuk tersebut.  
[6 markah]

(ii) Kirakan pesongan di pertengahan rentang AC jika  $w = 5 \text{ kN/m}$ ,  $L = 3 \text{ m}$  dan  $M = 10 \text{ kNm}$ . Guna  $E = 200 \text{ GPa}$  dan  $I = 150 \times 10^6 \text{ mm}^4$ .  
[2 markah]

(iii) Cadangkan **DUA (2)** kaedah untuk mengurangkan pesongan rasuk tersebut.  
[2 markah]



Rajah 7

5. (a) Sebuah tiang dengan panjang berkesan 8m diperbuat daripada keluli digelek berbentuk separuh W410 x 60 (bahagian lorekan) seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 8. Diketahui sentriod keratan adalah pada kedudukan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 8, dapatkan faktor keselamatan sekiranya beban tumpu yang dibenarkan adalah 90 kN. Guna  $E = 200\text{GPa}$ .

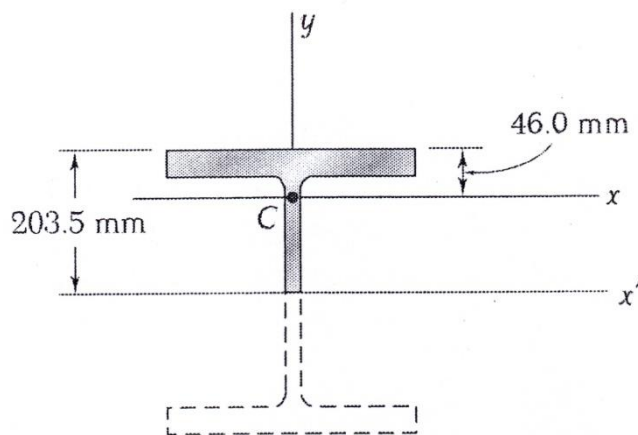
Diberikan,

$$I_x = 216 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 12.1 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$A = 7580 \text{ mm}^2$$

[10 markah]



Rajah 8

- (b) Tiang AB membawa beban tumpu,  $P$  sebanyak 72 kN (Rajah 9). Kabel BC dan BD adalah dipin di titik C dan D supaya pergerakan di titik B dalam satah  $xz$  dielakkan. Titik B bebas bergerak dalam satah  $yz$  dan titik A adalah diikat tegar. Gunakan Formula Euler's dan faktor keselamatan 2.3, dan abaikan tegangan dalam kabel, dapatkan panjang maksimum yang dibenarkan,  $L$ , bagi tiang AB. Gunakan  $E = 200 \text{ GPa}$ .

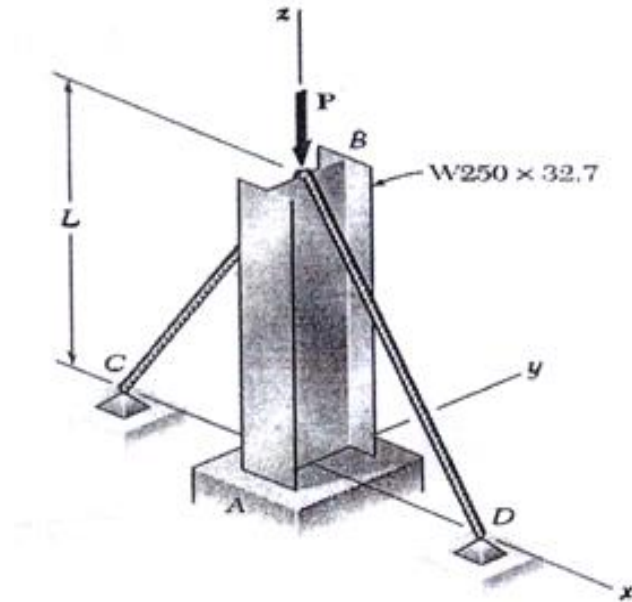
Diberikan,

$$W250 \times 32.7 \quad I_x = 48.9 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_y = 4.73 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

[10 markah]





Rajah 9

6. (a) Berikan **DUA (2)** contoh sebenar untuk anggota di bawah kilasan. Dengan menggunakan satu lakaran, jelaskan ubahbentuk satu bar bulat yang dikenakan kilasan dan tunjukkan daya dan sudut pulasan dalam lakaran tersebut.

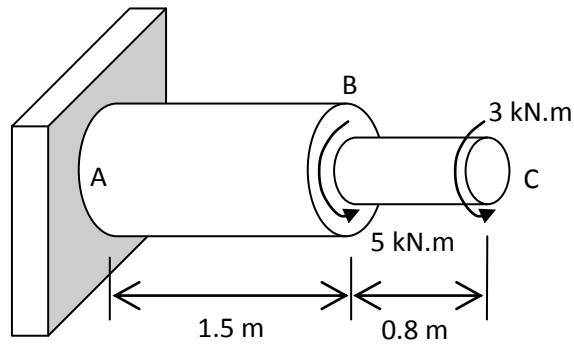
[4 markah]

- (b) Rajah 10 menunjukkan satu aci yang terdiri daripada dua bahagian dengan keratan berbeza untuk sebuah mesin. Bahagian AB dibuat daripada keluli dengan modulus ricih 80 GPa dan bahagian BC dibuat daripada aloi aluminium dengan modulus ricih 30 GPa. Bahagian keluli dan aluminium adalah pejal dengan keratan rentas bulat berdiameter 60 mm dan 40 mm masing-masing. Tentukan tegasan ricihan maksimum pada setiap bahagian dan juga sudut pulasan di titik C. Diberikan momen kilasan sebanyak 5 kN.m dan 3 kN.m dikenakan di titik B dan C. Hujung A adalah diragum dengan tegar.

[10 markah]

- (c) Jawab bahagian (b) jika bahagian keluli adalah bergeronggang dengan diameter luar 60 mm dan diameter dalam 30 mm.

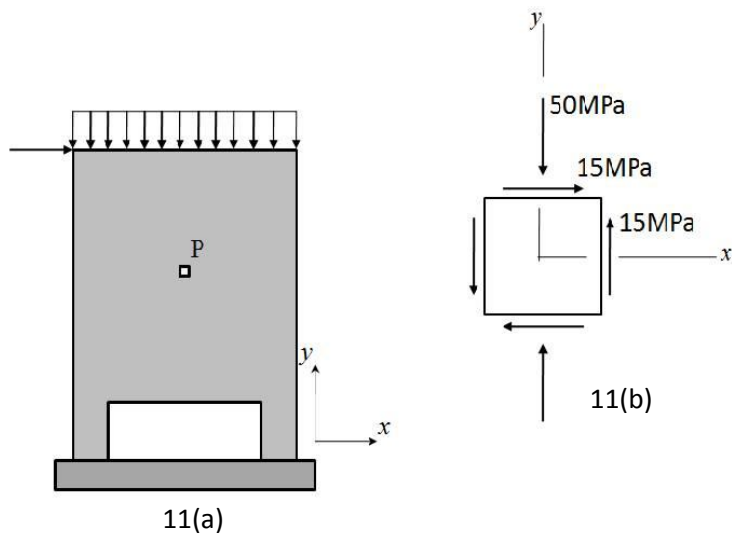
[6 markah]



Rajah 10

7. (a) Titik P dalam satu struktur dinding seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 11(a) berada dalam keadaan tertegas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 11(b). Untuk keadaan tertegas yang diberikan,
- (i) lukis bulatan Mohr
  - (ii) tentukan tegasan utama
  - (iii) tentukan tegasan ricih maksima dan tegasan normal yang berkaitan
  - (iv) lakarkan di atas satu elemen tertegas yang tercondong pada kedudukan yang sesuai tegasan pada sudut  $30^\circ$  arah lawan jam daripada paksi-x.

[14 markah]



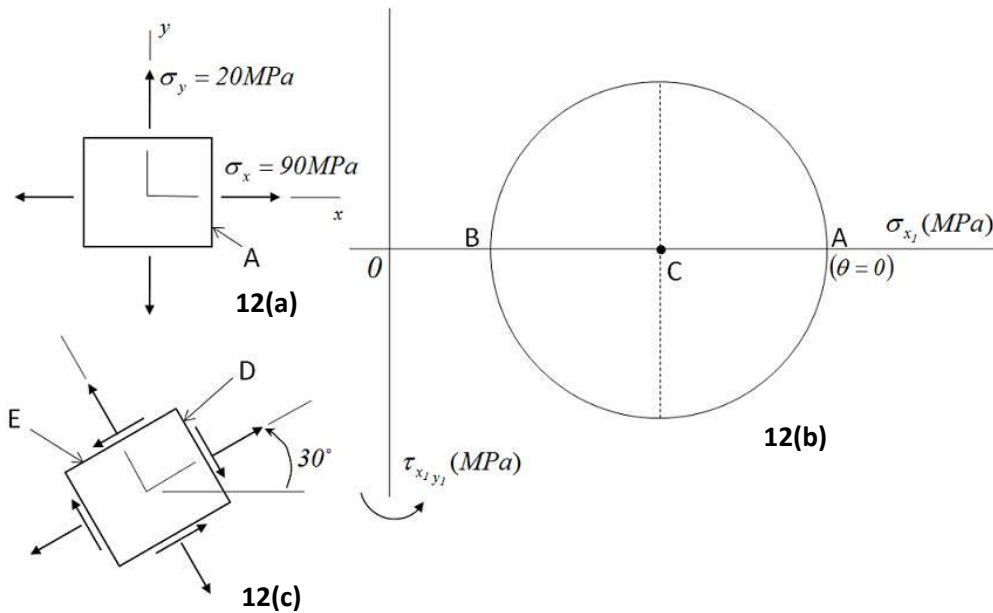
Rajah 11

(b) *Bulatan Mohr untuk keadaan tegasan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 12(a) telah dilukis seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 12(b). Tunjukkan di atas bulatan Mohr terlukis:*

- (i) *Magnitud tegasan normal pada titik A*
- (ii) *Magnitud tegasan normal pada titik B*
- (iii) *Lokasi tegasan ricih maksima dan minima. Gunakan symbol  $S_1$  untuk lokasi tegasan ricih maksima dan simbol  $S_2$  untuk lokasi tegasan ricih minima*
- (iv) *Lokasi satah D dan E seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 12(c).*

**(Jawapan untuk soalan 7(b) mestilah dijawab atas Lampiran B)**

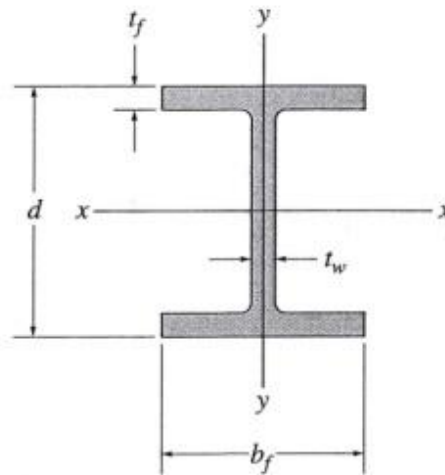
[6 markah]



Rajah 12

Appendix A

Lampiran A



Wide-Flange Sections or W Shapes SI Units

Designation	Area $A$	Depth $d$	Web thickness $t_w$	Flange		$x-x$ axis			$y-y$ axis		
				width $b_f$	thickness $t_f$	$I$	$S$	$r$	$I$	$S$	$r$
mm $\times$ kg/m	mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm	10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	mm	10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	mm
W310 $\times$ 129	16 500	318	13.10	308.0	20.6	308	1 940	137	100	649	77.8
W310 $\times$ 74	9 480	310	9.40	205.0	16.3	165	1 060	132	23.4	228	49.7
W310 $\times$ 67	8 530	306	8.51	204.0	14.6	145	948	130	20.7	203	49.3
W310 $\times$ 39	4 930	310	5.84	165.0	9.7	84.8	547	131	7.23	87.6	38.3
W310 $\times$ 33	4 180	313	6.60	102.0	10.8	65.0	415	125	1.92	37.6	21.4
W310 $\times$ 24	3 040	305	5.59	101.0	6.7	42.8	281	119	1.16	23.0	19.5
W310 $\times$ 21	2 680	303	5.08	101.0	5.7	37.0	244	117	0.986	19.5	19.2
W250 $\times$ 149	19 000	282	17.30	263.0	28.4	259	1 840	117	86.2	656	67.4
W250 $\times$ 80	10 200	256	9.40	255.0	15.6	126	984	111	43.1	338	65.0
W250 $\times$ 67	8 560	257	8.89	204.0	15.7	104	809	110	22.2	218	50.9
W250 $\times$ 58	7 400	252	8.00	203.0	13.5	87.3	693	109	18.8	185	50.4
W250 $\times$ 45	5 700	266	7.62	148.0	13.0	71.1	535	112	7.03	95	35.1
W250 $\times$ 28	3 620	260	6.35	102.0	10.0	39.9	307	105	1.78	34.9	22.2
W250 $\times$ 22	2 850	254	5.84	102.0	6.9	28.8	227	101	1.22	23.9	20.7
W250 $\times$ 18	2 280	251	4.83	101.0	5.3	22.5	179	99.3	0.919	18.2	20.1
W200 $\times$ 100	12 700	229	14.50	210.0	23.7	113	987	94.3	36.6	349	53.7
W200 $\times$ 86	11 000	222	13.00	209.0	20.6	94.7	853	92.8	31.4	300	53.4
W200 $\times$ 71	9 100	216	10.20	206.0	17.4	76.6	709	91.7	25.4	247	52.8
W200 $\times$ 59	7 580	210	9.14	205.0	14.2	61.2	583	89.9	20.4	199	51.9
W200 $\times$ 46	5 890	203	7.24	203.0	11.0	45.5	448	87.9	15.3	151	51.0
W200 $\times$ 36	4 570	201	6.22	165.0	10.2	34.4	342	86.8	7.64	92.6	40.9
W200 $\times$ 22	2 860	206	6.22	102.0	8.0	20.0	194	83.6	1.42	27.8	22.3
W150 $\times$ 37	4 730	162	8.13	154.0	11.6	22.2	274	68.5	7.07	91.8	38.7
W150 $\times$ 30	3 790	157	6.60	153.0	9.3	17.1	218	67.2	5.54	72.4	38.2
W150 $\times$ 22	2 860	152	5.84	152.0	6.6	12.1	159	65.0	3.87	50.9	36.8
W150 $\times$ 24	3 060	160	6.60	102.0	10.3	13.4	168	66.2	1.83	35.9	24.5
W150 $\times$ 18	2 290	153	5.84	102.0	7.1	9.19	120	63.3	1.26	24.7	23.5
W150 $\times$ 14	1 730	150	4.32	100.0	5.5	6.84	91.2	62.9	0.912	18.2	23.0

Attachment B /

Lampiran B

Index No. / No. Angka Giliran: \_\_\_\_\_

Table No./ No. Meja: \_\_\_\_\_

This attachment must be submitted together with your answer booklet

7. (b)

