

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama  
Sidang Akademik 2006/2007  
*First Semester Examination  
Academic Session 2006/2007*

Oktober/November 2006

**EBB 334/4 - Metalurgi Mekanikal**  
***EBB 334/4 - Mechanical Metallurgy***

Masa : 3 jam  
*Time : 3 hours*

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi DUA BELAS muka surat beserta TIGA muka surat (Lampiran) yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.

Kertas soalan ini mengandungi ENAM soalan.

Jawab EMPAT soalan. Jika calon menjawab lebih daripada empat soalan hanya empat soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Jawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia. Walau bagaimanapun, DUA soalan dibenarkan dijawab dalam Bahasa Inggeris.

*Please check that this examination paper consists of TWELVE pages of printed material and THREE pages APPENDIX before you begin the examination.*

*This paper contains SIX questions.*

*Answer any FIVE questions. If a candidate answers more than five questions, only the first five answers will be examined and awarded marks.*

*Answer to any question must start on a new page.*

*All questions must be answered in Bahasa Malaysia. However, TWO questions can be answered in English.*

1. [a] Joran AC dalam Rajah 1 (sila lihat Lampiran 1) disokong oleh bar keluli bersegiempat sama BD, dan ianya dilekatkan kepada pendakap pada C oleh pin keluli berkekuatan tinggi. Andaikan bahawa pin pada B adalah cukup untuk menanggung beban yang dikenakan padanya, dan rekabentuk kritikal komponen adalah pada bar BD dan pin pada C. Faktor keselamatan terhadap kegagalan atau BD untuk alahan adalah  $FS_\sigma = 3.0$  dan faktor keselamatan terhadap kegagalan tegasan ricih muktamad pin C pada C adalah  $FS_\tau = 3.3$ .

- (i) Tentukan ketebalan yang diperlukan,  $t$ , bagi bar segiempat sama BD dengan lebar adalah  $b$ .
- (ii) Tentukan diameter yang diperlukan,  $d$  bagi pin pada C.

$$P = 10 \text{ kN}, L = 3 \text{ m}, h = 2 \text{ m},$$

$$\text{Bar BD: } b = 25 \text{ mm}, \sigma_y = 250 \text{ MPa},$$

$$\text{Pin C: } \tau_u = 400 \text{ MPa}$$

(50 markah)

- [b] Apabila kepingan nipis bagi bahan seperti 'kulit' bahagian atas pada sayap kapal terbang dalam Rajah 2 (sila lihat Lampiran 1), dikenakan pada tegasan, ianya dikatakan berada dalam keadaan tegasan planar, dengan  $\sigma_z = \tau_{xz} = \tau_{yz} = 0$ . Bermula dengan persamaan am bagi Hukum Hooke, dengan  $\Delta T = -35^\circ\text{C}$ , cari  $\sigma_x$  dan  $\sigma_y$ . Ambil nisbah Poisson  $\nu = 0.33$  dan  $\alpha = 24 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ,  $\epsilon_x = 200 \mu$ ,  $\epsilon_y = 140 \mu$ .

(50 markah)

1. [a] Beam AC in Figure 1 (see appendix 1) is supported by a rectangular steel bar BD, and it is attached to a bracket at C by a high-strength steel pin. Assume that the pin at B is adequate to sustain the loading applied to it, and that the design-critical components are the bar BD and the pin at C. The factor of safety against failure of BD by yielding is  $FS_{\sigma} = 3.0$  and the factor of safety against ultimate shear failure of the pin at C is  $FS_{\tau} = 3.3$ .

- (i) Determine the required thickness,  $t$ , of the rectangular bar BD, whose width is  $b$ .
- (ii) Determine the required diameter,  $d$ , of the pin at C.

$$P = 10 \text{ kN}, L = 3 \text{ m}, h = 2 \text{ m},$$

$$\text{Bar BD: } b = 25 \text{ mm}, \sigma_y = 250 \text{ MPa},$$

$$\text{Pin C: } \tau_u = 400 \text{ MPa}$$

(50 marks)

[b] When thin sheets of material, like the top "skin" of the airplane wing in Figure 2 (see appendix 1), are subjected to stress, they are said to be in a state of plane stress, with  $\sigma_z = \tau_{xz} = \tau_{yz} = 0$ . Starting with Equations of general Hooke's law, with  $\Delta T = -35^\circ\text{C}$ , find  $\sigma_x$  and  $\sigma_y$ . Take Poisson's ratio  $\nu = 0.33$  and  $\alpha = 24 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ,  $\epsilon_x = 200 \mu$ ,  $\epsilon_y = 140 \mu$ .

(50 marks)

2. [a] Apakah tegasan-ricihan-maksimum teori bagi jangkakan kegagalan (alahan) jika komponen bagi tegasan planar pada titik dalam struktural keluli mencapai nilai seperti pada Rajah 3 (sila lihat Lampiran 2)? Apakah nilai bagi tegasan equivalent Mises [ $\sigma_M$ ], bagi dua persamaan yang diberikan di bawah, untuk keadaan yang diberikan bagi tegasan planar dengan persamaan-persamaan mana yang akan anda pilih? Adakah kegagalan boleh dijangkakan dengan teori maksimum-herotan-tenaga?

$$\sigma_M = (1/2)^{1/2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2]^{1/2}$$

$$\sigma_M = (1/2)^{1/2} [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 6(\tau^2_{xy} + \tau^2_{yz} + \tau^2_{xz})]^{1/2}$$

(50 markah)

- [b] Tentukan keliatan (atau tenaga penyebab patah) untuk satu logam yang mengalami kedua-dua ubahbentuk elastik dan plastik. Andaikan  $\sigma = E\varepsilon$  ubahbentuk elastik, dengan modulus elastiksiti adalah 180 GPa, dan dengan ubahbentuk elastik berhenti pada terikan 0.01. Untuk ubahbentuk plastik, andaikan perhubungan di antara tegasan dan terikan adalah diterangkan oleh persamaan  $\sigma_T = K\varepsilon_T^n$ , dengan mana nilai bagi K dan n adalah 6900 MPa dan 0.30, masing-masing. Tambahan pula, ubahbentuk plastik berlaku di antara nilai terikan antara 0.01 dan 0.8, pada titik berlakunya kepatahan.

(50 markah)

2. [a] *Would the maximum-shear-stress theory of failure predict failure (yielding) if the components of plane stress at a point in a steel structural member were to reach the values shown in Figure 3 (see appendix 2). What is the value of the Mises equivalent stress  $[\sigma_M]$ , the two equations given below, for the given state of plane stress which one of these equations would you select? Would failure be predicted by the maximum-distortion-energy theory?*

$$\sigma_M = (1/2)^{1/2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2]^{1/2}$$

$$\sigma_M = (1/2)^{1/2} [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)]^{1/2}$$

(50 marks)

- [b] *Find the toughness (or energy to cause fracture) for a metal that experiences both elastic and plastic deformation. Assume Equation  $\sigma = E\varepsilon$  for elastic deformation, that the modulus of elasticity is 180 GPa, and that elastic deformation terminates at a strain of 0.01. For plastic deformation, assume that the relationship between stress and strain is described by Equation  $\sigma_T = K\varepsilon_T^n$ , in which the values for  $K$  and  $n$  are 6900 MPa and 0.30, respectively. Furthermore, plastic deformation occurs between strain values of 0.01 and 0.8, at which point fracture occurs.*

(50 marks)

3. [a] Kadar rayapan keadaan mantap adalah diberikan di bawah bagi beberapa aloi diambil pada 200°C:

$\dot{\epsilon}_s$ ( $\text{h}^{-1}$ )	$\sigma$ [MPa]
$2.5 \times 10^{-3}$	60
$2.4 \times 10^{-2}$	74

Jika diketahui bahawa tenaga pengaktifan bagi rayapan adalah 140,000 J/mol, kirakan kadar rayapan keadaan mantap pada suhu 250°C dan paras tegasan 50 MPa. Ambil pemalar gas sebagai  $R = 8.13 \text{ J/mol-K}$ .

(50 markah)

- [b] Satu aci keluli padu menghantar 50hp (kuasa kuda) 1200 rpm melalui satu kotak gear dengan nisbah 6 kepada 1 kepada satu aci pelahu keluli padu, Rajah 4 (sila lihat Lampiran 2). Jika tegasan yang dibenarkan dalam kedua-dua aci kuasa dan aci pelahu hendaklah dihadkan pada 15 ksi, tentukan diameter minimum yang dibenarkan pada setiap aci. Andaikan bahawa tiada kehilangan kuasa (contoh, disebabkan oleh geseran) dalam kotak gear.

(50 markah)

3. [a] *Steady-state creep rate data are given here for some alloy taken at 200°C:*

$\dot{\epsilon}_s$ ( $h^{-1}$ )	$\sigma$ [MPa]
$2.5 \times 10^{-3}$	60
$2.4 \times 10^{-2}$	74

*If it is known that the activation energy for creep is 140,000 J/mol, compute the steady state creep rate at a temperature of 250°C and a stress level of 50 MPa. Take gas constant  $R = 8.13$  J/mol-K.*

*(50 marks)*

- [b] *A solid steel shaft transmits 50 hp at 1200 rpm through a gearbox with a ratio of 6 to 1 to a solid steel idler shaft, Figure 4 (see appendix 2). If the allowable stress in both the power shaft and the idler shaft must be limited to 14 ksi, determine the minimum allowable diameter for each shaft. Assume that there is no power loss (e.g., due to friction) in the gearbox.*

*(50 marks)*

4. [a] Pada titik jasad terubahbentuk, terikan dalam-planar dirujuk kepada satu set paksi xy adalah:  $\epsilon_x = 500 \mu$ ,  $\epsilon_y = 350 \mu$ , dan  $\gamma_{xy} = 210 \mu$ , Rajah 5 (sila lihat Lampiran 3). Gunakan bulatan Mohr untuk:

- (i) Tentukan terikan prinsipal dalam-planar dan arah terikan prinsipal, dan tunjukkan bentuk terubahbentuk dalam unit segiempat terorientasi dalam arah terikan prinsipal dan;
- (ii) Tentukan tegasan-terikan maksimum dalam-planar.

(50 markah)

[b] Pada titik bagi jasad terubahbentuk, terikan-terikan  $\epsilon_a = 300 \mu$ ,  $\mu_b = 150 \mu$ , dan  $\epsilon_c = -200 \mu$  adalah diukur menggunakan  $60^\circ$  roset bersudut sama (juga dikenali sebagai rosette delta). (Rajah 6 - sila lihat Lampiran 3)

- (i) Tentukan komponen-komponen  $\epsilon_x$ ,  $\epsilon_y$ , dan  $\gamma_{xy}$ .
- (ii) Menggunakan bulatan Mohr, tentukan terikan prinsipal  $\epsilon_1$  dan  $\epsilon_2$ .
- (iii) Tentukan orientasi bagi paksi terikan prinsipal relatif kepada orientasi gage "a".
- (iv) Menggandaikan  $E = 170 \text{ GPa}$  dan  $\nu = 0.33$ , tentukan tegasan prinsipal tegasan terikan maksimum dalam planar gage.

(50 markah)



4. [a] At a point on a deformable body, the in-plane strains referred to a set of  $xy$  axes are:  $\epsilon_x = 500 \mu$ ,  $\epsilon_y = 350 \mu$ , and  $\gamma_{xy} = 210 \mu$ , Figure 5 (see appendix 3). Use Mohr's circle to:

- (i) Determine the in-plane principal strains and principal-strain directions, and show the deformed shape of a unit square oriented in the principal strain directions, and
- (ii) Determine the maximum in-plane shear strain.

(50 marks)

[b] At a point on a deformable body, the strains  $\epsilon_a = 300 \mu$ ,  $\epsilon_b = 150 \mu$ , and  $\epsilon_c = -200 \mu$  were measured using a  $60^\circ$  equi-angular rosette (also known as a delta rosette). (Figure 6 - see appendix 3)

- (i) Determine the strain components  $\epsilon_x$ ,  $\epsilon_y$ , dan  $\gamma_{xy}$ .
- (ii) Using Mohr's circle, determine the principal strains  $\epsilon_1$  and  $\epsilon_2$ .
- (iii) Determine the orientation of the principal-strain axes relative to the orientation of gage "a".
- (iv) Assuming  $E = 170 \text{ GPa}$  and  $\nu = 0.33$ , determine the principal stresses and the maximum shear stress in the plane of the gage.

(50 marks)

5. [a] Tiga spesimen ujian lesu yang identical (ditandakan A, B dan C) difabrikasi daripada aloi bukan-logam. Setiapnya dikenakan kepada satu kitaran tegasan minimum-maksimum seperti disenaraikan di bawah; frekuensi adalah sama untuk kesemua ketiga-tiga ujian.

- (i) Susunkan masa-hayat lesu bagi ketiga-tiga spesimen ini daripada masa terlama ke tercepat.
- (ii) Sekarang justifikasi susunan ini menggunakan plot skematik S-N.

Sampel	$\sigma_{\max}$ (MPa)	$\sigma_{\min}$ (MPa)
A	+450	-150
B	+300	-300
C	+500	-200

(50 markah)

[b] Pertimbangkan satu plat rata bagi beberapa aloi logam yang akan didedahkan kepada kitaran tegangan-mampatan berulang dalam mana tegasan purata adalah 35 MPa. Jika panjang permulaan dan retakan permukaan kritikal adalah 0.20 dan 4.5 masing-masing dan nilai-nilai  $m$  dan  $A$  adalah 4.0 dan  $5 \times 10^{-15}$ , masing-masing ( $\Delta\sigma_r$  dalam dan  $a$  dalam m), anggarkan tegasan tegangan maksimum kepada hayat alahan lesu sebanyak  $5 \times 10^5$  kitaran. Anggapkan parameter  $Y$  mempunyai nilai 2.0, yang mana tidak bergantung kepada panjang retakan.

(50 markah)

5. [a] Three identical fatigue specimens (denoted A, B, and C) are fabricated from a nonferrous alloy. Each is subjected to one of the maximum-minimum stress cycles listed below; the frequency is the same for all three tests.

- (i) Rank the fatigue lifetimes of these three specimens from the longest to the shortest.
- (ii) Now justify this ranking using a schematic S-N plot.

Sample	$\sigma_{\max}$ (MPa)	$\sigma_{\min}$ (MPa)
A	+450	-150
B	+300	-300
C	+500	-200

(50 marks)

[b] Consider a flat plate of some metal alloy that is to be exposed to repeating tensile-compressive cycling in which the mean stress is 35 MPa. If the initial and critical surface crack lengths are 0.20 and 4.5 mm, respectively, and the values of  $m$  and  $A$  are 4.0 and  $5 \times 10^{-15}$ , respectively (for  $\Delta\sigma_r$  in MPa and  $a$  in m), estimate the maximum tensile stress to yield a fatigue life of  $5 \times 10^5$  cycles. Assume the parameter  $Y$  has a value of 2.0, which is independent of crack length.

(50 marks)

6. [a] Sebahagian komponen kapal terbang adalah difabrikasi daripada aloi aluminium yang mempunyai terikan planar keliatan patah sebanyak  $40 \text{ MPa(m)}^{1/2}$ . Telah ditentukan bahawa hasil kepatahan pada tegasan  $300 \text{ MPa}$  apabila panjang retakan dalaman (ataupun kritikal) adalah sebanyak  $4.0 \text{ mm}$ . Untuk komponen dan aloi yang sama, adakah patah akan berlaku pada paras tegasan pada  $260 \text{ MPa}$  apabila panjang retakan maksimum dalaman adalah  $6.00 \text{ mm}$ ? Kenapa berlaku ataupun kenapa tidak?

(50 markah)

- [b] Satu komponen struktural dalam bentuk plat lebar difabrikasi daripada aloi keluli yang mempunyai keliatan patah terikan planar sebanyak  $98.9 \text{ MPa(m)}^{1/2}$  dan kekuatan alah sebanyak  $860 \text{ MPa}$ . Had resolusi saiz kecacatan yang dikesan oleh peralatan adalah  $3.0 \text{ mm}$ . Jika tegasan rekabentuk adalah satu-setengah daripada kekuatan alah dan nilai  $Y$  adalah  $1.0$ , tentukan samada kecacatan kritikal pada plat ini boleh dikesan.

(50 markah)

6. [a] *Some aircraft component is fabricated from an aluminum alloy that has a plane strain fracture toughness of  $40 \text{ Mpa(m)}^{1/2}$ . It has been determined that fracture results at a stress of  $300 \text{ MPa}$  when the maximum (or critical) internal crack length is  $4.00 \text{ mm}$ . For this same component and alloy, will fracture occur at a stress level of  $260 \text{ MPa}$  when the maximum internal crack length is  $6.0 \text{ mm}$ ? Why or why not?*

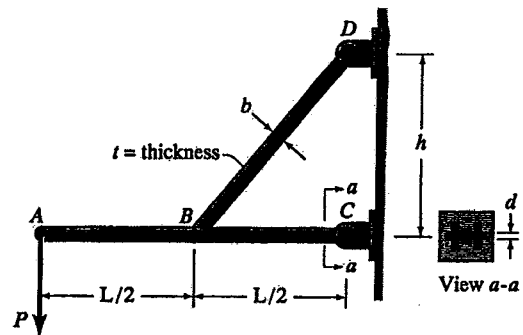
(50 marks)

- [b] *A structural component in the form of a wide plate is to be fabricated from a steel alloy that has a plane strain fracture toughness of  $98.9 \text{ MPa(m)}^{1/2}$  and a yield strength of  $860 \text{ MPa}$ . The flaw size resolution limit of the flaw detection apparatus is  $3.0 \text{ mm}$ . If the design stress is one-half of the yield strength and the value of  $Y$  is  $1.0$ , determine whether or not a critical flaw for this plate is subject to detection.*

(50 marks)

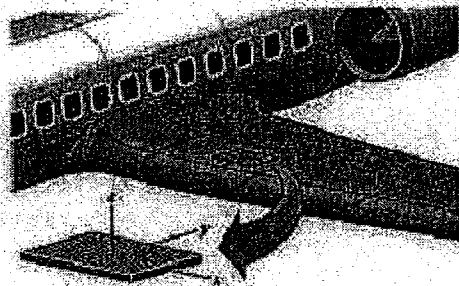
**LAMPIRAN 1**

**APPENDIX 1**



**Rajah 1**

**Figure 1**

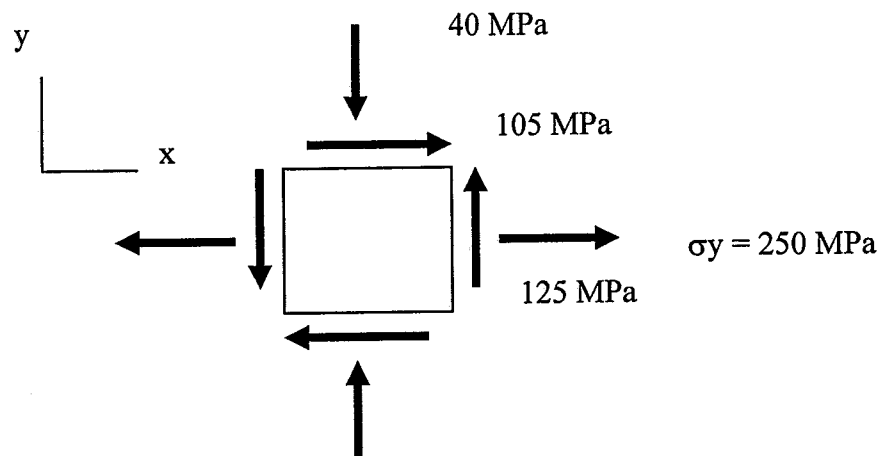


**Rajah 2**

**Figure 2**

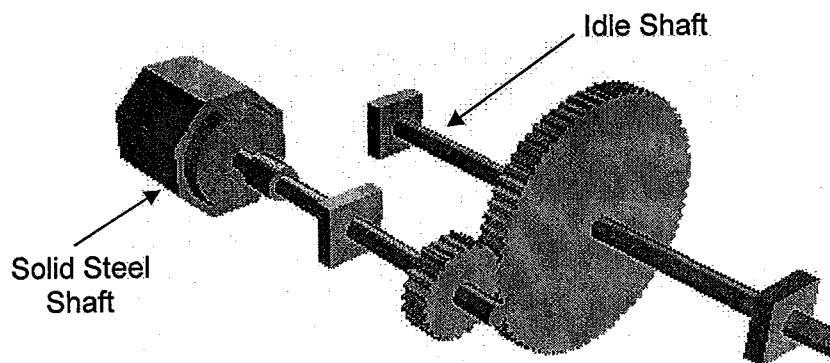
**LAMPIRAN 2**

**APPENDIX 2**



**Rajah 3**

**Figure 3**

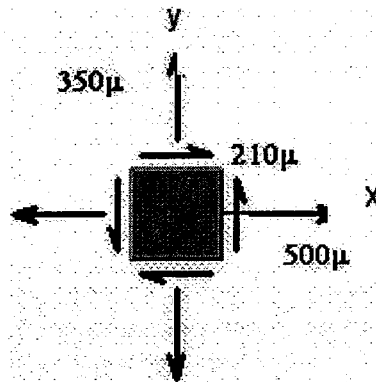


**Rajah 4**

**Figure 4**

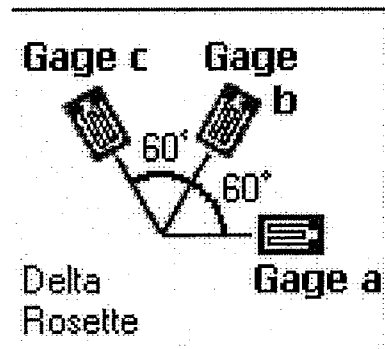
**LAMPIRAN 3**

**APPENDIX 3**



*Rajah 5*

*Figure 5*



*Rajah 6*

*Figure 6*