

PART A / BAHAGIAN A

- (1). (a) Natural rubber band has higher tensile strength compared to a similar rubber band made from styrene butadiene rubber (SBR). Explain in terms of molecular structure why this is so.

Gegelang getah asli mempunyai kekuatan tegangan yang lebih tinggi berbanding dengan gegelang yang sama yang diperbuat daripada SBR. Jelaskan dari segi struktur molekul bagaimana keadaan ini berlaku.

(10 marks/markah)

- (b) With reference to Table 1, discuss on the polymerisation-microstructure-property relationships of different polypropylene (PP) stereoisomers. You need to mention briefly on the polymerisation techniques used in producing the different types of PP to support your answer.

Berpandukan Jadual 1, bincangkan hubungkait pempolimeran-mikrostruktur-sifat bagi pelbagai jenis stereoisomer polipropilena. Anda perlu terangkan secara ringkas teknik pempolimer yang digunakan untuk menghasilkan pelbagai jenis PP untuk memperkuatkan jawapan anda.

Table 1: Physical and mechanical properties of polypropylene stereoisomers
 Jadual 1: Sifat fizikal dan mekanikal bagi pelbagai stereoisomer polipropilena

	Isotactic <i>Isotaktik</i>	Syndiotactic <i>Sindiotaktik</i>	Atactic <i>Ataktik</i>
Appearance <i>Penampilan</i>	Hard solid <i>Pepejal keras</i>	Hard solid <i>Pepejal keras</i>	Soft rubbery <i>Lembut bergetah</i>
T_m (°C)	175	131	< 100
ρ (gcm ⁻³)	0.90-0.92	0.89-0.91	0.86-0.89
σ_b (MNm ⁻²)	34	-	-
Solubility <i>Keterlarutan</i>	Insoluble in most organic solvents <i>Tak larut dalam kebanyakan pelarut organik</i>	Soluble in ether and aliphatic hydrocarbon <i>Larut dalam eter dan hidrokarbon alifatik</i>	Soluble in common organic solvents <i>Larut dalam kebanyakan pelarut organik</i>
χ (%)	< 70	30	-
T_g (°C)	0	-8	-10

(10 marks/markah)

- (2). (a). A long sheet of carbon fibre reinforced epoxy is 30 mm wide, 5 mm thick and has a sharp crack 10 mm long placed centrally relative to its width and length. If the critical stress intensity factor for this material is 43 MN/m^{-3/2}, calculate the axial tension would cause the sheet to fracture.

Satu kepingan panjang bertetulang gentian karbon epoksi adalah 30 mm lebar, 5 mm tebal dan mempunyai retak yang tajam 10 mm panjang diletakkan secara berpusat relative kepada lebar dan panjangnya. Jika kritikal faktor keamatan tekanan untuk bahan ini adalah 43 MN/m^{-3/2}, hitungkan ketegangan paksi yang akan menyebabkan kepingan patah.

(10 marks/markah)

- (b). Elaborate all the factors influence the crazing behavior.

Terangkan secara terperinci semua faktor yang mempengaruhi sifat-sifat keretakan halus.

(10 marks/markah)

- (3). (a). Show that Maxwell model sufficiently describe the response of a viscoelastic material in a stress relaxation test.

Tunjukkan bahawa model Maxwell boleh menerangkan dengan baik kelakuan suatu bahan likat kenyal semasa ujian pengenduran tegasan.

(4 marks/markah)

- (b). A stress of 7.6 MPa is applied to a polymer under constant strain. After 40 days at 20°C the stress is decreased to only 4.8 MPa. When the same polymer is heated to 40°C the relaxation time is 50 days.

Tegasan 7.6 MPa dikenakan pada polimer pada terikan malar. Selepas 40 hari pada suhu 20°C, tegasan mengalami penurunan kepada 4.8 MPa. Apabila polimer yang sama dipanaskan ke 40°C masa pengenduran ialah 50 hari.

- (i). Estimate the relaxation time constant for this material at 20°C.

Anggarkan pemalar masa pengenduran untuk polimer ini pada 20°C.

- (ii). Estimate the stress after 60 days at 20°C.

Anggarkan tegasan selepas 60 hari pada 20°C.

- (iii). Estimate the stress relaxation activation energy for this polymer.

Anggarkan tenaga pengaktifan pengenduran tegasan untuk polimer ini.

(6 marks/markah)

- (c). The creep compliance of a thermoplastic at 25°C is described by:
Komplians krip untuk suatu termoplastik pada 25°C boleh diterangkan oleh:

$$J_{25\text{ }^{\circ}\text{C}}(t) = 1.2 \times 10^{-3} t^{0.10} \quad (\text{m}^2/\text{N with } t \text{ in s})$$

(m²/N dengan t dalam s)

- (i). This material is subjected to the following stress history at 25°C:

Bahan ini dikenakan sejarah tegasan seperti berikut pada 25°C:

$t \leq 0 \text{ s}$	$\sigma = 0 \text{ Nm}^{-2}$
$0 \text{ s} \leq t \leq 1000 \text{ s}$	$\sigma = 1000 \text{ Nm}^{-2}$
$1000 \text{ s} \leq t \leq 2000 \text{ s}$	$\sigma = 1500 \text{ Nm}^{-2}$
$2000 \text{ s} \leq t$	$\sigma = 0 \text{ Nm}^{-2}$

Estimate the shear strain at 2500 s.

Anggarkan terikan ricih pada 2500 s.

(4 marks/markah)

- (ii). This material has $T_g = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Using the WLF equation, derive an equation that gives its creep compliance at 35°C, $J_{35\text{ }^{\circ}\text{C}}$ and estimate its shear strain at 2500 s. consider the same stress history as in (i).

Bahan ini mempunyai $T_g = 0^\circ\text{C}$. Menggunakan persamaan WLF, terbitkan persamaan bagi krip komplians krip pada 35°C , $J_{35}^\circ\text{C}$ dan anggarkan terikan ricih pada 2500 s. Pertimbangkan sejarah tegasan seperti dalam (i).

(6 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

- (4). (a). What is the main contribution of the theory proposed by Griffith and Inglis in understanding the fracture property of materials? What is the modification needed in order for the theory to predict the fracture behavior of polymers accurately.

Apakah sumbangan utama teori yang dikemukakan oleh Griffith dan Inglis dalam memahami sifat rekahan bahan? Apakah pengubahsuaian yang perlu dilakukan untuk membolehkan teori tersebut memberikan ramalan yang lebih tepat terhadap sifat rekahan polimer.

(10 marks/markah)

- (b) A rectangular bar of PMMA in the form of a single-edge-notched-bending (SENB) specimen with dimensions (thickness $B = 6\text{mm}$ and width $W = 10\text{mm}$), contains a central edge crack of length, $a = 1\text{mm}$ (Figure 1). Calculate the force F required to fracture the bar in SENB with span $S = 80\text{mm}$. K_{IC} value is given as 1.60MPa . For this geometry, given $S/W = 80/10 = 8.0$,

Bar segi empat tepat PMMA dalam bentuk spesimen lentur tepi-lekur-tepi (SENB) dengan dimensi (tebal $B = 6\text{mm}$ dan lebar $W = 10\text{mm}$), mengandungi retakan tepi tengah dengan Panjang, $a = 1\text{mm}$ (Rajah 1). Hitung daya F yang diperlukan untuk mematahkan bar dalam SENB dengan rentang $S = 80\text{mm}$. Nilai K_{IC} diberikan sebagai 1.60MPa . Untuk geometri ini, diberikan $S/W = 80/10 = 8.0$,

Y is given by / Y diberikan oleh;

$$Y = 1.11 - 1.55(a/w) + 7.71(a/w)^2 - 13.5(a/w)^3 + 14.2(a/w)^4$$

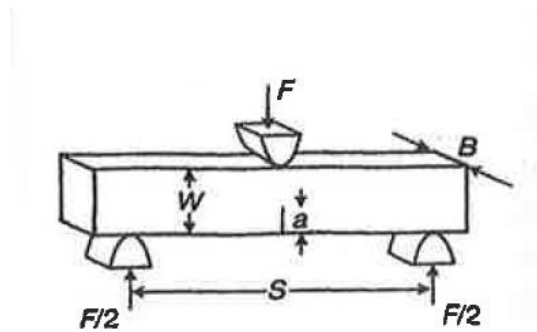


Figure 1: Single-edge-notch-bend (SENB) specimen

Rajah 1: spesimen lentur tepi-lekuk-tepi (SENB)

(10 marks/markah)

- (5). (a) Write a short essay on Mooney-Rivlin theory and its application in rubber elasticity.

Tuliskan nota ringkas tentang teori Mooney-Rivlin dan kegunaannya dalam kekenyalan getah.

(7marks/markah)

- (b) A compact tension (CT) specimen (as shown in Figure 2) machined from PMMA plate has thickness $B = 6$ mm, effective width $W = 50$ mm and effective crack length $a = 25$ mm. The force F at the loading pins increases linearly with deflection until fracture occurs at $F = 225$ N.

Spesimen tegangan padat (CT) (seperti ditunjukkan dalam Rajah 2) yang dimesin daripada plat PMMA mempunyai ketebalan $B = 6$ mm, lebar berkesan $W = 50$ mm dan panjang retak berkesan $a = 25$ mm. Daya F pada pin pemuatan meningkat secara linear dengan pesongan sehingga patah berlaku pada $F = 225$ N.

- (i) Calculate K_{IC}

Kira K_{IC}

- (ii). Calculate G_{IC}

Kira K_{IC}

- (iii). Estimate the critical length of crack for a wide plate stressed at $\sigma = 15 \text{ MPa}$ (as shown in Figure 3).

Anggarkan panjang kritikal retakan bagi plat lebar yang ditegaskan pada $\sigma = 15 \text{ MPa}$ (seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3).

Given / Diberi:

Young's Modulus / *Young's Modulus* $E = 3.2 \text{ GPa}$

Poisson ratio / *Nisbah Poisson* $\nu = 0.42$

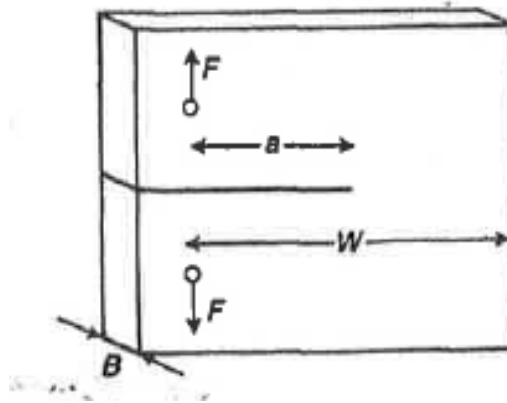


Figure 2: Compact tension (CT) specimen

Rajah 2: Spesimen tegangan padat (CT)

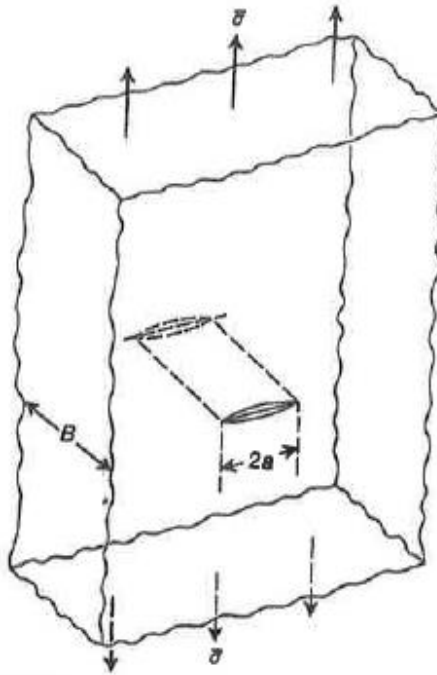


Figure 3: A narrow, through-thickness crack in a thin, wide sheet subject to a stress σ

Rajah 3: Retakan sempit dan tebal pada kepingan nipis dan lebar tertakluk kepada tegasan σ .

(13 marks/markah)

- (6). A nylon bolt of diameter 8 mm is used to join two rigid plates. The nylon can be assumed to be linear viscoelastic with a tensile stress relaxation modulus (in GPa) approximated by:

Suatu bolt nilon yang bergarispusat 8 mm digunakan untuk menyambung dua plat tegar. Nilon tersebut boleh dianggap bersifat likat kenyal linear dan modulus pengenduran tegasan bagi tegangan (dalam GPa) boleh ditentukan melalui:

$$E_T(t) = 5 \exp \left[- (t)^{\frac{1}{3}} \right]$$

where t is in hours. The bolt is tightened quickly so that the initial force in the bolt (at $t = 0$ h) is 1 kN.

di mana t dalam jam. Bolt tersebut diketatkan dengan pantas dan daya mula terhasil (ketika $t = 0$ h) ialah 1 kN.

- (i). Estimate the strain in the bolt.

Anggarkan terikan pada bolt tersebut.

(4 marks/markah)

- (ii). Estimate the force remaining after 24 hours.

Anggarkan daya selepas 24 jam.

(4 marks/markah)

- (iii). If the rigid plates are to be used outdoors in Indiana, estimate the forces in the bolt after 24 hours in summer ($T = 35^{\circ}\text{C}$) and winter ($T = -35^{\circ}\text{C}$). Assume $\Delta H = 150 \text{ kJ mol}^{-1}$ and that the above equation applies at 0°C . Given the gas constant $R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Sekiranya plat tegar tersebut digunakan di Indiana, anggarkan daya dalam bolt selepas 24 jam di musim panas ($T = 35^{\circ}\text{C}$) dan di musim sejuk ($T = -35^{\circ}\text{C}$). Anggap $\Delta H = 150 \text{ kJ mol}^{-1}$ dan persamaan di atas adalah terpakai pada 0°C . Diberi pemalar gas $R = 8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

(12 marks/markah)

- (7). (a). Does a block rubber obey Hooke's Law in (i) extension? (ii) shear? Justify your answer.

Adakah blok getah mematuhi Undang-undang Hooke dalam (i) lanjutan? (ii) ricih? Jelaskan jawapan anda.

(6 marks/markah)

- (b). With the aid of schematic diagram, discuss in term of microstructure the YIELDING phenomenon on the polyethylene.
Dengan bantuan lakaran gambarajah, bincangkan YIELDING fenomena terhadap polietilena.

(6 marks/markah)

- (c). The stress relaxation behavior of particular polymer is represented by the Maxwell model, with a viscosity $\eta = 600$ MPa.s and an elastic modulus of $E = 20$ MPa. The polymer is exposed to a series of step strains: at $t = 0$ s, a step strain of 0.005 is applied. 20 seconds later, a second step strain of 0.1 is applied. Finally, after a total elapsed time $t = 60$ s, a third step strain of 0.01 is applied. Estimate the stress in the polymer at $t = 120$ s.

Kelakuan pengenduran tegasan bagi suatu polimer diwakili oleh Model Maxwell dengan kelikatan $\eta = 600$ MPa. s dan modulus elastik $E = 20$ MPa. Polimer ini dikenakan suatu siri terikan langkah: pada $t = 0$ s, terikan langkah 0.005 dikenakan. Selepas 20 saat, terikan langkah ke-dua 0.1 dikenakan. Akhirnya, selepas seketika iaitu $t = 60$ s, terikan langkah ketiga 0.01 dikenakan. Anggarkan tegasan pada polimer tersebut pada $t = 120$ s.

(8 marks/markah)

-oooOooo-