

Pekeliling Peperiksaan 15/2017  
Peperiksaan Semester Pertama, Sidang Akademik 2017/2018

USM/PTJNC/BPA-PEP/PK01/L03

LAMPIRAN D3



**PENYEMAKAN KERTAS SOALAN PEPERIKSAAN**

*(Proof-reading of Examination Question Paper)*

Untuk kegunaan pejabat Seksyen Peperiksaan & Pengijazahan	
Nombor Sampul	
Tarikh Peperiksaan	
Sesi Peperiksaan	PAGI / PETANG

Gunakan satu proforma untuk satu kertas soalan peperiksaan.

*( Use separate form for each question paper )*

Kepada : Timbalan Pendaftar  
Seksyen Peperiksaan dan Pengijazahan, BPA, Jabatan Pendaftar

**SAYA/KAMI TELAH MENYEMAK SALINAN-SALINAN KERTAS SOALAN PEPERIKSAAN BERTAIP YANG DISEBUTKAN DI BAWAH INI :**

*[ I/We have checked the typed copies of the Examination Paper stated below :*

Kod Kursus : EBP 306/3 Tajuk Kursus : PROPERTIES OF POLYMER  
*(Course Code)* *(Course Title)* MATERIALS ENGINEERING

Jangka Masa Peperiksaan : 3 Jam *(Duration of Examination)* Bilangan Muka Surat Bertaip : 12 Muka Surat *(Number of Typed Pages)* Bilangan Soalan Yang Perlu Dijawab : 5 Soalan *(Number of questions required to be answered)* *(Questions)*

Soalan-soalan dijawab atas : <i>(Questions to be answered in)</i>	BUKU JAWAPAN <i>(Answer Book)</i>	OMR <i>(OMR Form)</i>	JAWAB DALAM KERTAS SOALAN <i>(Answer In Question Paper)</i>
Sila (✓) <i>[Please (✓)]</i>	/		

**DENGAN INI DISAHKAN BAHAWA KERTAS SOALAN PEPERIKSAAN INI ADALAH TERATUR, BETUL DAN SEDIA UNTUK DICETAK.**

*(Certified that this question paper is in order, correct and ready for printing)*

Nama Pemeriksa : KAZAINA B. MAT TAIB Tandatanganan : [Signature] Tarikh : 30/10/2017  
*[Name of Examiner(s)]* *(Signature)* *(Date)*  
• Huruf Besar *(In Block Capitals)*

Tandatanganan dan Cop Rasmi : PROFESOR DR. ZULILAWATI HUSSAIN Tarikh : 16.11.17  
**DEKAN/PENGARAH** *(Date)*  
*(Signature and Official Stamp*  
Dekan  
P. Peng. Kej. Bahan & Sumber Mineral  
Kampus Kejuruteraan  
Universiti Sains Malaysia

**NOTA :** Pemeriksa-pemeriksa yang menyediakan kertas soalan peperiksaan adalah bertanggungjawab atas ketepatan isi kandungan kertas soalan peperiksaan berkenaan.

*(NOTE :* Accuracy of the contents of the question paper is the responsibility of the Examiner(s) who set the question paper)

**SULIT**

---



First Semester Examination  
2017/2018 Academic Session

January 2018

**EBP 306/3 – Properties of Polymer Materials Engineering**  
***[Sifat-sifat Kejuruteraan Bahan Polimer]***

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

---

Please ensure that this examination paper contains TWELVE printed pages before you begin the examination.

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

This paper consists of SEVEN questions. THREE questions from PART A and FOUR questions from PART B.

*[Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan. TIGA soalan di BAHAGIAN A dan EMPAT soalan di BAHAGIAN B.]*

**Instruction:** Answer **FIVE** questions. Answer **ALL** questions from PART A and **TWO** questions from PART B. If a candidate answers more than five questions only the first five questions answered in the answer script would be examined.

**[Arahan:** Jawab **LIMA** soalan. Jawab **SEMUA** soalan dari BAHAGIAN A dan **DUA** soalan dari BAHAGIAN B. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.]

The answers to all questions must start on a new page.

*[Mulakan jawapan anda untuk semua soalan pada muka surat yang baru.]*

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

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

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

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunakan.]*

...2/-

**SULIT**

PART A/ BAHAGIAN A

1. (a). The viscoelastic behavior of a certain plastic is to be represented by spring and dashpot elements having constants of  $2 \text{ GN / m}^2$  and  $90 \text{ GNs / m}^2$  respectively. If a stress of  $12 \text{ MN / m}^2$  is applied for  $100 \text{ s}$  and then completely removed, calculate and compare the values of strain predicted by the Maxwell and Voight-Kelvin models after  $50$  and  $150 \text{ s}$ .

*Kelakuan likat kenyal suatu plastik diwakilkan oleh spring dan daspot dengan pemalar masing-masing ialah  $2 \text{ GN / m}^2$  dan  $90 \text{ GNs / m}^2$ . Jika tegasan  $12 \text{ MN / m}^2$  dikenakan selama  $100 \text{ s}$  dan dialih sepenuhnya, kirakan dan bandingkan nilai terikan yang dianggarkan oleh model Maxwell dan Voight-Kelvin selepas  $50$  dan  $150 \text{ s}$ .*

(50 marks/markah)

- (b). The creep compliance of a thermoplastic at  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  is described by :

*Komplians Krip untuk suatu termoplastik pada  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  boleh diterangkan oleh :*

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

- (i). This material is subjected to the following stress history at  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  :

*Bahan ini dikenakan sejarah tegasan seperti berikut pada  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  :*

$t \leq 0 \text{ s}$	$\sigma = 0 \text{ N / m}^2$
$0 \text{ s} \leq t \leq 1000 \text{ s}$	$\sigma = 1000 \text{ N / m}^2$
$1000 \text{ s} \leq t \leq 2000 \text{ s}$	$\sigma = 1500 \text{ N / m}^2$
$2000 \text{ s} \leq t$	$\sigma = 0 \text{ N / m}^2$

...3/

Calculate the shear strain at 2500 s.

*Kirakan terikan ricih pada 2500 s.*

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

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

(50 marks/markah)

2. (a). A sample of cross-linked poly 1,4-butadiene is found to have a Young's modulus and density of  $0.9\text{ MNm}^{-2}$  and  $975\text{ kgm}^{-3}$ , respectively at  $27^\circ\text{C}$ . Given that the molecular weight between cross-link point is  $5000\text{ g mol}^{-1}$ . Calculate:

*Satu sample poli 1,4 butadiena yang tersambung-silang didapati masing-masing mempunyai modulus Young dan ketumpatan  $0.9\text{ MNm}^{-2}$  and  $975\text{ kgm}^{-3}$ , pada suhu  $27^\circ\text{C}$ . Sekiranya berat molekul antara titik sambung-silang ialah  $5000\text{ g mol}^{-1}$ . Tentukan:*

- (i). molecular weight of the rubber before cross-linking  
*berat molekul getah sebelum sambung-silang*
- (ii). shear modulus of the ideal rubber network  
*modulus ricih bagi rangkaian getah yang ideal*
- (iii). shear modulus of the real rubber network  
*modulus ricih bagi rangkaian getah yang sebenar*

...4/

Explain for any difference between the values obtained in (ii). and (iii).  
*Jelaskan sekiranya terdapat sebarang perbezaan di antara nilai yang diperolehi dari (ii). and (iii).*

A block of the cross-linked rubber, a cube with side dimension of 100 mm, is tested at a temperature of 27 °C. Calculate what is the tension needed to result in a deflection of 4.46mm in the sample?

*Satu ujian telah dijalankan ke atas satu blok getah tersambung-silang yang berukuran 100 mm pada sisi pada suhu 27<sup>o</sup> C. Tentukan berapakah daya tegangan yang diperlukan untuk menghasilkan sesaran sebanyak 4.46 mm ke atas sampel tersebut?*

States clearly any assumption made in your calculation.  
*Nyatakan dengan jelas sebarang anggapan yang dibuat dalam pengiraan anda.*

Given / Diberi:

Gas constant = 8.31 J/mol/K  
*Pemalar gas*

Boltzmann's constant =  $1.38 \times 10^{-23}$  J/K  
*Pemalar Boltzmann's*

Avogadro's number =  $6.023 \times 10^{23}$  /mol  
*Nombor Avogadro's*

(75 marks/markah)

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

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

(25 marks/markah)

...5/

3. (a) With reference to Tables 1 and 2 shown below, write a critical essay on "Microstructure-property relationships of polymers"

*Berpandukan Jadual 1 dan 2 yang diberikan di bawah, tulis secara kritikal satu esei berhubung "Hubungkait di antara mikrostruktur dan sifat bagi polimer".*

Table 1: Physical and mechanical properties of different grades of polyethylene

	LDPE	MDPE	HDPE
$\rho$ ( $\text{gcm}^{-3}$ )	0.91-0.925	0.926-0.94	0.941-0.965
$\chi$ (%)	60-70	70-80	80-95
Branch ( $\text{CH}_3/1000\text{C atoms}$ )	15-30	5-15	1-5
$T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	110-120	120-130	130-136
$E \times 10^8$ ( $\text{Nm}^{-2}$ )	0.97-2.6	1.7-3.8	4.1-12.4
$\sigma_b \times 10^7$ ( $\text{Nm}^{-2}$ )	0.41-1.6	0.83-2.4	2.1-3.8

Jadual 1: Sifat fizikal dan mekanikal bagi pelbagai gred polietilena

	LDPE	MDPE	HDPE
$\rho$ ( $\text{gcm}^{-3}$ )	0.91-0.925	0.926-0.94	0.941-0.965
$\chi$ (%)	60-70	70-80	80-95
Cabang ( $\text{CH}_3/1000\text{C atoms}$ )	15-30	5-15	1-5
$T_m$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	110-120	120-130	130-136
$E \times 10^8$ ( $\text{Nm}^{-2}$ )	0.97-2.6	1.7-3.8	4.1-12.4
$\sigma_b \times 10^7$ ( $\text{Nm}^{-2}$ )	0.41-1.6	0.83-2.4	2.1-3.8

Table 2: Physical and mechanical properties of polypropylene stereoisomers

	Isotactic	Syndiotactic	Atactic
Appearance	Hard solid	Hard solid	Soft rubbery
$T_m$ (°C)	175	131	< 100
$\rho$ (gcm <sup>-3</sup> )	0.90-0.92	0.89-0.91	0.86-0.89
$\sigma_b \times 10^7$ (Nm <sup>-2</sup> )	3.4	-	-
Solubility	Insoluble in most organic solvents	Soluble in ether and aliphatic hydrocarbon	Soluble in common organic solvents
$\chi$ (%)	< 70	-	-
$T_g$ (°C)	0 to -35	-	-11 to -35

Jadual 2: Sifat fizikal dan mekanikal bagi pelbagai stereoisomer polipropilena

	Isotaktik	Sindiotaktik	Ataktik
Penampilan	Pepejal keras	Pepejal keras	Lembut bergetah
$T_m$ (°C)	175	131	< 100
$\rho$ (gcm <sup>-3</sup> )	0.90-0.92	0.89-0.91	0.86-0.89
$\sigma_b \times 10^7$ (Nm <sup>-2</sup> )	3.4	-	-
Keterlarutan	Tak larut dalam kebanyakan pelarut organik	Larut dalam eter dan hidrokarbon alifatik	Larut dalam kebanyakan pelarut organik
$\chi$ (%)	< 70	-	-
$T_g$ (°C)	0 to -35	-	-11 to -35

(60 marks/markah)

- (b). Discuss factors that influence the yielding behavior of polymers.  
Bincangkan faktor yang mempengaruhi kelakuan alah polimer.

(40 marks/markah)

...7/

**PART B/ BAHAGIAN B**

4. (a). During a test on a polymer which is to have its viscoelastic behavior described by the Voight-Kelvin model the following creep data was obtained when a stress of  $2 \text{ MN / m}^2$  was applied to it. The spring constant is  $200 \text{ MN / m}^2$ .

*Semasa ujian dilakukan ke atas suatu polimer didapati kelakuan likat kenyalnya boleh diterangkan oleh model Voight-Kelvin dan data krip yang berikut telah diperolehi apabila bahan tersebut dikenakan tegasan  $2 \text{ MN / m}^2$ . Pemalar spring ialah  $200 \text{ MN / m}^2$*

Time (s)	0	$0.5 \times 10^3$	$1 \times 10^3$	$3 \times 10^3$	$5 \times 10^3$	$7 \times 10^3$	$10 \times 10^3$	$15 \times 10^3$
Masa		$10^3$	$10^3$	$10^3$			$10^3$	$10^3$
Strain	0	$3.1 \times 10^{-3}$	$5.2 \times 10^{-3}$	$8.9 \times 10^{-3}$	$9.75 \times 10^{-3}$	$9.94 \times 10^{-3}$	$9.99 \times 10^{-3}$	$9.99 \times 10^{-3}$
Terikan		$10^{-3}$	$10^{-3}$	$10^{-3}$	$10^{-3}$	$10^{-3}$	$10^{-3}$	$10^{-3}$

Use the above information to determine the relaxation time for the polymer and predict the strain after 1500 s at a stress of  $4.5 \text{ MN / m}^2$ .

*Gunakan maklumat di atas bagi tentukan masa pengenduran bagi polimer tersebut dan anggarkan terikan selepas 1500 s untuk tegasan  $4.5 \text{ MN / m}^2$ .*

(30 marks/markah)

- (b). A master curve for polyisobutylene indicates that stress relaxes to a modulus of  $10 \text{ dyn / cm}^2$  in about 10 h at  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Using the WLF equation:

*Lengkungan induk bagi poliisobutilena menunjukkan tegasan mengendur ke suatu modulus  $10 \text{ dyn / cm}^2$  dalam tempoh 10 jam pada  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Dengan menggunakan persamaan WLF:*

...8/



- (i). Calculate the glass transition temperature ( $T_g$ ) for polyisobutylene. It is given that at  $T_g$ , the modulus is observed at  $2.0 \times 10^{12}$  h.

*Tentukan suhu peralihan kaca ( $T_g$ ) bagi poliisobutilena. Diberikan pada  $T_g$ , modulus tersebut diperhatikan pada  $2.0 \times 10^{12}$  jam.*

- (ii). Estimate the time it will take to reach the same modulus at temperature of  $-20^\circ\text{C}$ .

*Anggarkan masa yang diperlukan bagi mencapai modulus tersebut pada suhu  $-20^\circ\text{C}$ .*

(30 marks/markah)

- (c). A plastic component that follows the Boltzmann superposition principle was subjected to a series of step changes in stress as follows :

An initial constant stress of  $10 \text{ MN / m}^2$  was applied for 1000 s at which time the stress level was increased to a constant level of  $20 \text{ MN / m}^2$ . After a further 1000 s the stress level was decreased to  $5 \text{ MN / m}^2$  which was maintained for 1000 s before the stress was increased to  $25 \text{ MN / m}^2$  for 1000 s after which the stress was completely removed. If the material may be represented by a Maxwell model in which the spring constant  $E = 1 \text{ GN / m}^2$  and the dashpot constant  $\eta = 4000 \text{ GN s / m}^2$ , calculate the strain at 4500 s after the first stress was applied.

*Suatu komponen plastic yang mematuhi prinsip superposisi Boltzmann telah dikenakan tegasan secara berperingkat seperti berikut:*

*Tegasan awal  $10 \text{ MN / m}^2$  dikenakan dan kekal selama 1000 s di mana kemudiannya paras tegasan ditambah menjadi  $20 \text{ MN / m}^2$ . Selepas 1000 s paras tegasan dikurangkan kepada  $5 \text{ MN / m}^2$  dan dikekalkan selama 1000 s. Tegasan kemudiannya ditingkatkan menjadi  $25 \text{ MN / m}^2$  untuk selama 1000 s. Kemudian tegasan dialih sepenuhnya. Jika bahan tersebut boleh diwakilkan oleh model Maxwell di mana pemalar spring  $E = 1 \text{ GN / m}^2$  dan pemalar daspot  $\eta$*

...9/

= 4000 GNs / m<sup>2</sup>, kirakan terikan pada 4500 s selepas tegasan awal dikenakan.

(40 marks/markah)

5. (a). From statistical theory, strain energy  $W$ , of an elastomer can be given as:

*Daripada teori statistik, tenaga terikan  $W$ , bagi satu elastomer dapat di berikan sebagai:*

$$W = \frac{1}{2} G (\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2 - 3)$$

Derive an equation for the stress-strain relationship in uniaxial tension, uniaxial compression and simple shear modes. Discuss the theoretical and experimental behaviors between the three types of modes of deformation.

*Terbitkan persamaan tegasan-terikan bagi mod tegangan unipaksi, mampatan unipaksi dan ricih mudah. Bincangkan hubungkait di antara pemerhatian teori dan eksperimen bagi ketiga-tiga mod canggaan tersebut.*

(50 marks/markah)

- (b). Write short notes on the following topics:

- (i). Thermodynamics of rubber elasticity
- (ii). Network defects and its implication on rubber elasticity

*Tulis nota ringkas tentang topik berikut:*

- (i). *Termodinamik kekenyalan getah*
- (ii). *Kecacatan rangkaian dan implikasi ke atas kekenyalan getah*

(50 marks/markah)

...10/

6. Table 3 shows the data obtained from an instrumented impact test conducted on polypropylene (PP) at 20 °C.

*Jadual 3 menunjukkan data yang diperolehi daripada ujian hentaman terinstrumentasi ke atas polipropilena pada 20°C.*

Table 3: Fracture energy of PP obtained from impact test

*Jadual 3: Tenaga rekahan PP yang di perolehi daripada ujian hentaman.*

Sample <i>Sampel</i>	Fracture energy (mJ) <i>Tenaga rekahan (mJ)</i>	Notch length (mm) <i>Panjang takuk (mm)</i>	$\phi$
1	39.5	2.90	0.380
2	74.1	2.37	0.505
3	77.7	1.85	0.785
4	92.3	1.59	1.675
5	326.0	0.52	2.305

- (a). Calculate the values of fracture toughness under both plane strain and plane stress conditions.

*Tentukan nilai ketahanan rekahan di bawah keadaan terikan satah dan tegasan satah.*

(30 marks/markah)

- (b). Explain why values of fracture parameters obtained under plain strain are of more relevance in designing of polymeric products against failure?

*Jelaskan kenapakah parameter rekahan yang diperolehi di bawah keadaan terikan satah adalah lebih relevan dalam merekabentuk produk polimer terhadap kegagalan?*

(20 marks/markah)

- (c). The fracture toughness values dropped further when the experiment was repeated at  $-40^{\circ}\text{C}$ . Proof quantitatively that the plastic zone effect is affected by the changes in the testing temperature.

*Keliatan rekahan merosot apabila eksperimen diulangi pada suhu  $-40^{\circ}\text{C}$ . Buktikan secara kuantitatif bahawa kesan zon plastik dipengaruhi oleh perubahan suhu ujian.*

(30 marks/markah)

- (d). How the toughness of PP samples can be improved at  $-40^{\circ}\text{C}$ ?  
*Bagaimanakah keliatan sampel PP dapat diperbaiki pada suhu  $-40^{\circ}\text{C}$ ?*

(20 marks/markah)

7. State clearly any assumption made in your calculation.

*Nyatakan dengan jelas sebarang anggapan yang di buat dalam pengiraan anda*

*Given/Diberi:*

Length of sample/ <i>panjang sampel</i>	= 90mm
Width of sample/ <i>lebar sampel</i>	= 6 mm
Thickness of sample/ <i>tebal sampel</i>	= 6 mm
Span length/ <i>panjang span</i>	= 72 mm
Shear modulus at $20^{\circ}\text{C}$ / <i>modulus rich pada <math>20^{\circ}\text{C}</math></i>	= 1.14GPa
Shear modulus at $-60^{\circ}\text{C}$ / <i>modulus ricih pada <math>-60^{\circ}\text{C}</math></i>	= 2.32 GPa
Poisson's ratio/ <i>nisbah poisson</i>	= 0.35
Yield stress at $20^{\circ}\text{C}$ / <i>tegasan alah pada <math>20^{\circ}\text{C}</math></i>	= 54 MPa
Yield stress at $-60^{\circ}\text{C}$ / <i>tegasan alah pada <math>-60^{\circ}\text{C}</math></i>	= 76 MPa

Write short notes on THREE of the following topics:

- (i). Brittle-ductile transitions
- (ii). The application of linear elastic fracture mechanic theory to fatigue behaviour of polymers
- (iii). Crazeing phenomenon in glassy polymers
- (iv). Enviromental stress cracking of polymers

...12/

Tulis nota ringkas tentang TIGA daripada topik berikut:

- (i). *Peralihan rapuh mulur*
- (ii). *Penggunaan teori mekanik rekahan kenyal linear ke atas kelakuan fatig bagi bahan polimer*
- (iii). *Fenomena retak halus dalam polimer berkaca*
- (iv). *Rekahan tegasan persekitaran polimer*

(100 marks/markah)

-oooOooo-