

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
Academic Session 2009/2010

April/Mei 2010

## EBP 307/2 - Polymer Rheology [Reologi Polimer]

Duration : 2 hours  
[Masa : 2 jam]

---

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

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

This paper consists of SIX questions. THREE questions in PART A and THREE questions in PART B.

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

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

**[Arahan:** Jawab **EMPAT** soalan. Jawab **DUA** soalan dari BAHAGIAN A dan **DUA** soalan dari BAHAGIAN B. Jika calon menjawab lebih daripada empat soalan hanya empat 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, the English version shall be used.

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

**PART A****BAHAGIAN A**

1. [a] For the Power Law, prove that

$$\tau = \tau_0 \left( \frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}_0} \right)^n$$

*Bagi Hukum Kuasa, buktikan*

$$\tau = \tau_0 \left( \frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}_0} \right)^n$$

(30 marks/markah)

- [b] Using the Power Law,  $\tau = K\dot{\gamma}^n$  on the following data, determine  $K$  and  $n$ . Consider only 2 decimal points throughout your calculations.

*Dengan menggunakan Hukum Kuasa  $\tau = K\dot{\gamma}^n$  terhadap data berikut, tentukan  $K$  dan  $n$ . Pertimbangkan dua titik perpuluhan dalam pengiraan anda.*

$\tau$ (Nm <sup>-2</sup> )	$\dot{\gamma}$ (s <sup>-1</sup> )
36.5	415
43.4	748
47.1	929
53.6	1360
56.6	1630
61.6	2110
65.3	2360
69.5	2710
74.8	3400

(70 marks/markah)

2. Write short note on the followings:

*Tuliskan nota ringkas bagi yang berikut:*

- (i) The Power Law model

*Model Hukum Kuasa*

(35 marks/markah)

- (ii) The Carreau Model

*Model Carreau*

(35 marks/markah)

- (iii) The modified Cross Model

*Model Cross Terubahsuai*

(30 marks/markah)

3. Derive the expressions for shear stress and shear rate at wall for a Newtonian fluid flow through between TWO wide parallel flat plates. State your assumptions.

*Terbitkan ungkapan bagi tegasan ricih dan kadar ricih pada dinding untuk bendalir Newtonian yang mengalir di antara DUA plat selari yang lebar. Nyatakan anggapan-anggapan anda.*

(100 marks/markah)

**PART B****BAHAGIAN B**

4. [a] Explain the differences between constant shear stress capillary rheometer and constant shear rate capillary rheometer. Use suitable diagrams if necessary.

State additional feature that is required for each capillary rheometer in order to complete their function in studying polymer melt rheological behavior.

*Terangkan perbezaan antara reometer kapilari tegasan ricih malar dan reometer kapilari kadar ricih malar. Gunakan gambarajah yang sesuai jika perlu.*

*Nyatakan ciri tambahan yang diperlukan untuk setiap jenis reometer kapilari bagi melengkapkan fungsi mereka dalam mengkaji sifat reologi leburan polimer.*

(40 marks/markah)

- [b] Calculate the rheological parameters (i.e. shear stress, shear rate and viscosity) if MFI result give a value of 18 g/10min. The MFI test was conducted at 220°C using a standard 2.16 kg load.

Given,

Piston diameter = 1.8 cm

Polymer melt density = 0.83 g/cm<sup>3</sup>

Die diameter = 2.1 mm

L/D ratio of the die = 8

*Kirakan parameter-parameter reologi (iaitu tegasan ricih, kadar ricih dan kelikatan) sekiranya keputusan ujian MFI memberikan nilai 18 g/10min. Ujian MFI tersebut dilaksanakan pada suhu 220°C menggunakan suatu beban piawai seberat 2.16 kg.*

*Diberi,*

*Diameter piston = 1.8 cm*

*Ketumpatan leburan polimer = 0.83 g/cm<sup>3</sup>*

*Diameter dai = 2.1 mm*

*Nisbah L/D bagi dai = 8*

(60 marks/markah)

...5/-

5. [a] Extrudate swell is one type of viscoelasticity phenomenon that can occur during extrusion process. Elaborate on the reason of its occurrence and implications towards processing procedure. Use appropriate example if necessary.

*Pembengkakan ekstrudat merupakan satu jenis fenomena kelikatkenyalan yang boleh berlaku dalam proses pengekstrudan. Huraikan sebab terjadinya fenomena tersebut dan implikasinya terhadap prosedur pemprosesan. Gunakan contoh yang sesuai jika perlu.*

(40 marks/markah)

- [b] Discuss how polymer compound composition can affect its rheological behaviour. Support your answer by giving appropriate examples.

*Bincangkan bagaimana komposisi sebatian polimer boleh mempengaruhi sifat reologi sebatian tersebut. Berikan contoh-contoh yang sesuai untuk menyokong jawapan anda.*

(60 marks/markah)

6. [a] Describe the implementation of Bagley correction procedure on rheological data obtained from capillary rheometer.

*Jelaskan pelaksanaan prosedur pembedahan Bagley terhadap data reologi yang diperolehi dari reometer kapilari.*

(50 marks/markah)

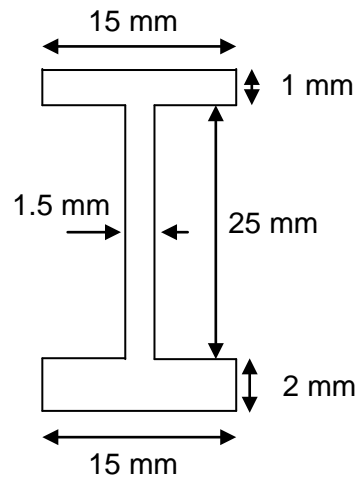
- [b] Your company has been asked to produce an extrudate with the profile shown in Figure 1. Assuming that the die can be considered to be composed of three independent sections,
- (i) **calculate the ratio of the die lengths ( $L_A:L_B:L_C$ )** of each section such that the linear rate of extrusion is the same in all three sections of the die, thus ensuring an undistorted extrudate.
  - (ii) What other factors need to be taken into consideration in design in the die?

The polymer melt can be modelled as a power law fluid which has power law index of 0.33.

*Syarikat anda telah diminta untuk menghasilkan suatu ekstrudat dengan profil yang ditunjukkan dalam Rajah 1. Andaikan bahawa dai yang hendak direkabentuk boleh dibahagikan kepada tiga bahagian yang berasingan,*

- (i) ***kirakan nisbah panjang dai ( $L_A:L_B:L_C$ ) yang diperlukan untuk setiap bahagian supaya suatu kadar pengestrudan linear yang sama diperolehi di dalam ketiga-tiga bahagian yang seterusnya memastikan ekstrudat yang tak-terherot diperolehi.***
- (ii) *Apakah faktor-faktor lain yang perlu diambil kira dalam merekabentuk dai tersebut?*

*Leburan polimer yang digunakan merupakan suatu bendalir hukum kuasa yang mempunyai indeks hukum kuasa bersamaan dengan 0.33.*



**Figure 1 - The required extrudate dimension**

**Rajah 1 - Dimensi ekstrudat yang dikehendaki**

(50 marks/markah)