

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
Academic Session 2005/2006  
*Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2005/2006*

April/Mei 2006

## **EBP 307E/3 - Polymer Rheology** *EBP 307E/3 - Reologi Polimer*

Time : 3 hours  
*Masa : 3 jam*

---

Please make sure that this examination paper consists of TEN printed pages before you begin with the exam.

This paper contains SIX questions. THREE questions in SECTION A and THREE questions in SECTION B.

Answer FIVE questions. Answer TWO question from SECTION A, TWO question from SECTION B and ONE question from any sections. If a candidate answer more than five questions, only the first five answered will be examined and awarded marks.

Answer to any question must start on a new page.

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

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

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

*Jawab LIMA soalan. Jawab DUA soalan dari BAHAGIAN A, DUA soalan dari BAHAGIAN B dan SATU soalan dari mana-mana bahagian. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima 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 Inggeris. Walau bagaimanapun, DUA soalan dibenarkan dijawab dalam Bahasa Malaysia.*

...2/-

2. [a] Give the definition for Bingham plastic and prove that  $\dot{\gamma} = \frac{1}{\mu}(\tau - \tau_y)$  when  $\tau \geq \tau_y$ .  $\tau_y$  is a yield stress which must be exceeded to cause the material to flow. Sketch plots of  $\log \tau$  vs.  $\log \dot{\gamma}$  and  $\log \eta$  vs.  $\log \dot{\gamma}$  for a Bingham plastic, showing limiting behavior at low and high  $\dot{\gamma}$ . (20 marks)

- [b] Obtain the expressions for shear stress and shear rate at wall for a power law fluid flow through a pipe. (80 marks)

2. [a] Berikan takrifan untuk 'Bingham plastic' dan buktikan  $\dot{\gamma} = \frac{1}{\mu}(\tau - \tau_y)$  bila  $\tau \geq \tau_y$ .  $\tau_y$  adalah tegasan alah yang perlu diatasi untuk membolehkan bahan tersebut mengalir. Lakarkan plot  $\log \tau$  vs.  $\log \dot{\gamma}$  dan  $\log \eta$  vs.  $\log \dot{\gamma}$  untuk 'Bingham Plastic' dengan menunjukkan kelakuan menghad pada  $\dot{\gamma}$  yang rendah dan tinggi. (20 markah)

- [b] Dapatkan ungkapan bagi tegasan ricih dan kadar ricih pada dinding untuk bendalir hukum kuasa yang mengalir melalui paip. (80 markah)

3. [a] Define rheology. State 3 benefits related to polymer processing that can be obtained from the study of polymer rheology.  
(20 marks)
- [b] Assuming that the flow properties of polymer melts and solutions can be measured over a wide range of shear rates, sketch the flow curves for  $\log \tau$  vs.  $\log \dot{\gamma}$  and  $\log \eta$  vs.  $\log \dot{\gamma}$ . Sketch both curves in the same figure. Based on molecular structure, describe the shear rate dependence of viscosity.  
(40 marks)
- [c] Compare and contrast the four models that could be used to describe the flow behavior of polymer melts and solutions.  
(40 marks)
3. [a] *Takrifkan reologi. Berikan 3 faedah berkaitan pemprosesan polimer yang boleh diperolehi daripada kajian reologi polimer.*  
(20 markah)
- [b] *Dengan andaian sifat-sifat aliran leburan dan larutan polimer boleh diukur dalam julat kadar terikan yang lebar, lakarkan kurva aliran untuk  $\log \tau$  vs.  $\log \dot{\gamma}$  dan  $\log \eta$  vs.  $\log \dot{\gamma}$ . Lakarkan kedua-dua kurva di dalam rajah yang sama. Berdasarkan kepada struktur molekul, terangkan persandaran di antara kelikatan dan kadar ricih.*  
(40 markah)
- [c] *Bandingkan dan bezakan empat model yang boleh digunakan untuk menerangkan kelakuan aliran leburan dan larutan polimer.*  
(40 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 behaviour.

(40 marks)

- [b] What do you understand by Melt Flow Index (MFI) test and rheological behaviour study?

(30 marks)

- [c] Determine the rheological parameters (shear stress, shear rate and viscosity) for the following MFI result:

$$\text{MFI} = 12\text{g}/10\text{min}$$

given;

Test parameter: 3.80 kg/190°C

Die diameter = 2.0 mm

Piston diameter = 1.8 cm

and assume that;

L/D ratio (length-to-diameter ratio) = 4

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

(30 marks)

...7/-

4. [a] Terangkan perbezaan antara reometer kapilari tegasan ricih malar dan reometer kapilari kadar ricih malar. Gunakan gambarajah yang sesuai jika perlu.

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

(40 markah)

- [b] Apakah yang anda fahami tentang ujian Indeks Aliran Leburan (Melt Flow Index - MFI) dan kajian sifat reologi?

(30 markah)

- [c] Tentukan parameter-parameter reologi (iaitu tegasan ricih, kadar ricih dan kelikatan) sekiranya keputusan ujian MFI adalah seperti di bawah:

$$MFI = 12\text{g}/10\text{min.}$$

dan diberi;

$$\text{Parameter ujian: } 3.80 \text{ kg}/190^\circ\text{C}$$

$$\text{Diameter dai} = 2.0 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter piston} = 1.8 \text{ cm}$$

serta anggapkan;

$$\text{Nisbah } L/D \text{ (nisbah panjang:diameter dai)} = 4$$

$$\text{Ketumpatan leburan polimer} = 0.83 \text{ g}/\text{cm}^3$$

(30 markah)

...8/-

5. [a] Discuss the effect of composition factor of a polymer compound on its rheological behaviour. Support your answer by giving appropriate examples.

(60 marks)

- [b] With the help of suitable diagrams, explain what is Superposition Technique and what is the use of this technique in polymer rheological study?

(40 marks)

5. [a] *Bincangkan kesan faktor komposisi suatu sebatian polimer pada sifat reologi sebatian tersebut. Berikan contoh-contoh yang sesuai untuk menyokong jawapan anda.*

(60 markah)

- [b] *Dengan bantuan gambarajah bersesuaian, terangkan apakah itu Teknik Superposisi dan apakah kegunaannya dalam kajian reologi polimer?*

(40 markah)

6. [a] Sketch the torque development diagram with time which is obtained from a torque rheometer for two polymer compounds that are respectively contained 15% and 30%  $\text{CaCO}_3$  filler added after 6 minutes of the mixing sequence. Explain why the compounding process need to be continued (i.e. after filler addition) until a stable torque value is achieved?
- (40 marks)
- [b] Give a description on co-axial cylinder rheometer. List down the advantages and disadvantages of this rheometer.
- (40 marks)
- [c] Give mathematical formulae for the following informations:
- (i) Relationship between extensional rate,  $G$ , with extensional viscosity,  $\eta_e$
  - (ii) Relationship between extensional viscosity,  $\eta_e$ , with zero shear viscosity,  $\eta_o$
- (20 marks)

6. [a] *Lakarkan gambarajah perkembangan tork dengan masa yang diperolehi dari reometer tork untuk dua sebatian polimer yang masing-masing mengandungi 15% dan 30% pengisi  $\text{CaCO}_3$  yang ditambah pada minit ke-6 turutan percampuran. Terangkan mengapa proses penyebatian perlu diteruskan (iaitu selepas penambahan pengisi) sehingga suatu nilai tork yang stabil diperolehi?*

*(40 markah)*

[b] *Berikan penerangan tentang reometer silinder sepaksi. Senaraikan kelebihan dan kelemahan reometer jenis ini.*

*(40 markah)*

[c] *Berikan formula matematik untuk maklumat-maklumat berikut:*

(i) *Hubungan antara kadar pemanjangan,  $G$ , dengan kelikatan pemanjangan,  $\eta_e$*

(ii) *Hubungan antara kelikatan pemanjangan,  $\eta_e$ , dengan kelikatan ricih sifar,  $\eta_o$*

*(20 markah)*

- oooOooo -