

SULIT



Second Semester Examination
2017/2018 Academic Session

May/June 2018

EBP 307/2 – Polymer Rheology
[Reologi Polimer]

Duration : 2 hours
[Masa : 2 jam]

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

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

This paper consists of SIX questions. TWO questions in PART A, TWO questions in PART B and TWO questions in PART C.

[Kertas soalan ini mengandungi ENAM soalan. DUA soalan di BAHAGIAN A, DUA soalan di BAHAGIAN B dan DUA soalan di BAHAGIAN C.]

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

[Arahan: Jawab **EMPAT** soalan. BAHAGIAN A **WAJIB** dijawab. Jawab **SATU** soalan dari BAHAGIAN B dan **SATU** soalan dari BAHAGIAN C. 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 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). Define polymer rheology and explain the importance of polymer rheology in curing process of thermoset and elastomeric materials.

Takrifkan reologi polimer dan terangkan kepentingan reologi semasa proses pematangan bahan termoset dan elastomer.

(30 marks/markah)

- (b). Figure 1 shows rheological properties of Material A. Discuss the effect of viscosity and shear stress with increasing shear rate for Material A and develop a rheological equation for the Material A at steady state.

Rajah 1 menunjukkan sifat reologi bahan A. Bincangkan kesan kelikatan dan tegasan ricih dengan peningkatan kadar ricih untuk Bahan A dan bangukan persamaan reologi untuk Bahan A pada keadaan mantap.

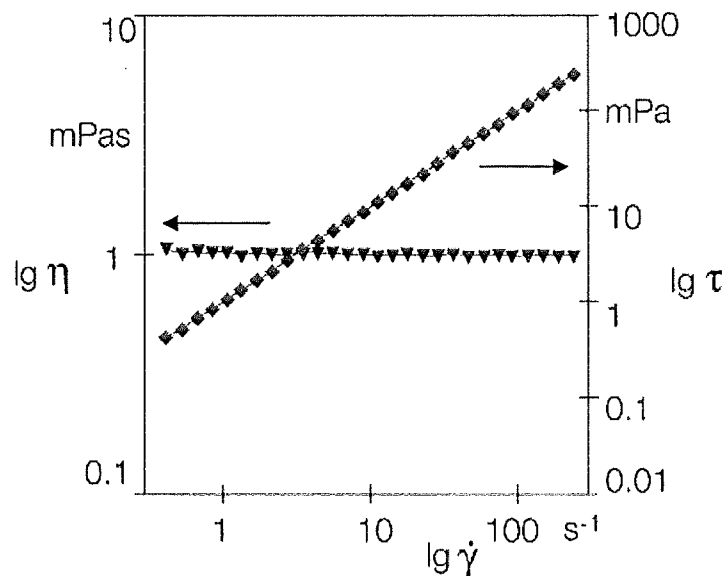


Figure 1 : Rheological properties of Material A

Rajah 1: Sifat-sifat reologi Bahan A

(30 marks/markah)

...3/-

- (c). Most of polymer melts display three characteristic regions of flow properties over a wide range of shear rates as shown in Figure 2. Explain the structural molecular changes for each region.

Kebanyakan leburan polimer mempamerkan tiga ciri kawasan bagi sifat-sifat aliran pada julat tegasan ricih yang besar seperti dalam Rajah 2. Terangkan perubahan struktur molekul bagi setiap kawasan tersebut.

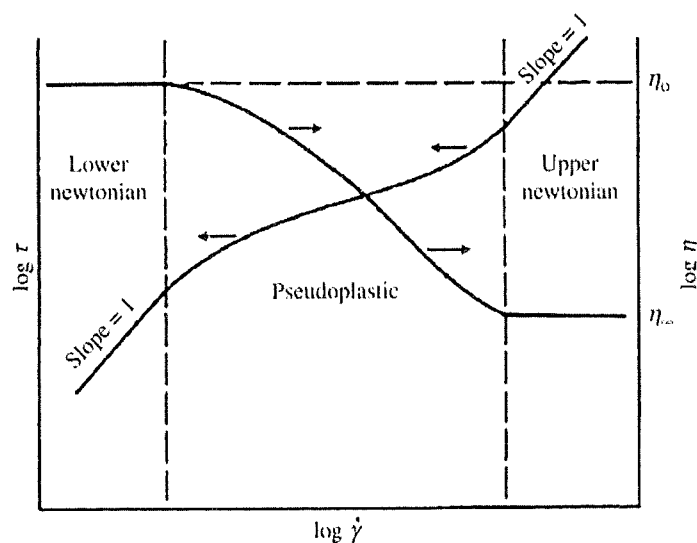


Figure 2 : Generalized flow properties for polymer melts

Rajah 2 : Sifat-sifat aliran umum bagi leburan polimer

(40 marks/markah)

2. (a). Die swell is one of the viscoelastic phenomenon normally found in polymer melt.
- (i). With an aid of a suitable diagram, explain die swell phenomenon.
 - (ii). Explain the reasons for its occurrence.
 - (iii). Suggest a method to reduce die swell

...4/-

Pembengkakan dai adalah salah satu fenomena likat kenyal yang biasanya dijumpai dalam leburan polimer.

- (i). *Berbantukan rajah yang sesuai, terangkan fenomena pembengkakan dai.*
- (ii). *Jelaskan penyebab berlakunya fenomena ini.*
- (iii). *Cadangkan satu cara untuk mengurangkan pembengkakan dai*
(50 marks/markah)

(b). One of the basic problems normally faced during extrusion process of polymer melt is flow instabilities.

- (i). What is flow instabilities and when it normally occurred?
- (ii). Predict the effect of each of the following variables would have on the melt fracture of polymer extrudate :

- Addition of small amount of low molecular weight plastizer
- Reduction of the melt temperature in the die region.
- Reduction of the extrusion line speed

Satu daripada masalah asas yang biasanya dihadapi semasa proses pengekstrudan leburan polimer adalah ketidakstabilan aliran.

- (i). *Apakah ketidakstabilan aliran dan bilakah ia biasanya berlaku?*
- (ii). *Ramalkan kesan setiap perubahan berikut terhadap rekah leburan ekstrudat polimer.*

- *Penambahan sedikit bahan pemplastik berberat molekul rendah*
- *Pengurangan suhu leburan di dalam kawasan dai*
- *Pengurangan kelajuan pengekstrudan*

(50 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

3. (a). Rheological properties of a molten polypropylene is measured using cone and plate rheometer under an oscillation mode. Identify the relationships of shear storage modulus, G' and shear loss modulus, G'' of the molten polypropylene over a range of amplitude and frequency sweep test.

Sifat reologi leburan polipropilena diukur dengan menggunakan reometer kon dan plat di bawah mod ayunan. Tentukan perhubungan modulus penyimpanan ricih, G' dan modulus kehilangan ricih, G'' leburan polipropilena tersebut yang melalui ujian amplitud dan frekuensi pada julat yang tertentu.

(30 marks/markah)

- (b). Discuss the strength and weakness of modeling molten polymers using a power law equation. Suggest a model to rectify the weaknesses of the power law. Give a mathematical equation for the suggested rheological model by detailing out all the parameters available in the equation and explain the flow curve that can be obtained from the equation.

Bincangkan kekuatan dan kelemahan model untuk leburan polimer menggunakan persamaan hukum kuasa. Cadangkan satu model untuk mengatasi kelemahan hukum kuasa. Berikan persamaan matematik untuk model yang dicadangkan, dengan memperincikan semua parameter yang terkandung dalam persamaan tersebut dan terangkan keluk aliran yang boleh diperolehi dari persamaan tersebut.

(40 marks/markah)

- (c). Using the time dependent Carreau Model, determine the viscosity of a molten Polycarbonate that has been subjected to 180°C and 900 s^{-1} shear rate. Data for calculation are given below.

Dengan menggunakan model Carreau berdasarkan masa, tentukan kelikatan leburan Polikarbonat yang telah didedahkan kepada 180°C dan 900 s^{-1} kadar ricih. Data untuk pengiraan diberikan di bawah.

Constant <i>Pemalar</i>	Value <i>Nilai</i>
K_1 (Pa s)	305
K_2 (s)	0.00046
K_3	0.48
K_4 (K)	593
K_5 (K)	426

(30 marks/markah)

4. (a). Briefly discuss the mechanism of gel to sol behaviour and explain the changes of apparent viscosity over a wide range of shear rates.

Bincangkan secara ringkas mekanisme gel ke tingkah laku sol dan terangkan perubahan kelikatan yang jelas pada pelbagai kadar ricih.

(30 marks/markah)

- (b) (i). Figure 3 illustrates an incompressible, Newtonian fluid flowing between two parallel plates. Draw balances of forces and pressure on a fluid element moving between two parallel plates and state general assumptions need to be made to derive quantitative relationships of the shear stress and shear rate for the Newtonian fluid between two parallel plates.

...7/-

Rajah 3 menunjukkan satu bendalir Newtonian yang tidak boleh mampat mengalir di antara dua plat selari. Lukiskan imbangan daya dan tekanan ke atas elemen bendalir yang bergerak di antara dua plat selari dan nyatakan andaian umum yang perlu dibuat untuk memperolehi hubungan kuantitatif tegasan ricih dan kadar ricih bagi bendalir Newtonian di antara dua plat selari.

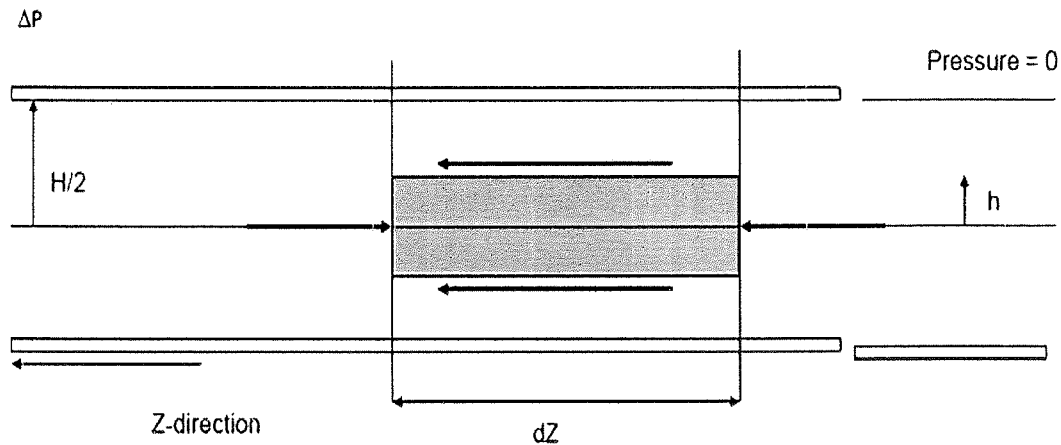


Figure 3: Illustration of Newtonian fluid flowing between two parallel plates.

Rajah 3 : Ilustrasi bendalir Newtonian mengalir di antara dua plat selari.

(20 marks/markah)

- (ii). Derive the expression for shear stress and shear rate at the wall for a Newtonian fluid flowing between two parallel plates.

Terbitkan ungkapan tegasan ricih dan kadar ricih pada dinding bagi suatu bendalir Newtonian yang mengalir di antara dua plat selari

(50 marks/markah)

...8/-

SULIT

PART C / BAHAGIAN C

5. (a). In order to obtain reliable capillary rheometer results, a few correction procedures need to be done. One of the procedures is Bagley correction.
- (i). What error in capillary rheometry does the Bagley correction fix?
 - (ii). When is this error most commonly observed?
 - (iii). If this error is to be corrected what parameters should be varied and how is the correction applied?

Bagi mendapat keputusan reometer kapilari yang memuaskan, beberapa kaedah pembetulan perlu dilakukan. Salah satu daripada kaedah tersebut adalah pembetulan Bagley.

- (i). Apakah ralat reometer kapilari yang dapat dibetulkan dengan menggunakan pembetulan Bagley?*
- (ii). Bilakah ralat ini paling biasa diperhatikan?*
- (iii). Sekiranya ralat ini hendak dibetulkan, parameter-parameter apakah yang sepatutnya diperbagaikan dan bagaimanakah pembetulan ini dilakukan?*

(50 marks/markah)

- (b). The viscosity characteristics of a polymer melt are measured using cone and plate rheometer. The angle between cone and plate is 3° and the diameter of the base of the cone is 50 mm. When a torque of 1.2 Nm is applied to the cone, the steady rate of rotation reached is observed to be 0.056 rad/s. Calculate the shear rate, shear stress and viscosity of the sample. (Given 2π rad is 360°).

Ciri-ciri kelikatan leburan polimer diukur menggunakan reometer kon dan plat. Sudut antara kon dan plat adalah 3° dan diameter pangkal kon adalah 50 mm. Apabila tork 1.2 Nm dikenakan ke atas kon, kadar tetap putaran dicapai yang diperhatikan menjadi 0.056 rad/s. Kirakan kadar ricih, tegasan ricih dan kelikatan sampel. (Diberi 2π rad ialah 360°).

(30 marks/markah)

...9/-

SULIT

- (c). Give the differences between cone and plate and parallel plate rheometers. Use suitable diagram if necessary.

Berikan perbezaan-perbezaan antara reometer kon-dan-plat dan reometer plat selari. Gunakan gambarajah yang sesuai sekiranya perlu.

(20 marks/markah)

6. (a). A polymer engineer is selecting a grade of low density polyethylene (LDPE) from two possible grades, A and B. The molecular characteristics of the two polymers are identical except for the molecular weights :

Grade A: $M_n=20,000$ g/mol; $M_w=60,000$ g/mol

Grade B: $M_n=20,000$ g/mol; $M_w=200,000$ g/mol

- (i). Which polymer would have higher Melt Flow Index? Give explanation on your choice.
- (ii). On one graph, sketch the variation of shear viscosity with respect to shear rate for the two polymers. Justify your answer.
- (iii). Identify which polymer would be more suitable for film blowing. Give your reason.

Seorang jurutera polimer sedang memilih gred polietilena berketumpatan rendah (LDPE) dari dua gred yang sesuai, A dan B. Ciri-ciri molekul dua polimer tersebut adalah sama kecuali berat molekul :

Gred A: $M_n=20,000$ g/mol; $M_w=60,000$ g/mol

Gred B: $M_n=20,000$ g/mol; $M_w=200,000$ g/mol

- (i). *Polimer yang manakah akan mempunyai Indeks Aliran Leburan yang lebih tinggi? Beri penjelasan kepada pilihan anda.*
- (ii). *Pada satu graf, lakarkan perubahan kelikatan ricih dengan kadar ricih untuk kedua-dua polimer tersebut. Beri justifikasi untuk jawapan anda.*
- (iii). *Kenalpasti polimer manakah yang lebih sesuai untuk peniupan filem. Berikan alasan anda.*

(40 marks/markah)

...10/-

SULIT

- (b). A polymer melt is extruded through a 2 mm diameter by 18 mm long die. If the flow rate is $80 \text{ cm}^3/\text{min}$ and the viscosity is 90 Pa.s , calculate the shear stress applied to the polymer at the wall and the pressure drop. Assume that the polymer is a Newtonian fluid.

Satu leburan polimer diekstrud melalui dai yang berdiameter 2 mm dan panjang 18 mm. Jika kadar alir adalah $80 \text{ cm}^3/\text{min}$ dan kelikatan adalah 90 Pa.s , kira tegasan ricih yang dikenakan kepada polimer di permukaan dinding dan susutan tekanan. Andaikan polimer tersebut adalah bendalir Newtonian.

(30 marks/markah)

- (c). Torque rheometer is one of the equipments commonly use in rheological study of polymer melt. What is torque rheometer and what assumptions need to be made for rheological measurement using torque rheometer?

Reometer tork adalah salah satu peralatan yang biasa digunakan dalam kajian reologi leburan polimer. Apakah reometer tork dan apakah andaian-andaian yang perlu dibuat untuk pengukuran reologi menggunakan reometer tork?

(30 marks/markah)

-oooOooo-