
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2014/2015 Academic Session

June 2015

EBP 307/2 – Polymer Rheology [Reologi Polimer]

Duration : 2 hours
[Masa : 2 jam]

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

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TIGA BELAS 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. Answer ALL questions from PART A, ONE question from PART B and ONE questions for 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. Jawab SEMUA soalan dari BAHAGIAN A, 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 digunapakai.]

PART A / BAHAGIAN A

1. [a] Define the followings:

Takrifkan yang berikut:

(i) Pseudoplastic fluids

Bendalir 'pseudoplastic'

(ii) Dilatant fluids

Bendalir 'dilatant'

(10 marks/markah)

[b] Describe the two (2) common explanations for pseudoplastic behaviour.

Huraikan dua (2) penjelasan yang biasa bagi kelakuan 'pseudoplastic'.

(20 marks/markah)

- [c] Using the power law, $\tau = m\dot{\gamma}^n$ on the following data, determine m and n . Consider only two decimal points throughout your calculations.

Dengan menggunakan hukum kuasa $\tau = m\dot{\gamma}^n$ terhadap data berikut, tentukan m dan n . Pertimbangkan dua titik perpuluhan dalam pengiraan anda.

τ (Nm ⁻²)	$\dot{\gamma}$ (s ⁻¹)
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

(30 marks/markah)

- [d] Obtain the expression for shear stress at wall for a Newtonian fluid flow through a pipe (Figure 1). State your assumptions.

Dapatkan ungkapan bagi tegasan ricih pada dinding untuk bendalir Newtonian yang mengalir melalui paip (Rajah 1). Nyatakan anggapan anda.

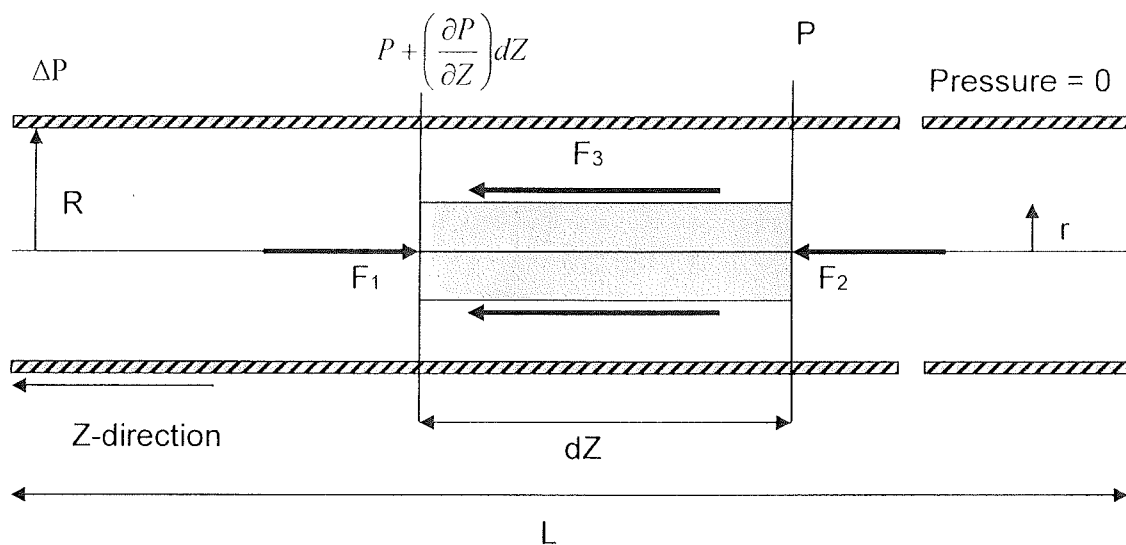


Figure 1. Balances of forces on a fluid element moving along with the flow in a pipe.

Rajah 1. Imbangan daya yang bertindak ke atas unsur bendalir yang bergerak bersama aliran di dalam paip.

(40 marks/markah)

2. [a] One of the basic problems normally faced during extrusion process of polymer melt is flow instabilities.

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

- (i) What is flow instabilities and give an example of flow instabilities normally found in extrusion sample.

Apakah ketidakstabilan aliran dan berikan satu contoh ketidakstabilan aliran yang biasanya didapati pada sampel penyemperitan.

(20 marks/markah)

- (ii) With the aid of a suitable diagram, explain how these phenomena occur.

Dengan bantuan gambarajah yang sesuai, terangkan bagaimana fenomena ini berlaku.

(30 marks/markah)

- [b] Superposition technique is very important in polymer rheological study.

Teknik superposisi adalah sangat penting dalam kajian reologi polimer.

- (i) With the help of suitable diagrams, explain how superposition technique could be implemented?

Dengan bantuan gambarajah yang sesuai, terangkan bagaimana teknik superposisi boleh dilaksanakan?

(30 marks/markah)

- (ii) Explain the importance of this technique in polymer rheological study.

Terangkan kepentingan teknik ini dalam kajian reologi polimer.

(20 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

3. [a] Define the followings:
- (i) Thixotropy fluids
 - (ii) Rheopexy fluids

Takrifkan yang berikut:

- (i) Bendalir 'thixotropy'
- (ii) Bendalir 'rheopexy'

(10 marks/markah)

- [b] Write the power law in the form of $\eta = \eta(\tau)$

Tulis hukum kuasa dalam bentuk berikut: $\eta = \eta(\tau)$

(10 marks/markah)

- [c] Write a short note on the Carreau Model.

Tuliskan nota ringkas tentang model Carreau.

(20 marks/markah)

- [d] Obtain the expression for shear rate at wall for a power-law fluid flow through between two (2) wide parallel plates (Figure 2). State your assumptions.

Dapatkan ungkapan bagi kadar ricih pada dinding untuk bendalir hukum kuasa yang mengalir di antara dua (2) plat yang lebar (Rajah 2). Nyatakan anggapan anda.

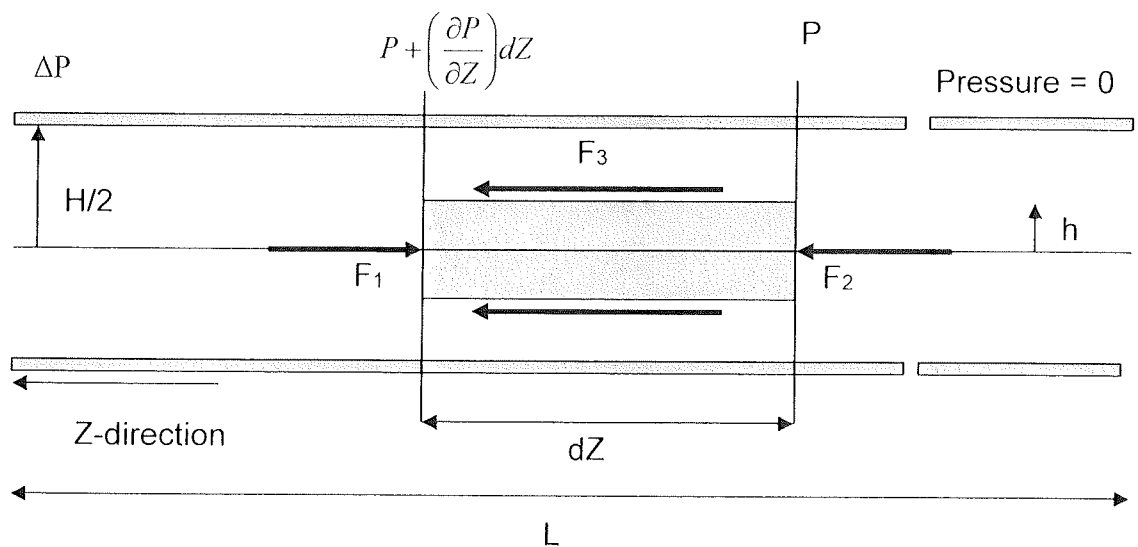


Figure 2. Balances of forces on a fluid element moving along with the flow through between 2 wide parallel plates.

Rajah 2. Imbangan daya yang bertindak ke atas unsur bendalir yang bergerak bersama aliran di antara dua (2) plat yang lebar.

(60 marks/markah)

4. [a] Define the followings:
- (i) Time-dependent fluids
 - (ii) Time-independent fluids

Takrifkan yang berikut:

- (i) *Bendalir bersandarkan masa*
- (ii) *Bendalir tak bersandarkan masa*

(10 marks/markah)

- [b] The flow properties of polymer melts could not be determined at very high shear rates. Why?

Sifat-sifat aliran bagi leburan polimer tidak dapat ditentukan pada kadar ricih yang tinggi. Kenapa?

(10 marks/markah)

- [c] Give definition for Bingham plastic and prove that $\dot{\gamma} = \frac{1}{\mu}(\tau - \tau_y)$ when $\tau \geq \tau_y$. τ_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 $\dot{\gamma}$.

Berikan takrifan untuk 'Bingham plastic' dan buktikan $\dot{\gamma} = \frac{1}{\mu}(\tau - \tau_y)$ bila

$\tau \geq \tau_y$. τ_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.

(30 marks/markah)

- [d] Describe the common explanation for dilatant behaviour.

Huraikan penjelasan yang biasa bagi kelakuan 'dilatant'.

(10 marks/markah)

- [e] Obtain the expression for shear stress at wall for a Newtonian fluid flow through two (2) wide parallel plates (Figure 2). State your assumptions.

Dapatkan ungkapan bagi tegasan ricih pada dinding untuk bendalir Newtonian yang mengalir melalui dua (2) plat yang lebar (Rajah 2). Nyatakan anggapan anda.

(40 marks/markah)

PART C / BAHAGIAN C

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

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:

Grade A: $M_n=20,000$ g/mol; $M_w=50,000$ g/mol

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

Gred A: $M_n=20,000$ g/mol; $M_w=50,000$ g/mol

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

- (i) Which polymer would have the higher Melt Flow Index? Give explanation on your choice.

Polimer yang mana akan mempunyai Indeks Aliran Leburan yang lebih tinggi? Beri penjelasan kepada pilihan anda.

(20 marks/markah)

- (ii) On one graph, sketch the variation of shear viscosity with shear rate for the two polymers.

Pada satu graf, lakarkan perubahan kelikatan ricih dengan kadar ricih untuk kedua-dua polimer tersebut.

(10 marks/markah)

- [b] Die swell is one of the viscoelastic phenomenon normally found in polymer melt. Illustrate die swell phenomenon and suggest methods that can be used to solve this problem.

Pembengkakan dai adalah salah satu fenomena likat kenyal yang biasanya dijumpai dalam leburan polimer. Gambarkan fenomena pembengkakan dai dan cadangkan kaedah yang boleh digunakan untuk menyelesaikan masalah ini.

(40 marks/markah)

- [c] If an extruder has a die of length 20 mm and diameter 2 mm and the volumetric flow-rate is 20 cm³/min, estimate the shear rate. If the viscosity of the polymer is 100 Pa.s, calculate the pressure drop, ignoring end effects and die slip. Assume that the polymer is Newtonian fluid

Jika sebuah penyemperit yang mempunyai panjang dai 20 mm dan diameter dai 2 mm dan kadar alir isipadu adalah 20 cm³/min, anggarkan kadar ricih. Jika kelikatan polimer adalah 100 Pa.s kirakan kejatuhan tekanan, dengan mengabaikan kesan akhir dan gelinciran dai. Andaikan bahawa polimer adalah bendalir Newtonian.

(30 marks/markah)

6. [a] The viscosity characteristics of a polymer melt are measured using cone and plate rheometer. The angle between cone and plate is 4° and the diameter of the base of the cone is 70 mm. When a torque of 1.4 Nm is applied to the cone, the steady rate of rotation is observed to be 0.06 rad/s. Calculate the shear rate and shear stress 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 4° dan diameter pangkal kon adalah 70 mm. Apabila tork 1.4 Nm dikenakan ke atas kon, kadar tetap putaran yang diperhatikan adalah 0.06 rad/s. Kira kadar ricih dan tegasan ricih sampel. (Diberi 2π rad adalah 360°).

(30 marks/markah)

- [b] Torque rheometer is one of the equipments commonly use in rheological study of polymer melt. What is torque rheometer and what assumption need to be made for rheological measurement? Explain the advantages of torque rheometer.

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

(50 marks/markah)

- [c] In order to obtain a valid extrudate swell measurement, a few techniques could be done. Suggest techniques that can be used to eliminate error for the measurement.

Bagi memperolehi keputusan pengukuran pembengkakan ekstrudat yang sah, beberapa teknik boleh dijalankan. Cadangkan teknik-teknik yang boleh digunakan untuk mengurangkan kesilapan pengukuran.

(20 marks/markah)