

SULIT



Second Semester Examination
2022/2023 Academic Session

July/August 2023

**EBP 207 – Fluid Dynamic and Transport Phenomena in
Polymers**
***[Dinamik Bendalir dan Fenomena Pengangkutan Dalam
Polimer]***

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of THIRTEEN (13) pages of printed material before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TIGA BELAS (13) muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

Instructions : Answer **FIVE (5)** questions. Answer THREE (3) questions from Part A and TWO (2) questions from PART B. All questions carry the same marks.

[Arahan] : Jawab **LIMA (5)** soalan. Jawab TIGA (3) soalan daripada BAHAGIAN A dan DUA (2) soalan daripada BAHAGIAN B. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama.]

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

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

...2/-

SULIT

PART A / BAHAGIAN A

- (1). (a). Mechanic is the oldest physical science that deals with both stationary and moving bodies under the influence of forces. Explain what is fluid mechanics? Can it be referred as fluid dynamics?

Mekanik ialah sains fizikal tertua yang berkaitan dengan kedua-dua jasad pegun dan bergerak di bawah pengaruh daya. Terangkan apakah mekanik bendalir? Bolehkah ia dirujuk sebagai dinamik bendalir.

(4 marks/markah)

- (b). Energy can exist in numerous forms such as thermal and mechanical. Identify the difference between the macroscopic and microscopic forms of energy. Also, list the form of energy that contribute to macroscopic and microscopic forms.

Tenaga boleh wujud dalam pelbagai bentuk seperti haba dan mekanikal. Kenal pastikan perbezaan antara bentuk tenaga makroskopik dan mikroskopik. Juga, senaraikan bentuk tenaga yang menyumbang kepada bentuk makroskopik dan mikroskopik.

(4 marks/markah)

- (c). **Figure 1** shows a solid silicone body is standing in water vertically while being completely submerged. Determine the difference between the pressure acting on the top and the pressure acting on his toes.

...3/-

Rajah 1 menunjukkan pepejal badan silikon berdiri di dalam air secara menegak semasa tenggelam sepenuhnya. Tentukan perbezaan antara tekanan yang bertindak pada bahagian atas dan tekanan yang bertindak pada jari kakinya.

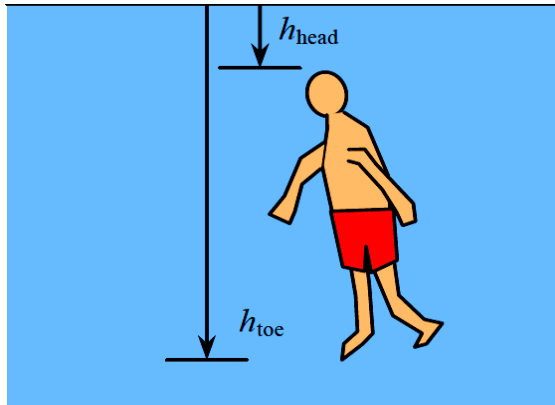


Figure 1: Suspended silicone body in the water

Rajah 1: Badan silikon terampai di dalam air

(4 marks/markah)

- (d). Consider a large cubic polymer block floating in seawater. The specific gravities of the block and seawater are 0.92 and 1.025, respectively. If a 25-cm-high portion of the block extends above the surface of the water, determine the height of the block below the surface with suitable free body diagram.

Pertimbangkan bongkah polimer padu yang besar terapung di dalam air laut. Graviti tentu blok dan air laut masing-masing ialah 0.92 dan 1.025. Jika bahagian bongkah setinggi 25 cm memanjang di atas permukaan air, tentukan ketinggian bongkah di bawah permukaan dengan gambarajah badan bebas yang sesuai.

(8 marks/markah)

...4/-

- (2). (a). Define forced flow and how does it differ from natural flow? Is flow caused by winds considered as forced or natural flow?

Takrifkan aliran daya dan bagaimanakah ia berbeza daripada aliran semula jadi? Adakah aliran disebabkan oleh angin secara paksa atau aliran semula jadi?

(4 marks/markah)

- (b). Consider two identical small glass balls dropped into two identical containers, one filled with water and the other with oil. Explain briefly which ball will reach the bottom of the container first?

Pertimbangkan dua bola kaca kecil yang sama dijatuhkan ke dalam dua bekas yang sama, satu diisi dengan air dan satu lagi dengan minyak. Terangkan secara ringkas bola mana yang akan sampai ke bahagian bawah bekas terlebih dahulu?

(4 marks/markah)

- (c). List out **TWO (2)** major assumptions used in the derivation of the Bernoulli equation. Additionally write the forms of energy that are always considered when analyzing a pipe flow problem.

*Senaraikan **DUA (2)** andaian utama yang digunakan dalam terbitan persamaan Bernoulli. Tuliskan bentuk tenaga yang sentiasa dipertimbangkan semasa menganalisis masalah aliran paip.*

(6 marks/markah)

...5/-

- (d). A large tank where the lid is opened to the atmosphere is filled with latex to a height of 5 m from the outlet tap (**Figure 2**). A tap near the bottom of the tank is now opened, and latex flows out from the smooth and rounded outlet. Determine the maximum latex velocity at the outlet with suitable assumption that need to be considered.

*Sebuah tangki besar di mana penutup dibuka ke atmosfera diisi dengan lateks setinggi 5 m dari pili alir keluar (**Rajah 2**). Paip berhampiran bahagian bawah tangki kini dibuka, dan lateks mengalir keluar dari alur keluar yang licin dan bulat. Tentukan halaju lateks maksimum pada alur keluar dengan anggapan bersesuaian yang perlu dipertimbangkan.*

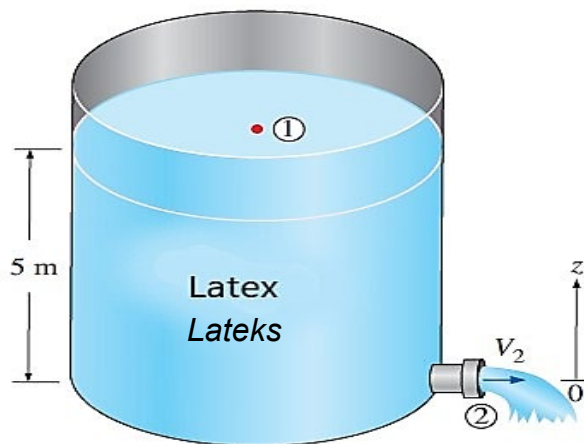


Figure 2: Latex drain out from the tank.

Rajah 2: Pengaliran keluar lateks dari tangki

(6 marks/markah)

...6/-

- (3). (a). **Figure 3** shows a typical injection molding system. By assuming the process of injection is steady flow, the energy balance equation can be established. Describe the energy balance and the mechanism of energy transfer during the process.

Rajah 3 menunjukkan sistem acuan suntikan biasa. Dengan menganggap proses suntikan adalah aliran mantap, persamaan keseimbangan tenaga boleh diwujudkan. Terangkan bagaimana keseimbangan tenaga dan mekanisma pemindahan tenaga terlibat ketika proses tersebut.

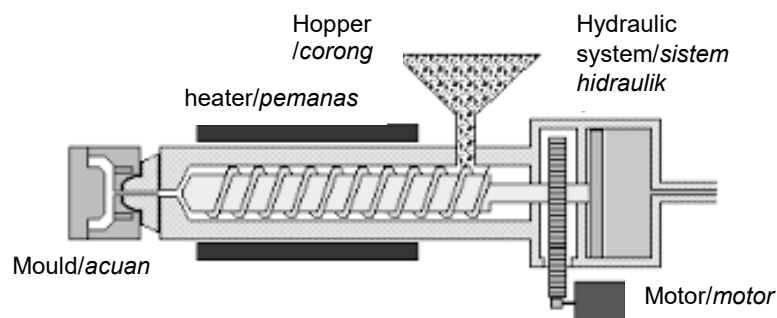


Figure 3:Injection molding system

Rajah 3:Sistem acuan suntikan

(8 marks/markah)

- (b). Define thermal conductivity and explain its significance in heat transfer. What is typical range for thermal conductivity for polymeric material?

Definisikan kekonduksian haba dan jelaskan kepentingannya dalam pemindahan haba. Apakah julat biasa untuk kekonduksian haba bagi bahan polimer?

(6 marks/markah)

...7/-

- (c). **Figure 4** depicts schematic representation of a flat-film extrusion setup. Using the diagram, identify modes of heat transfer activities that occurred in this kind of shaping procedure?

Rajah 4 menggambarkan skematik persediaan penyemperitan filem rata. Dengan merujuk rajah tersebut, kenalpastikan mod aktiviti pemindahan haba yang berlaku dalam prosedur pembentukan jenis ini?

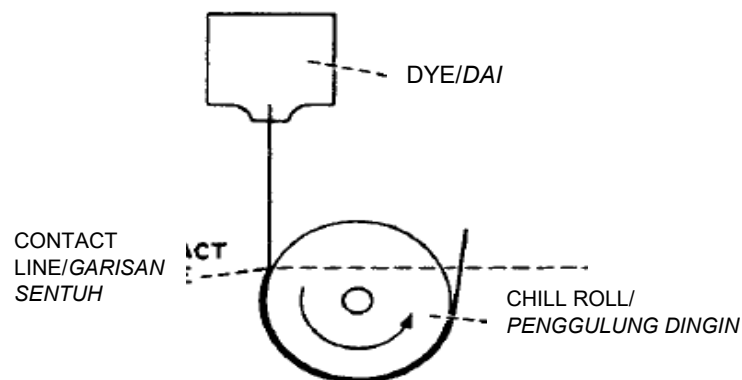


Figure 4:Example of a chill roll system for flat film extrusion setup

Rajah 4:Contoh sistem golekan sejuk untuk persediaan penyemperitan filem rata

(6 marks/markah)

...8/-

- (4). (a). Most free-surface shaping procedures such as fibre spinning, and blow moulding involve elongation or extensional deformation. Besides giving extra heat, the extensional deformation also helps in stabilizing the shape of the product. The following mathematical expression describes the relationship of heat generation during this type of deformation with the deformation rate.

$$p = \eta_E \dot{\epsilon}^2$$

Where p is heat generated, η_E is extensional viscosity and $\dot{\epsilon}$ is extensional rate. How this heat generation assists the shaping process? Please give a short comment on the above statement.

Kebanyakan prosedur pembentukan permukaan bebas seperti pemintalan gentian, dan pengacuan tiupan melibatkan pemanjangan atau ubah bentuk lanjutan. Selain memberikan haba tambahan, ubah bentuk lanjutan juga membantu dalam menstabilkan bentuk produk. Ungkapan matematik berikut menerangkan hubungan penjanaan haba semasa jenis ubah bentuk ini dengan kadar ubah bentuk.

$$p = \eta_E \dot{\epsilon}^2$$

Di mana p ialah haba yang dijana, η_E ialah kelikatan lanjutan dan $\dot{\epsilon}$ ialah kadar lanjutan. Bagaimanakah penjanaan haba ini membantu proses pembentukan? Sila berikan ulasan ringkas tentang kenyataan di atas.

(7 marks/markah)

...9/-

- (b). List and explain factors that could contribute to the complexity in describing heat flow analyses in polymer processing. For each factor, give specific examples to support their existence in actual processing activities.

Senarai dan terangkan faktor-faktor yang boleh menyumbang kepada kesulitan dalam menjelaskan analisa aliran haba dalam pemprosesan polimer. Untuk setiap faktor, berikan contoh-contoh spesifik bagi menyokong kewujudan mereka dalam aktiviti pemprosesan sebenar.

(6 marks/markah)

- (c). A high density polyethylene (HDPE) plate of 10-mm thickness initially at 230°C, is cooled in a mold and the mold surface temperature is 30°C. Given,

Thermal conductivity (k) = 0.25 W m⁻¹K⁻¹

Specific heat (C_p) = 2.3 kJ kg⁻¹ K⁻¹

Melt density (ρ) = 780 kg m⁻³

By using unsteady heat transfer equation for conduction in 1-dimensional direction, determine the dimensionless temperature gradient, θ and Fourier number, F_o. Also, with the aid of the following Fig. 5, calculate the time taken to cool the plate from the initial temperature to reach 90°C at the mid-plane (i.e. b/2 = 5 mm).

Additional equation for dimensionless time (Fourier number):

$$F_o = \frac{\alpha t}{(0.5b)^2}$$

...10/-

Suatu plat polietilena berketumpatan tinggi (HDPE) dengan ketebalan 10 mm, pada asalnya mempunyai suhu 230°, disejukkan dalam acuan dan suhu permukaan acuan tersebut ialah 30°C. Diberi

$$\text{Kekonduktifan terma (k)} = 0.25 \text{ W m}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$\text{Haba spesifik (C}_p\text{)} = 2.3 \text{ kJ kg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

$$\text{Ketumpatan leburan (\rho)} = 780 \text{ kg m}^{-3}$$

Dengan menggunakan persamaan pemindahan haba tak-mantap dalam aliran 1-dimensi, tentukan kecerunan suhu tak-bermatra, θ dan nombor Fourier, F_o . Juga, dengan bantuan Rajah 5 berikut, kirakan masa yang diperlukan untuk menyejukkan plat HDPE tersebut ke suhu 90° di permukaan tengah (iaitu $b/2 = 5 \text{ mm}$).

Persamaan tambahan untuk masa tak-bermatra (nombor Fourier): $F_o = \frac{\alpha t}{(0.5b)^2}$.

(7 marks/markah)

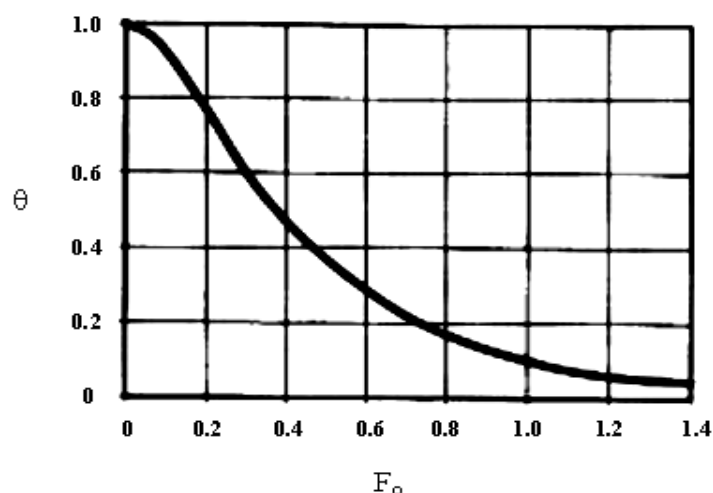


Figure 5 A plot of θ versus F_o

Rajah 5 Plot θ lawan F_o

...11/-

PART B / BAHAGIAN B

- (5). (a). Explain Four factors that affect the rate of diffusion according to Fick's Law.

Terangkan Empat faktor yang mempengaruhi kadar resapan menurut Hukum Fick.

(8 marks/markah)

- (b). Explain permeability in polymers and factors that affect their properties. Provide an example of a polymer with high permeability and its potential applications.

Jelaskan kebolehtelapan dalam polimer dan faktor yang dapat mempengaruhi sifat-sifatnya. Berikan satu contoh polimer yang mempunyai kebolehtelapan yang tinggi dan potensi aplikasinya.

(12 marks/markah)

- (6). (a). **Table 1** shows the thickness of boundary layer between different materials. Which material has a higher rate of diffusion? Explain your answer.

Jadual 1 menunjukkan ketumpatan bahan yang berlainan. Material yang manakah yang mempunyai kadar resapan yang tinggi? Jelaskan jawapan anda.

...12/-

Types of Material/ <i>Jenis Bahan</i>	Boundary layer/ <i>lapisan sempadan</i> (cm)
A	3.87
B	1.26

Table 1: Thickness of boundary layer of different materials**Jadual 1:** Ketebalan lapisan sempadan bahan yang berlainan

(8 marks/markah)

- (b). How can the concentration gradient impact the mass transfer rate? Provide an explanation using relevant scientific principles.

Bagaimana kecerunan kepekatan memberi impak kepada pemindahan jisim? Berikan penjelasan menggunakan prinsip saintifik yang relevan.

(12 marks/markah)

- (7). (a). Describe Fick's law, and how does it relate to the process of diffusion?

Huraikan hukum Fick dan bagaimana ia dikaitkan dengan proses penyebaran?

(8 marks/markah)

...13/-

- (b). Explain how does the pervaporation process work, and what are common applications of this separation technique? Provide a labelled diagram to illustrate the process.

Jelaskan bagaimana proses pemisahan penyejatan wap dan apakah aplikasi biasa daripada Teknik pemisahan ini? Berikan gambarajah yang dilabel untuk menggambarkan proses tersebut.

(12 marks/markah)

—oooOooo —