

SULIT



First Semester Examination
2024/2025 Academic Session

February 2025

EBB433 – Transport Processes
[Proses-Proses Pengangkutan]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of THIRTEEN (13) printed pages and ONE (1) APPENDIX (2 sheets) before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi TIGA BELAS (13) muka surat yang bercetak dan SATU (1) LAMPIRAN (2 helai) sebelum anda memulakan peperiksaan ini].

Instructions : Answer **FIVE (5)** questions. **Part A is COMPULSORY**. Answer **TWO (2)** question from Part B and **TWO (2)** questions from Part C. All questions carry the same marks.

[Arahan] : Jawab **LIMA (5)** soalan. **Bahagian A WAJIB dijawab**. Jawab **DUA (2)** soalan daripada Bahagian B dan **DUA (2)** soalan daripada Bahagian C. 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). The flow in a pipe can be described as a series of concentric cylinders sliding over each other. Derive the equation to calculate the velocity (U_r) of the flow at a point at a distance, r , from the pipe centre when the flow is laminar. Use an appropriate schematic diagram to support your answer.

Aliran dalam paip boleh digambarkan sebagai satu siri silinder sepusat yang menggelongsor antara satu sama lain. Terbitkan persamaan untuk mengira halaju (U_r) aliran pada satu titik pada jarak, r , dari pusat paip apabila aliran adalah laminar. Gunakan gambarajah skema yang sesuai untuk menyokong jawapan anda.

(10 marks/markah)

- (b). Calculate the thermal conductivity of a mixture containing 20 mole % CO_2 and 80 mole % H_2 at 1 atmosphere and 300K.

Kirakan kekonduksian haba untuk campuran yang mempunyai 20 mol % CO_2 dan 80 mol % H_2 1 atmosfera dan 300K

Table 1: Gas properties at 300 K

Jadual 1: Sifat gas pada suhu 300 K

Component	M	μ ($\times 10^5$), Pa.s	K, $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
H_2	2	0.8944	0.1789
CO_2	44	1.506	0.01661

(10 marks/markah)

PART B / BAHAGIAN B

- (2). (a). The pressure of water flowing through a pipe is measured by the arrangement shown in Figure 1. For the values given, calculate the pressure in the pipe.

Tekanan air yang mengalir melalui paip diukur dengan susunan yang ditunjukkan pada Rajah 1. Untuk nilai yang diberikan, hitung tekanan di dalam paip.

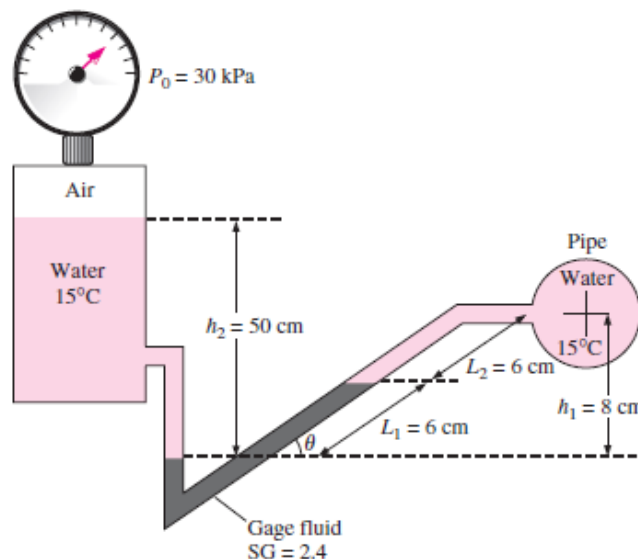


Figure 1 : Arrangement for measuring water pressure in a pipe

Rajah 1 : Susunan untuk mengukur tekanan air di dalam paip

(8 marks/markah)

- (b). What are the characteristics of fully developed flow? Provide a detailed discussion on the development of fully developed flow, supported by an appropriate diagram.

Apakah ciri-ciri aliran dihasilkan sepenuhnya? Sediakan perbincangan terperinci tentang perkembangan aliran dihasilkan sepenuhnya, disokong oleh gambar rajah yang bersesuaian.

(12 marks/markah)

- (3). (a). Bernoulli equation is also known as a statement of the principle of conservation of energy along a streamline. Express the Bernoulli equation by considering pressure, kinetics and potential energy. What are the THREE major assumptions used in the derivation of the Bernoulli equation?

Persamaan Bernoulli juga dikenali sebagai pernyataan prinsip pemuliharaan tenaga sepanjang garis arus. Nyatakan persamaan Bernoulli dengan mempertimbangkan tekanan, kinetik dan tenaga keupayaan. Apakah TIGA andaian utama yang digunakan dalam terbitan persamaan Bernoulli?

(6 marks/markah)

- (b). Water enters a circular tube at a velocity of 20 ms^{-1} . If the pressure drops by 4 kPa after a distance of 2 km, what is the diameter of the tube?

Air memasuki tiub bulat pada halaju 20 ms^{-1} . Jika tekanan turun sebanyak 4 kPa selepas jarak 2 km, apakah diameter tiub itu?

(6 marks/markah)

- (c). Explain why a golf ball has dimples. Discuss the impact of dimples on boundary layer separation and the flow characteristics around the ball. Use an appropriate schematic diagram to support your answer.

Terangkan mengapa bola golf mempunyai lekuk. Bincangkan kesan lekuk pada pemisahan lapisan sempadan dan ciri-ciri aliran di sekeliling bola. Gunakan gambarajah skema yang sesuai untuk menyokong jawapan anda.

(8 marks/markah)

- (4). (a). The 500 kg load on the hydraulic lift shown in Figure 2 is to be raised by pouring oil ($\rho = 780 \text{ kg/m}^3$) into a thin tube. Determine how high (h) should be to raise the load.

Beban 500 kg pada lif hidraulik yang ditunjukkan dalam Rajah 2 perlu dinaikkan dengan menuang minyak ($\rho = 780 \text{ kg/m}^3$) ke dalam tiub nipis. Tentukan berapa tinggi (h) untuk tiub mula menaikkan beban.

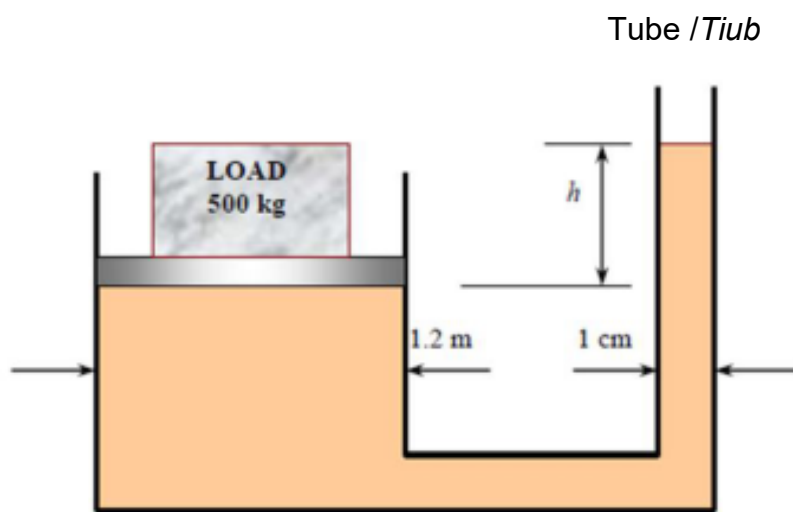


Figure 2 : hydraulic lift

Rajah 2 : Lif hidraulik

(4 marks/markah)

- (b). Consider laminar flow in a circular pipe. Is the wall shear stress, T_w , higher near the inlet of the pipe or near the exit? Support your answer with an appropriate discussion.

Pertimbangkan aliran laminar dalam paip bulat. Adakah tegasan ricih dinding, T_w , lebih tinggi berhampiran salur masuk paip atau berhampiran salur keluar? Sokong jawapan anda dengan perbincangan yang sesuai.

(4 marks/markah)

...6/-

- (c). Consider the combined gravity-Couette drives flow between two parallel plates as depicted below (Figure 3). The lower plate is stationary, while the upper plate moves at constant upward velocity, V_{TOP} . The plates are very long and wide and are separated by a small gap (distance = h). The fluid has viscosity μ and density ρ .

Pertimbangkan gabungan pacuan graviti-Couette mengalir di antara dua plat selari seperti yang digambarkan di bawah (Rajah 3). Plat bawah adalah pegun, sementara plat atas bergerak dengan halaju ke atas yang tetap, V_{TOP} . Plat sangat panjang dan lebar dan dipisahkan oleh suatu jurang kecil (jarak = h). Bendarir tersebut mempunyai kelikatan μ dan ketumpatan ρ .

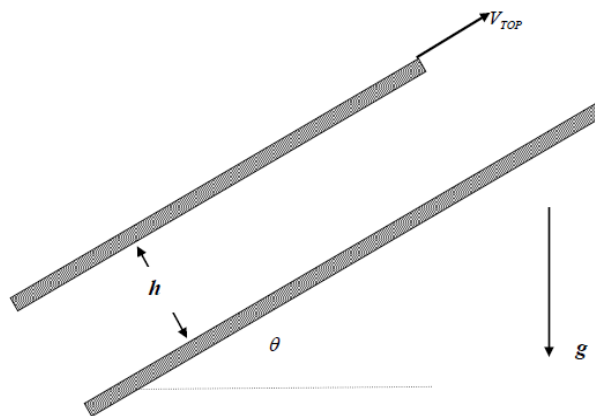


Figure 3 : Combined gravity-Couette drives flow between two parallel plates

Rajah 3 : Gabungan pacuan graviti-Couette mengalir antara dua plat selari

- (i). What assumptions can be made about this flow scenario?
Apakah andaian yang boleh dibuat tentang senario aliran ini?
- (ii). What are the TWO Boundary Conditions for which information is known?
Apakah DUA Syarat Sempadan yang maklumatnya diketahui?
- (iii). Write out the complete, Navier-Stokes equation governing this flow.
Tulis persamaan lengkap, persamaan Navier-Stokes yang mengawal aliran ini.

...7/-

- (iv). Using the assumption, reduce this equation to a second order ordinary differential equation.

Dengan menggunakan andaian tersebut, terbitkan persamaan ini kepada persamaan pembezaan tertib kedua.

- (v). Determine the velocity, V_x using appropriate Boundary Conditions.
Tentukan halaju, V_x , menggunakan Syarat Sempadan yang bersesuaian.

(12 marks/markah)

...8/-

PART C / BAHAGIAN C

(5). (a). Explain the following items;

Terangkan perkara di bawah;

(i). 2D Heat Conduction Equation

Persamaan Konduksi Haba 2D

(ii). Radiative Heat Transfer Coefficient

Pemalar Pemindahan Haba Sinaran

(iii). Thermal Diffusivity

Resapan Termal

(iv) Steady State versus Transient Heat Transfer

Kekonduksian Haba Secara Mantap dan Pada Keadaan Sementara

(10 marks/markah)

(b). Estimate the diffusivity for a dilute aqueous solution of acetic acid at 10.0 °C, using the Wilke-Chang equation below. The density of pure acetic acid

i

s

Anggarkan pembauran untuk larutan cair asid asetik pada suhu 10.0 °C dengan menggunakan persamaan Wilke-Chang di bawah. Ketumpatan asid asetik ialah 0.937 g/cm³ pada tahap pendidihan pemalar $\psi_B = 1.8$ dan berat jisim, MW = 60.05 g/mol. Gunakan persamaan di bawah dan anggarkan kelikatan cair menggunakan Jadual 2.

g

/

c

m

3

$$D_{AB} = 7.4 \times 10^{-8} \frac{\sqrt{\psi_B M_B T}}{\mu \tilde{V}_A^{0.6}}$$

...9/-

SULIT

a

Table 2: Viscosity of Water and Air at 1 atm Pressure

Jadual 2: Kelikatan air dan udara pada 1 atmosfera

Temperature T (°C)	Water (liq.) ^a		Air ^b	
	Viscosity μ (mPa · s)	Kinematic viscosity ν (cm ² /s)	Viscosity μ (mPa · s)	Kinematic viscosity ν (cm ² /s)
0	1.787	0.01787	0.01716	0.1327
20	1.0019	0.010037	0.01813	0.1505
40	0.6530	0.006581	0.01908	0.1692
60	0.4665	0.004744	0.01999	0.1886
80	0.3548	0.003651	0.02087	0.2088
100	0.2821	0.002944	0.02173	0.2298

^a Calculated from the results of R. C. Hardy and R. L. Cottingham, *J. Research Nat. Bur. Standards*, **42**, 573–578 (1949); and J. F. Swidells, J. R. Coe, Jr., and T. B. Godfrey, *J. Research Nat. Bur. Standards*, **48**, 1–31 (1952).

^b Calculated from “Tables of Thermal Properties of Gases,” *National Bureau of Standards Circular 464* (1955), Chapter 2.

(10 marks/markah)

- (6). (a). Calculate the error in absorption rate for gases when the individual error for concentration and diffusion is 7 and 10 % respectively.

Kirakan ralat untuk kadar penyerapan gas apabila ralat kepekatan dan pembauran ialah 7 dan 10 %.

(10 marks/markah)

- (b). In a food processing facility, a spherical container of inner radius, $r_1=30$ cm, outer radius $r_2 = 100$ cm, and thermal conductivity $k = 2.5 \text{ W.m}^{-1}.\text{°C}^{-1}$ is used to store hot water and to keep it at 80°C at all times. To accomplish this, the outer surface of the container is wrapped with a 800-W electric strip heater and then insulated like in Figure 4. The temperature of the inner surface of the container is observed to be nearly 90°C at all times. Assuming 5% of the heat generated in the heater is lost through the insulation, calculate the following heat transport properties below. It is given, the specific heat of water is 4.185 kJ/kg.°C

...10/-

Sebuah kilang pemprosesan makanan menggunakan bekas berbentuk sfera dengan jejari dalam $r_1=30$ cm dan jejari luar $r_2 = 100$ cm yang mempunyai konduktiviti terma $k = 2.5 \text{ W.m}^{-1}.\text{°C}^{-1}$. Bekas itu digunakan untuk menyimpan air panas pada suhu 80°C pada setiap masa. Untuk melakukan perkara tersebut, permukaan luar bekas diselaputi jalur pemanas elektrik dengan kuasa 800-W seperti di Rajah 4. Suhu bahagian dalam bekas itu ialah 90°C . Dengan andaian 5% haba yang terhasil hilang melalui penebat, kirakan sifat terma pengangkutan bekas ini. Diberikan kapasiti haba spesifik; untuk air ialah 4.185 kJ/kg.°C .

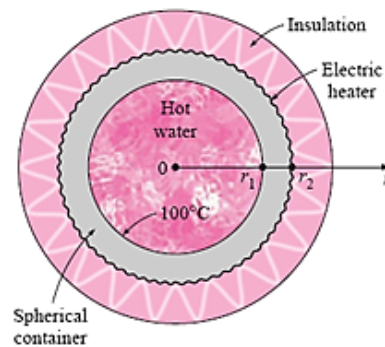


Figure 4: Water pipe with strip heater

Rajah 4 : Jalur Pemanasan pada paip air

- (i) Express the differential equation and boundary conditions for steady one-dimensional heat conduction through the container.

Nyatakan persamaan pembezaan dan keadaan sempadan untuk satu dimensi pengaliran terma pada keadaan mantap melalui bekas tersebut.

(2 marks/markah)

- (ii). Show a relation for the variation of temperature in the container material by solving the differential equation.

Tunjukkan persamaan untuk variasi suhu pada bekas tersebut melalui penyelesaian persamaan pembezaan di atas.

(4 marks/markah)

- (iii). Evaluate the outer-surface temperature of the container. Also determine how much water at 80°C this tank can supply if cold water enters at 20°C.

Nilaikan suhu permukaan bekas tersebut. Tentukan jumlah air yang diperlukan sekiranya suhu air sejuk yang digunakan ialah 20°C untuk mengawal suhu permukaan pada 90°C.

(4 marks/markah)

- (7). (a). Insulating power of a wall is given in Figure 5. The "insulating power" of a wall can be measured by means of the arrangement shown in the figure. One places a plastic panel against the wall. In the panel, two thermocouples are mounted flush with the panel surfaces. The thermal conductivity and thickness of the plastic panel are known. From the measured steady-state temperatures shown in the figure, estimate in SI units the following properties below. It is given 1 Btu = 1055.056 J.

Kekuatan penebatan sebuah dinding diberikan pada Rajah 5. Keupayaan penebat di ukur pada tempat yang di tandakan pada rajah tersebut. Pada tempat ukuran T_2 , panel plastik bersentuhan dinding. Pada panel plastik, dua thermometer dipasang pada permukaan. Keberaliran haba dan ketebalan diketahui untuk panel plastik. Daripada ukuran suhu pada keadaan mantap, anggarkan unit SI sifat-sifat di bawah.

...12/-

- 12 -

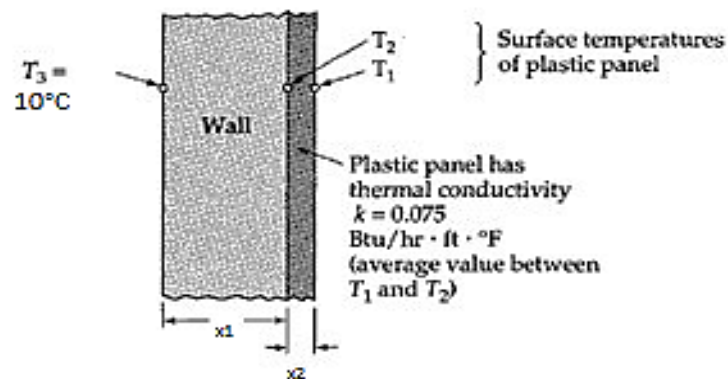


Figure 5: Determination of the thermal resistance of a wall. $T_1 = 50^\circ\text{C}$, $T_2 = 60^\circ\text{C}$, $T_3 = 10^\circ\text{C}$, $x_1 = 3 \text{ cm}$ and $x_2 = 0.25 \text{ cm}$.

Rajah 5: Penentuan rintangan haba pada dinding. $T_1 = 50^\circ\text{C}$, $T_2 = 60^\circ\text{C}$, $T_3 = 10^\circ\text{C}$, $x_1 = 3 \text{ cm}$ dan $x_2 = 0.25 \text{ cm}$.

- (i). The steady-state heat flux through the wall (and panel).

Keadaan mantap flux haba melalui dinding (dan panel).

(5 marks/markah)

- (ii). The "thermal resistance" value.

Nilai "rintangan haba"

(5 marks/markah)

- (b). Predict D_{AB} for chlorine-air mixtures at 100°F and 1 atm. Treat air as a single substance with Lennard-Jones parameters as given in Table 3. Use the Chapman-Enskog theory to solve this problem.

Jangkakan pemalar pembauran D_{AB} untuk campuran klorin-udara pada suhu 100°F dengan tekanan 1 atmosfera. Anggapkan udara sebagai satu bahan dengan parameter Lennard-Jones yang dipaparkan dalam Jadual 3. Gunakan teori Chapman-Enskog untuk menyelesaikan masalah ini.

...13/-

Table 3: Lennard-Jones parameters for Cl₂-Air mixture***Jadual 3: Parameter Lennard-Jones untuk campuran klorin-udara***

Component	M	σ , Angstrom	ϵ/k , K
Cl ₂	70.91	4.115	257
Air	28.97	3.617	117

(10 marks/markah)**-oooOooo-**