
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2006/2007

Oktober – November 2006

EKC 212 – Aliran Bendalir Kejuruteraan Kimia

Masa : 3 jam

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

Arahan: Jawab **TUJUH (7)** soalan. Jawab **SEMUA (4)** soalan dari Bahagian A. Jawab mana-mana **TIGA (3)** soalan dari Bahagian B.

Pelajar boleh menjawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia. Jika pelajar ingin menjawab dalam Bahasa Inggeris, pelajar hendaklah menjawab sekurang-kurangnya SATU soalan dalam Bahasa Malaysia.

Section A : Answer ALL questions.
Bahagian A : Jawab SEMUA soalan.

1. [a] Define viscosity and state the units in which it is measured. Show by applying the principle of dimensional homogeneity that the resistance to motion of a sphere through a viscous fluid is given by

$$R = K\mu dv$$

where μ is the viscosity, d is the diameter of the sphere, v is the velocity and K is a constant.

[6 marks]

- [b] Mercury (Hg) has the following physical properties:

Specific heat: 0.139 J/gK
 Density: 13.55 g/cm³
 Viscosity: 1.554 cP

Convert the above properties into the following unit systems:

- [i] to fps units
 [ii] to SI units
 [iii] to cgs units.

[6 marks]

- [c] A U-tube manometer given in Figure Q. 1.[c] measures the pressure difference between two points A and B in a liquid of density, ρ_1 . The U-tube contains mercury of density ρ_2 . Calculate the difference in pressure if when:

$a = 1.50$ m
 $b = 0.75$ m
 $h = 0.05$ m

if the liquid at A and B is water with $\rho_1 = 1 \times 10^3$ kg/m³ and the specific gravity of mercury is 13.6 such that $\rho_2 = 13.6\rho_1$.

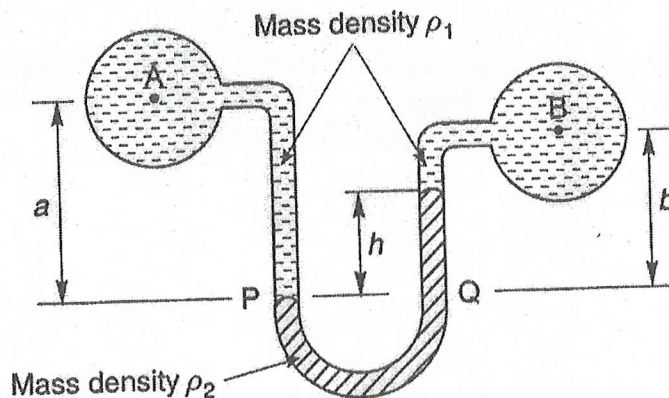


Figure Q. 1 [c]

[6 marks]

...3/-

1. [a] Berikan maksud kelikatan dan nyatakan unit yang digunakan untuk mengukurnya. Tunjukkan dengan menggunakan prinsip dimensi homogeniti di mana rintangan kepada pergerakan sfera melalui bendalir likat diberi oleh

$$R = K\mu d v$$

di mana μ ialah kelikatan, d ialah garis pusat sfera, v ialah halaju dan K ialah suatu pemalar.

[6 markah]

- [b] Merkuri (Hg) mempunyai ciri-ciri fizikal seperti berikut:

Haba tentu: 0.139 J/gK
 Ketumpatan: 13.55 g/sm³
 Kelikatan: 1.554 cP

Tukarkan ciri-ciri di atas kepada sistem unit berikut:

- [i] kepada fps unit
 [ii] kepada SI unit
 [iii] kepada cgs unit

[6 markah]

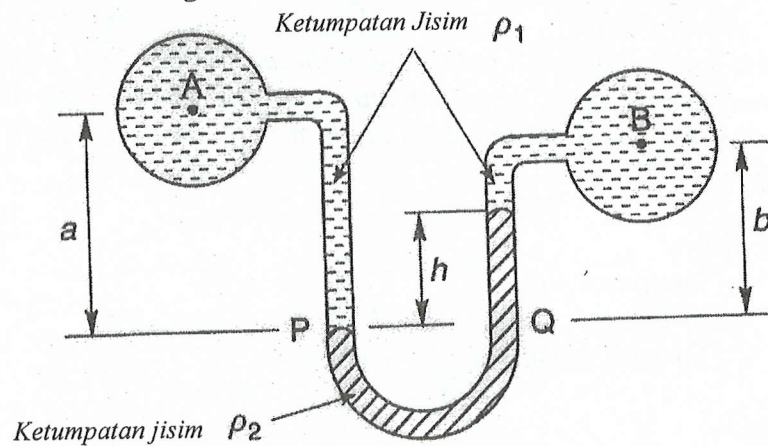
- [c] Suatu manometer tiub-U seperti yang diberikan di dalam Rajah S. 1.[c] digunakan untuk mengukur perbezaan tekanan di antara titik A dan B bagi cecair yang berketumpatan, ρ_1 . Tiub-U tersebut mengandungi merkuri yang berketumpatan ρ_2 . Kira perbezaan tekanan jika:

$$a = 1.50 \text{ m}$$

$$b = 0.75 \text{ m}$$

$$h = 0.05 \text{ m}$$

Jika cecair di titik A dan B adalah air dengan ketumpatan $\rho_1 = 1 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ dan graviti tentu bagi merkuri ialah 13.6 di mana $\rho_2 = 13.6\rho_1$.



Rajah S. 1 [c]

[6 markah]
 ...4/-

2. A fluid X flows in a pipe at 0.656 kg/s. Determine the type of flow of fluid X in the pipe and give your reason.

Given Data:

Length of the pipe	= 10 m
Diameter of the pipe	= 0.45 m
Density of X	= 1.08 kg/m ³
Viscosity of X	= 1.73 x 10 ⁻⁵ kg/m.s
Temperature	= 20°C

[4 marks]

2. Suatu bendalir X mengalir di dalam paip pada 0.656 kg/s. Tentukan jenis aliran bendalir X di dalam paip dan berikan sebab anda.

Data yang diberi:

Panjang paip	= 10 m
Garispusat paip	= 0.45 m
Ketumpatan X	= 1.08 kg/m ³
Kelikatan X	= 1.73 x 10 ⁻⁵ kg/m.s
Suhu	= 20°C

[4 markah]

3. Water flows in 3 different pipes in series, pipe A, pipe B and pipe C. The properties of the pipes are the same but their sizes (diameters) are different. The volumetric flow rate in pipe A is 30 m³/min. Calculate the velocities in pipe A, pipe B and pipe C.

Given data:

Diameter of pipe A	= 6 cm
Diameter of pipe B	= 10 cm
Diameter of pipe C	= 4 cm

Assumption:

No friction loss due to expansion or contraction of the pipe.

[6 marks]

3. Air mengalir di dalam 3 paip yang berbeza secara bersiri: paip A, paip B dan paip C. Sifat-sifat paip adalah sama tetapi saiz (garispusat) paip adalah berbeza. Kadar aliran isipadu dalam paip A ialah 30 m³/min. Kirakan halaju dalam paip A, paip B dan paip C.

Data diberi:

Garispusat paip A	= 6 sm
Garispusat paip B	= 10 sm
Garispusat paip C	= 4 sm

Andaian:

Tiada kehilangan geseran yang disebabkan oleh pengembangan atau pengecutan paip.

[6 markah]

...5/-

4. An energy storage system pumps water from a river at night when demand is low and pumps it to a hilltop reservoir 500 ft above the river. The water is returned through turbines during the daytime to help to meet the peak demand.
- [a] Calculate the pumping power required for two 30-inch pipes, each 2,500 ft long and carrying 20,000 gal/min.
 - [b] How much power can be generated by the turbines using the same total flow rate?
 - [c] What is the overall efficiency of the energy storage system?

Given data:

Efficiency of the pump = 70%
Efficiency of the turbine = 85%
Total friction loss in the pipes = 15 ft of water.

[12 marks]

4. *Suatu sistem simpanan tenaga mengepam air dari sebatang sungai di sebelah malam apabila permintaan adalah rendah dan mengepamnya ke sebuah takungan air di sebuah bukit, 500 kaki dari aras sungai. Air akan disalurkan semula melalui turbin di sebelah siang untuk membantu memenuhi permintaan puncak.*
- [a] *Kirakan kuasa pengepaman yang diperlukan bagi dua paip 30 inci, setiap paip panjangnya ialah 2,500 kaki dan membawa 20,000 gal/min.*
 - [b] *Berapakah kuasa yang boleh dijana oleh turbin dengan menggunakan jumlah kadar aliran yang sama?*
 - [c] *Apakah kecekapan keseluruhan sistem simpanan tenaga tersebut?*

Data yang diberi:

Kecekapan pam = 70%
Kecekapan turbin = 85%
Jumlah kehilangan geseran dalam paip = 15 kaki air.

[12 markah]

Section B : Answer any THREE questions.

Bahagian B : Jawab mana-mana TIGA soalan.

5. Cooling water for a chemical plant must be pumped from a river 2,500 ft from the plant site. The pipe used is 6-in steel pipe and the volumetric flow rate is 600 gal/min.

- [a] Calculate the pressure drop
- [b] Calculate the annual pumping cost
- [c] If an 8-in steel pipe is used, would the reduced power cost can offset the increased pipe cost.

Given: The power cost is 3 cents per kilowatt hour

Use [\$15/ft of length] for the installed cost of 6-in pipe and [\$20/ft of length] for 8-in pipe.

Annual charges are 20% of the installed cost.

[20 marks]

5. Air pendinginan bagi sebuah loji kimia mesti dipam dari sebatang sungai 2,500 kaki dari tapak loji. Paip yang digunakan adalah paip keluli 6 inci dan kadar aliran isipadu ialah 600 gal/min.

- [a] Kirakan kejatuhan tekanan
- [b] Kirakan kos pengepaman tahunan
- [c] Jika paip keluli 8 inci digunakan, adakah pengurangan kos kuasa boleh mengimbangi peningkatan kos paip?

Diberi: Kos kuasa ialah 3 sen per kilowatt jam

Gunakan [\$15/kaki panjang] bagi kos pemasangan paip 6 inci dan [\$20/kaki panjang] bagi paip 8 inci.

Caj tahunan adalah 20% dari kos pemasangan.

[20 markah]

6. [a] Give 3 different types of fluidization processes and 3 different applications of fluidized beds.

[3 marks]

- [b] Particles having a size of 0.10 mm, a shape factor of 0.86 and a density of 1200 kg/m³ are to be fluidized using air at 25°C and 202.65 kPa absolute pressure. The void fraction at minimum fluidizing conditions is 0.43. The bed diameter is 0.60 m and the bed contains 350 kg of solids.

- [i] Calculate the minimum height of the fluidized bed.
- [ii] Calculate the pressure drop at minimum fluidizing conditions.

[7 marks]

...7/-

[c] A disc-turbine agitator having six flat blades and a disc has a diameter of 0.203 m. The agitator is used in a tank having a diameter of 0.610 m and height of 0.610 m. The width W of agitator is 0.0405 m. Four baffles are used having a width of 0.015 m. The turbine operates at 275 rpm in a liquid having a density of 909 kg/m^3 and viscosity of $0.020 \text{ Pa}\cdot\text{s}$.

[i] Calculate the power in kW and power per unit volume in kW/m^3 .

[5 marks]

[ii] Scale-up this system to a vessel having a volume of 100 times the original for the case of equal mass transfer rates.

[5 marks]

6. [a] Berikan 3 jenis proses pembendaliran yang berbeza dan 3 aplikasi lapisan terbendalir.

[3 markah]

[b] Zarah dengan saiz 0.10 mm , faktor bentuk 0.86 dan ketumpatan 1200 kg/m^3 akan dibendalirkan dengan menggunakan udara pada 25°C dan tekanan mutlak 202.65 kPa . Pecahan lompang pada keadaan bendalir minimum ialah 0.43 . Garispusat lapisan ialah 0.60 m dan lapisan mengandungi 350 kg pepejal.

[i] Kirakan tinggi minimum lapisan terbendalir.

[ii] Kirakan kejatuhan tekanan pada keadaan pembedaliran minimum.

[7 markah]

[c] Suatu pengaduk turbin-cakra mempunyai 6 bilah leper dan suatu cakra mempunyai ukuran garispusat 0.203 m dan digunakan di dalam tangki yang bergarispusat 0.610 m dan tinggi 0.610 m . Lebar pengaduk, W adalah 0.0405 m . Empat penghalang yang lebarnya 0.015 m telah digunakan. Turbin beroperasi pada halaju 275 rpm di dalam cecair yang berketumpatan 909 kg/m^3 dan kelikatan $0.020 \text{ Pa}\cdot\text{s}$.

[i] Kirakan kuasa dalam kW dan kuasa per unit isipadu kW/m^3 .

[5 markah]

[ii] Besarkan sistem ini kepada tangki yang berisipadu 100 kali daripada asal untuk kes yang mempunyai kadar pemindahan jisim yang sama.

[5 markah]

...8/-

7. The Bernoulli equation for fluid friction is given by;

$$\frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gZ + h_f = 0$$

where p is the pressure inside a pipe, ρ is the density of the fluid, v represents the velocity of the fluid and g and Z represent the gravitational acceleration and the height of pipe respectively. The term h_f refers to the friction generated per unit mass of fluid and it is given by;

$$dh_f = f \frac{v^2}{2r_H} \cdot dL$$

Show that, for an isothermal flow, the basic equation incorporating the frictional term can be written in the form of

$$p_1^2 - p_2^2 = \frac{G^2 RT}{M} \left[2 \ln \frac{\rho_1}{\rho_2} + f \frac{\Delta L}{r_H} \right]$$

where: p_1 and p_2 are pressure at point 1 and point 2 respectively
 G is the mass velocity,
 R refers to the ideal gas constant,
 r_H represents the hydraulic radius of conduit
 f is the friction of the pipe
 L is the length of pipe

[10 marks]

Butane, with molecular weight of 58 is transported through a 200 mm ID steel pipeline with roughness of 0.046 mm at a rate of 450 std m³/min. The gas enters the line at an absolute pressure of 45 atm. Assume ideal gas and isothermal flow at 30°C. Given that the viscosity of butane is 0.016 cP;

- [a] What is the pressure at 50 km away from the entry?

[2 marks]

- [b] A compressor station is placed at every 50 km to increase the pressure back up to 45 atm absolute. If the compressors are adiabatic with an efficiency of 65%, what is the required power for each compressor?

[4 marks]

- [c] If the compressors in part (b) above are each two-stage, what is the discharge temperature from each stage?

[4 marks]

...9/-

7. *Persamaan Bernoulli untuk geseran bendalir diberikan oleh;*

$$\frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gZ + h_f = 0$$

di mana p adalah tekanan di dalam paip, ρ adalah ketumpatan bendalir, v mewakili halaju bendalir dan g serta Z masing-masing mewakili pecutan graviti dan tinggi paip. Ungkapan h_f menunjukkan geseran yang dihasilkan untuk setiap jisim bendalir dan ia diberikan oleh;

$$dh_f = f \frac{v^2}{2r_H} \cdot dL$$

Tunjukkan untuk aliran isoterma, persamaan asas yang mengambil kira fungsi geseran boleh dinyatakan di dalam bentuk

$$p_1^2 - p_2^2 = \frac{G^2 RT}{M} \left[2 \ln \frac{\rho_1}{\rho_2} + f \frac{\Delta L}{r_H} \right]$$

- di mana: p_1 dan p_2 ialah masing-masing tekanan pada titik 1 dan titik 2
 G ialah halaju jisim,
 R ialah pemalar gas unggul,
 r_H ialah jejari hidrolik pembuluh
 f ialah geseran paip
 L ialah panjang paip*

[10 markah]

Butana dengan jisim molekul 58 dialirkan melalui 200 mm ID paip keluli dengan kekasaran 0.046 mm pada kadar 450 std m³/min. Gas masuk melalui paip pada tekanan mutlak 45 atm. Andaikan gas unggul dan aliran isoterma pada suhu 30°C. Diberi kelikatan butana ialah 0.016 cP;

- [a] *Apakah tekanan pada jarak 50 km dari permukaan aliran?*

[2 markah]

- [b] *Suatu stesen pemampat diletakkan di setiap 50 km untuk meningkatkan tekanan bantuan kepada 45 atm mutlak. Jika kesemua pemampat adalah adiabatik dengan kecekapan 65%, apakah kuasa yang diperlukan untuk setiap pemampat?*

[4 markah]

- [c] *Jika pemampat di dalam bahagian [b] di atas yang setiap satunya dua peringkat, apakah suhu buangan untuk setiap peringkat?*

[4 markah]

...10/-

8. [a] Show with an aid of a diagram how the Bernoulli equation for the flow of a compressible fluid can be expressed as;

$$\frac{\gamma}{\gamma-1} \frac{p}{\rho} + \frac{1}{2} v^2 = \text{constant}$$

State what assumptions have been made.

[5 marks]

- [b] A venturi meter 400 mm diameter at inlet and 125 mm diameter at the throat is used for measuring the flow of air. The pressure and temperature at inlet were 138 kN/m² absolute and 17°C. The pressure in the throat was 117 kN/m² absolute. Calculate the flow in kg/s, assuming that the adiabatic expansion with $\gamma = 1.4$ and that for air $R = 287 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$. The coefficient of discharge for the meter is given as 0.96.

[15 marks]

8. [a] *Tunjukkan dengan bantuan gambarajah bagaimana persamaan Bernoulli untuk aliran bendalir termampat boleh diterbitkan sebagai;*

$$\frac{\gamma}{\gamma-1} \frac{p}{\rho} + \frac{1}{2} v^2 = \text{pemalar}$$

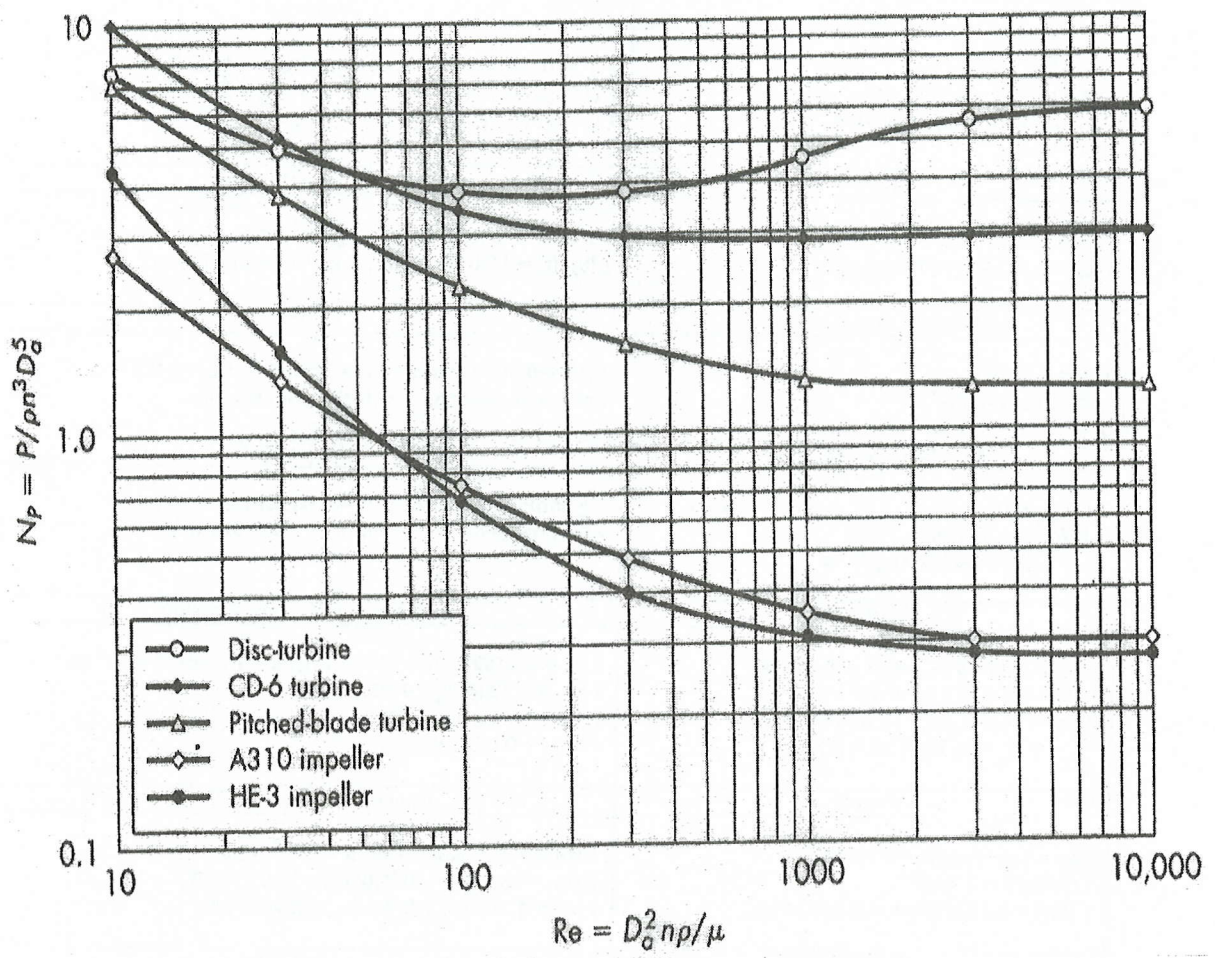
Nyatakan andaian-andaian yang telah dibuat.

[5 markah]

- [b] *Suatu meter venturi yang bergarispusat 400 mm pada salur masuk dan 125 mm bergarispusat pada kerongkongan digunakan untuk mengukur aliran udara. Tekanan dan suhu pada salur masuk adalah masing-masing 138 kN/m² mutlak dan 17°C. Tekanan pada kerongkongan ialah 117 kN/m² mutlak. Kira aliran dalam kg/s dengan menganggap pengembangan adiabatik $\gamma = 1.4$ dan pemalar gas unggul untuk udara $R = 287 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$. Pekali buangan untuk venturi meter diberi sebagai 0.96.*

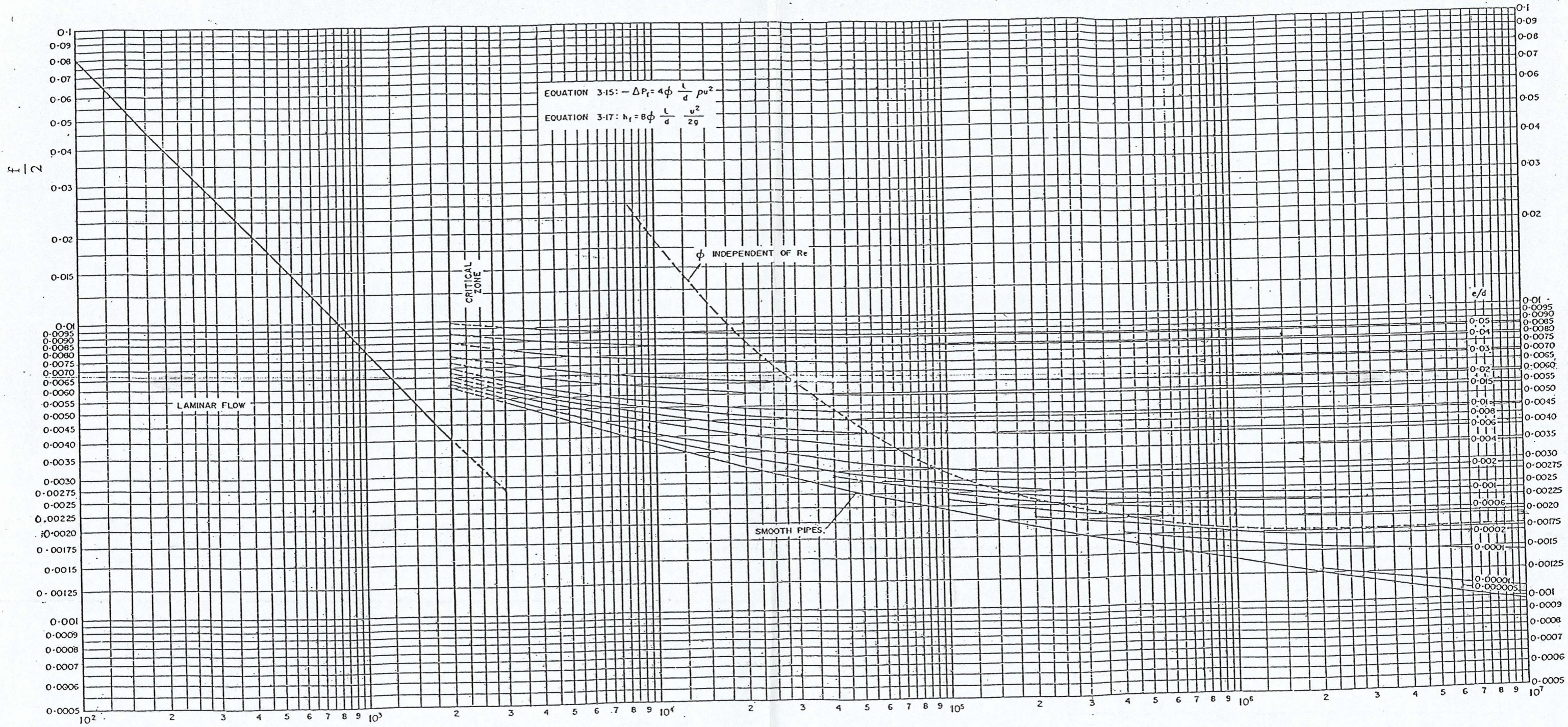
[15 markah]

Lampiran



Common Engineering Conversion Factors

Length	Volume
1 ft = 12 in = 0.3048 m, 1 yard = 3 ft 1 mi = 5280 ft = 1609.344 m 1 nautical mile (nmi) = 6076 ft	1 ft ³ = 0.028317 m ³ = 7.481 gal, 1 bbl = 42 U.S. gal 1 U.S. gal = 231 in ³ = 3.7853 L = 4 qt = 0.833 imp. gal. 1 L = 0.001 m ³ = 0.035315 ft ³ = 0.2642 U.S. gal
Mass	Density
1 slug = 32.174 lb _m = 14.594 kg 1 lb _m = 0.4536 kg = 7000 grains	1 slug/ft ³ = 515.38 kg/m ³ , 1 g/cm ³ = 1000 kg/m ³ 1 lb _m /ft ³ = 16.0185 kg/m ³ , 1 lb _m /in ³ = 27.68 g/cm ³
Acceleration & Area	Velocity
1 ft/s ² = 0.3048 m/s ² 1 ft ² = 0.092903 m ²	1 ft/s = 0.3048 m/s, 1 knot = 1 nmi/h = 1.6878 ft/s 1 mi/h = 1.4666666 ft/s (fps) = 0.44704 m/s
Mass Flow & Mass Flux	Volume Flow
1 slug/s = 14.594 kg/s, 1 lb _m /s = 0.4536 kg/s 1 kg/m ² -s = 0.2046 lb _m /ft ² -s = 0.00636 slug/ft ² -s	1 gal/min = 0.002228 ft ³ /s = 0.06309 L/s 1 million gal/day = 1.5472 ft ³ /s = 0.04381 m ³ /s
Pressure	Force and Surface Tension
1 lb _f /ft ² = 47.88 Pa, 1 torr = 1 mm Hg 1 psi = 144 psf, 1 bar = 10 ⁵ Pa 1 atm = 2116.2 psf = 14.696 psi = 101,325 Pa = 29.9 in. Hg = 33.9 ft H ₂ O	1 lb _f = 4.448222 N = 16 oz, 1 dyne = 1 g-cm/s ² = 10 ⁻⁵ N 1 kg _f = 2.2046 lb _f = 9.80665 N 1 U.S. (short) ton = 2000 lb _f , 1 N = 0.2248 lb _f 1 N/m = 0.0685 lb _f /ft
Power	Energy and Specific Energy
1 hp = 550 (ft-lb _f)/s = 745.7 W 1 (ft-lb _f)/s = 1.3558 W 1 Watt = 3.4123 Btu/h = 0.00134 hp	1 ft-lb _f = 1.35582 J, 1 hp-h = 2544.5 Btu 1 Btu = 252 cal = 1055.056 J = 778.17 ft-lb _f 1 cal = 4.1855 J, 1 ft-lb _f /lb _m = 2.9890 J/kg
Specific Weight	Heat Flux
1 lb _f /ft ³ = 157.09 N/m ³	1 W/m ² = 0.3171 Btu/(h-ft ²)
Viscosity	Kinematic Viscosity
1 slug/(ft-s) = 47.88 kg/(m-s) = 478.8 poise (p) 1 p = 1 g/(cm-s) = 0.1 kg/(m-s) = 0.002088 slug/(ft-s)	1 ft ² /h = 2.506 · 10 ⁻⁵ m ² /s, 1 ft ² /s = 0.092903 m ² /s 1 stoke (st) = 1 cm ² /s = 0.0001 m ² /s = 0.001076 ft ² /s
Temperature Scale Readings	
°F = (9/5)°C + 32 °C = (5/9)(°F - 32) °R = °F + 459.69 °K = °C + 273.16	
Specific Heat or Gas Constant*	Thermal Conductivity*
1 (ft-lb _f)/(slug-°R) = 0.16723 (N-m)/(kg-K) 1 Btu/(lb-°R) = 4186.8 J/(kg-K)	1 cal/(s-cm-°C) = 242 Btu/(h-ft-°R) 1 Btu/(h-ft-°R) = 1.7307 W/(m-K)
* Note that the intervals in absolute (Kelvin) and °C are equal. Also, 1 °R = 1 °F. Latent heat: 1 J/kg = 4.2995 × 10 ⁻⁴ Btu/lb _m = 10.76 lb _f -ft/slug = 0.3345 lb _f -ft/lb _m , 1 Btu/lb _m = 2325.9 J/kg. Heat transfer coefficient: 1 Btu/(h-ft ² -°F) = 5.6782 W/(m ² -°C). Heat generation rate: 1 W/m ³ = 0.09665 Btu/(h-ft ³) Heat transfer per unit length: 1 W/m = 1.0403 Btu/(h-ft) Mass transfer coefficient: 1 m/s = 11.811 ft/h, 1 lbmol/(h-ft ²) = 0.013562 kgmol/(s-m ²)	



EQUATION 3-15: $-\Delta P_f = 4\phi \frac{L}{d} \rho v^2$

EQUATION 3-17: $h_f = 8\phi \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$

ϕ INDEPENDENT OF Re

LAMINAR FLOW

CRITICAL ZONE

SMOOTH PIPES

e/d

REYNOLDS NUMBER $Re = \frac{vd\rho}{\mu}$

Pipe friction chart ϕ versus Re .