
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2010/2011 Academic Session

April/May 2011

IEK 108 – PROCESS FLUID MECHANICS
[MEKANIK BENDALIR PROSES]

Duration: 3 hours
Masa: [3 jam]

Please check that this examination paper consists of FOURTEEN pages of printed material before you begin the examination.

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

Instructions: Answer FIVE questions. You may answer the questions either in Bahasa Malaysia or in English.

Arahan: *Jawab LIMA soalan. Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.]*

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

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

1. (a) Drag force, F_D , depends on fluid density, ρ , bulk velocity of fluid, u , and area impacted by the fluid, A . Find the relationship between these variables using Buckingham's method. (50 marks)
- (b) Using the conditions in (a) and Rayleigh's method, find the $F_D = \varphi(\rho, u, A)$. (50 marks)

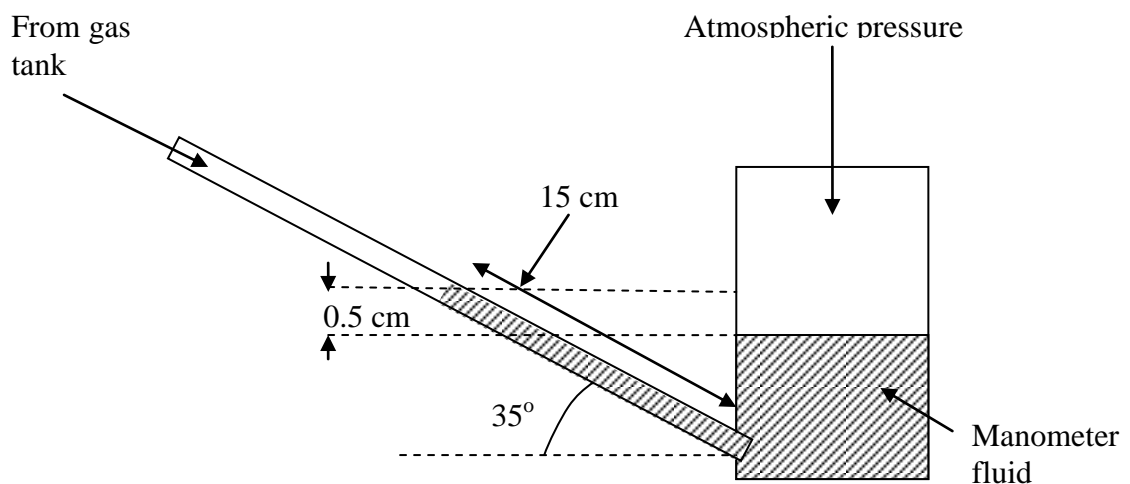


Figure 1 An inclined manometer

2. (a) An inclined manometer is shown in Figure 1.
- What is the density of the manometer fluid if the inclined angle is 35° , the measured length of the fluid in the inclined manometer tube is 15 cm, and the pressure from the gas tank is 100.7 kPa? (20 marks)
 - What is the angle to effectively measure pressure difference of about 1% if the length of the inclined manometer fluid (and the fluid itself) is to remain constant? (20 marks)
 - What are the characteristics of a good manometer fluid? (10 marks)

- (b) i) Define turbulent and laminar flow. (10 marks)
- ii) A flow in a tube is required to be laminar to discourage mixing between internal sublayers of the fluid. What is the maximum necessary speed of fluid required to maintain laminar flow in a tube of diameter, $D = 200$ mm, and kinematic viscosity, $\nu = 5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$? (15 marks)
- iii) The fluid in (ii) later flows in a narrower tube of $D = 150$ mm as shown in Figure 2, what is the new velocity of the fluid in the narrower tube and estimate the transition length of laminar to turbulent flow downstream in the new tube. (25 marks)

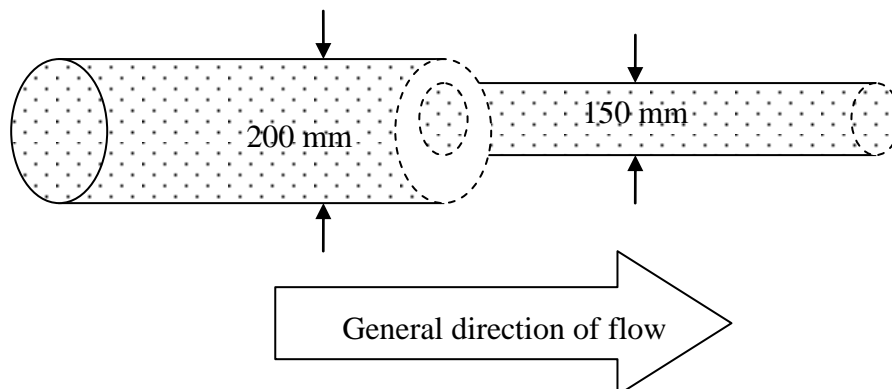


Figure 2 Fluid flowing in two connected tubes of different diameters

3. (a) Wastewater from a 750 m^3 tank flows at 30°C by gravity through a 150 mm steel pipe 1,000 m long that ends 15 m below the bottom of the tank. If the wastewater in the tank is 3.5 m deep, and the flow rate is 14.0 kg/s , what is the total head loss? Assume that the wastewater has the same properties of water. (40 marks)
- (b) Calculate the power required to pump 50 metric tons per hour of an organic liquid along a horizontal steel pipeline 100 mm diameter and 1.6 km long if the liquid has a density of 915 kg/m^3 and a kinematic viscosity of $0.00186 \text{ m}^2/\text{s}$. (60 marks)

4. (a) A sharp-edged orifice having a diameter of 0.057 m is installed in a 0.154 m pipe through which an organic liquid having a density of 878 kg/m³ and a viscosity of 4.1 cP is flowing. The measured pressure difference across the orifice is 93.2 kN/m². Calculate the volumetric flow rate in m³/s. For $Re \geq 2 \times 10^4$, $C_o = 0.61$.

(40 marks)

- (b) Spherical molten drops of 6 mm in diameter are to be sprayed down in a tower 25 m high containing air at 20°C ($\mu = 0.018$ cP). The density of molten drop is 1,330 kg/m³. Assuming free settling, how long would it take for the drops to reach the bottom of the tower? The molecular weight of air is 29. The molar volume of a gas at STP is 22.4 m³/kmol.

$$K = D_p [g\rho(\rho_p - \rho)/\mu^2]^{1/3}$$

$$K < 2.6 \text{ Stokes law: } u_t = gD_p^2(\rho_p - \rho)/18\mu$$

$$68.9 < K < 2360 \text{ Newton's law: } u_t = 1.75[gD_p(\rho_p - \rho)/\rho]^{1/2}$$

(60 marks)

5. Water is pumped to a reservoir open to the atmosphere at 25°C and a flow rate of 0.0065 m³/s by means of a smooth pipe 5.0 cm in diameter. The discharge point of the pipe is 16.5 m above the pump. The equivalent length of straight pipe from the pump to the reservoir is 50 m. If the pump suction is 1.36×10^5 Pa,

- (a) what is the pressure at the discharge side of the pump?
 (b) If the mechanical efficiency of the pump is 70%, what is the power requirement?
 (c) If the cost of electric energy to the motor is 5 cents per kilowatt-hour, what is the daily energy cost for pumping this water?

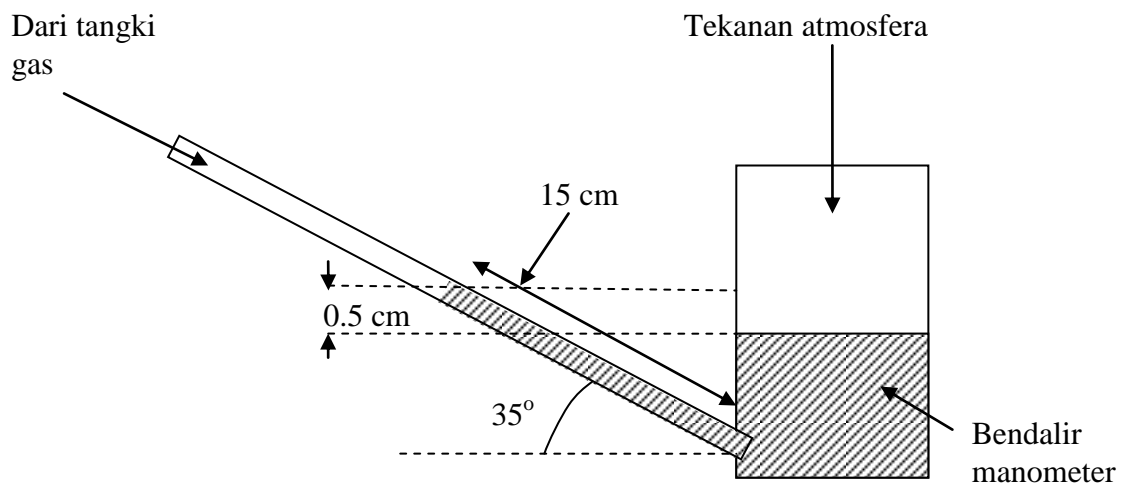
(100 marks)

6. Determine the power required in W for a 0.1 m diameter, 6-blade flat blade turbine agitator rotating at 16 rev/s in a mixing tank. The liquid in the tank has a dynamic viscosity of 0.08 N.s/m² and a liquid density of 900 kg/m³. The mixing system is

- (a) unbaffled;
 (b) baffled.

(100 marks)

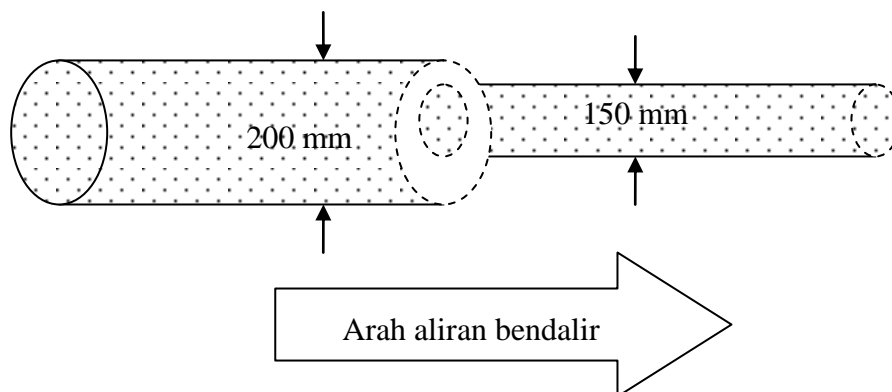
1. (a) Daya rintangan, F_D , dipengaruhi oleh ketumpatan bendalir, ρ , halaju bendalir, u dan luas kawasan yang dilanggar oleh bendalir, A . Dapatkan persamaan yang mengaitkan pembolehubah-pembolehubah di atas menggunakan kaedah Buckingham. (50 markah)
- (b) Dengan menggunakan maklumat di (a) dan kaedah Rayleigh, tentukan $F_D = \varphi(\rho, u, A)$. (50 markah)



Rajah 1 Manometer condong

2. (a) Rajah 1 menunjukkan satu manometer condong.
- i) Apakah ketumpatan bendalir manometer jika sudut tiub condong ialah 35° , panjang bendalir manometer di dalam tiub condong ialah 15 cm dan tekanan dari tangki gas ialah 100.7 kPa? (20 markah)
- ii) Apakah sudut yang sesuai untuk mengukur perbezaan tekanan sekitar 1% jika panjang bendalir di dalam tiub dan juga ketumpatan bendalir manometer tersebut adalah sama? (20 markah)
- iii) Apakah ciri-ciri bendalir manometer yang terbaik? (10 markah)

- (b) i) Berikan definisi aliran turbulen dan laminar. (10 markah)
- ii) Satu aliran di dalam tiub perlu dalam keadaan laminar untuk mengelakkan pencampuran antara lapisan-lapisan bendalir tersebut. Apakah kelajuan maksimum bendalir untuk memastikan aliran dalam keadaan laminar di dalam tiub berdiameter, $D = 200 \text{ mm}$ dan kelikatan kinematik bendalir, $\nu = 5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$? (15 markah)
- iii) Bendalir di (ii) kemudian memasuki tiub yang lebih nipis $D = 150 \text{ mm}$ seperti ditunjukkan dalam Rajah 2, apakah kelajuan bendalir tersebut di dalam tiub baru ini dan anggarkan panjang peralihan aliran laminar ke turbulen. (25 markah)



Rajah 2 Bendalir mengalir di dalam dua tiub bersabung yang mempunyai diameter yang berbeza.

3. (a) Air sisa dari satu tangki yang berisipadu 750 m^3 mengalir pada 30°C secara graviti menerusi satu paip keluli yang berdiameter 150 mm dan panjang $1,000 \text{ m}$. Paip tersebut tamat pada 15 m ke bawah dasar tangki. Jika kedalaman air sisa di dalam tangki tersebut ialah 3.5 m , dan kadar aliran ialah 14.0 kg/s , apakah jumlah kerugian kepala? Anggapkan bahawa air sisa mempunyai sifat air. (40 markah)

- (b) Hitungkan kuasa yang dikehendaki untuk mengepamkan 50 tan metrik sejam suatu cecair organik sepanjang satu paip keluli mendatar yang mempunyai diameter 100 mm dan panjang 1.6 km. Cecair tersebut mempunyai ketumpatan 915 kg/m^3 dan kelikatan kinematik $0.00186 \text{ m}^2/\text{s}$.

(60 markah)

4. (a) Satu orifis pinggir tajam yang mempunyai diameter 0.057 m dipasangkan di dalam satu paip yang berdiameter 0.154 m. Satu cecair organik yang mempunyai ketumpatan 878 kg/m^3 dan kelikatan 4.1 cP mengalir menerusi paip tersebut. Perbezaan tekanan menyeberangi orifis itu ialah 93.2 kN/m^2 . Hitungkan kadar aliran volumetrik dalam unit m^3/s . Untuk $Re \geq 2 \times 10^4$, $C_o = 0.61$.

(40 markah)

- (b) Titisan lebur berbentuk sfera yang mempunyai diameter 6 mm akan disembur di dalam satu menara tingginya 25 m. Udara di dalam menara tersebut adalah pada 20°C ($\mu = 0.018 \text{ cP}$). Ketumpatan titisan lebur itu ialah $1,330 \text{ kg/m}^3$. Anggapkan pemendakan bebas, berapa lamakah titisan akan tiba di dasar menara? Berat molekul untuk udara ialah 29. Isipadu molar bagi satu gas pada STP ialah $22.4 \text{ m}^3/\text{kmol}$.

$$K = D_p [g\rho(\rho_p - \rho)/\mu^2]^{1/3}$$

$$K < 2.6 \text{ Hukum Stokes: } u_t = gD_p^2(\rho_p - \rho)/18\mu$$

$$68.9 < K < 2360 \text{ Hukum Newton: } u_t = 1.75[gD_p(\rho_p - \rho)/\rho]^{1/2}$$

(60 markah)

5. Air dipamkan ke satu takungan yang terbuka kepada atmosfera pada 25°C dan kadar aliran $0.0065 \text{ m}^3/\text{s}$ menerusi satu paip licin yang mempunyai diameter 5.0 cm. Titik discas paip ialah 16.5 m ke atas pam tersebut. Panjang setara paip lurus dari pam ke takungan ialah 50 m. Jika sedutan pam ialah pada tekanan $1.36 \times 10^5 \text{ Pa}$,

- (a) apakah tekanan di discas pam?
 (b) Jika keefisienan mekanik pam itu ialah 70%, apakah kuasa diperlukan?
 (c) Jika kos tenaga elektrik kepada motor ialah 5 sen per kilowatt-jam, apakah kos tenaga sehari untuk mengepamkan air tersebut?

(100 markah)

6. *Tentukan kuasa dikehendaki dalam unit W untuk satu tangki pencampuran dengan satu pengaduk turbin 6-bilah rata yang mempunyai diameter 0.1 m dan berputar pada 16 putaran/s. Cecair di dalam tangki tersebut mempunyai kelikatan dinamik 0.08 N.s/m^2 dan ketumpatan cecair 900 kg/m^3 . Sistem pencampuran ialah*
- (a) tanpa sesekat;*
 - (b) bersesekat.*

(100 markah)