

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Course Examination During Long Vacation  
Academic Session 2008/2009  
*Peperiksaan Kursus Semasa Cuti Panjang  
Sidang Akademik 2008/2009*

June 2009  
*Jun 2009*

**EMH 202/3 – Fluid Dynamics  
Dinamik Bendalir**

Duration : 3 hours  
*Masa : 3 jam*

---

**INSTRUCTIONS TO CANDIDATE:**

**ARAHAN KEPADA CALON :**

Please check that this paper contains **TEN (10)** printed pages, and **SIX (6)** questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEPULUH (10)** mukasurat bercetak dan **ENAM (6)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **FOUR (4)** questions, **TWO** from Section A and **TWO** from Section B.

*Jawab **EMPAT (4)** soalan, **DUA** daripada Bahagian A dan **DUA** dari Bahagian B.*

Answer all questions in **English** OR **Bahasa Malaysia** OR a combination of both.

*Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Malaysia** ATAU **Bahasa Inggeris** ATAU kombinasi kedua-duanya.*

Each question must begin from a new page.

*Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.*

## SECTION A

- Q1. [a] With the aid of a simple graph, describe the types of fluids and their rates of deformation when subjected to increasing shear stress. Define what is meant by viscosity and state its S.I. unit. State two examples for each type of fluids.

*Dengan bantuan gambarajah mudah, terangkan jenis-jenis bendalir dan kadar perubahan bentuk mereka di bawah tegasan ricih yang meningkat. Takrifkan apa yang dimaksudkan dengan kelikatan dan nyatakan unit S.I.-nya. Nyatakan dua contoh bagi setiap jenis bendalir tersebut.*

(30 marks/markah)

- [b] Consider a control volume in a cartesian coordinate in an unsteady flow for an incompressible Newtonian fluid. The general modified Navier-Stokes equation in three dimensional unsteady state in  $y$  direction is given by:

$$\rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) + \rho g_y$$

where  $u$ ,  $v$  and  $w$  are velocities in  $x$ ,  $y$  and  $z$  directions respectively. Clearly show all the five terms with their respective force components acting on the control volume. With the help of a simple illustration, show and label the control volume, subjected to the flow in  $y$  direction. Derive the convective momentum force component in  $y$  direction.

*Pertimbangkan suatu isipadu kawalan di dalam koordinat kartesian dalam aliran tidak mantap bagi suatu bendalir Newtonian tidak boleh mampat. Persamaan am Navier-Stokes terubahsuai tiga dimensi dalam keadaan tidak mantap dari arah  $y$  diberi sebagai:*

$$\rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) + \rho g_y$$

*di mana  $u$ ,  $v$  dan  $w$  adalah halaju-halaju dari arah  $x$ ,  $y$  dan  $z$  masing-masing. Tunjukkan dengan jelas semua lima sebutan dengan jujuk-jujuk daya yang bertindak ke atas isipadu kawalan tersebut. Dengan bantuan ilustrasi mudah, tunjukkan dan labelkan isipadu kawalan tersebut di bawah arus dari arah  $y$ . Terbitkan jujuk daya momentum perolakan dari arah  $y$ .*

(40 marks/markah)

- [c] Give one example each on the application of Navier-Stokes equation in three types of industries. Based upon aerodynamic importance, explain three main components in designing the Formula 1 racing car.

*Berikan setiap satu contoh aplikasi persamaan Navier-Stokes dalam tiga jenis industri. Berdasarkan kepentingan aerodinamik, jelaskan tiga komponen utama dalam merembentuk sebuah kereta lumba Formula 1.*

**(30 marks/markah)**

- Q2. [a] With the aid of a simple sketch, clearly label the main features of the boundary layer formations of a steady state Newtonian fluid as it develops from laminar to turbulent flows over a horizontally smooth flat plate. Briefly describe the characteristics of eddies, buffer layer and laminar sublayer. State the typical range of Reynolds numbers for each stage.

*Dengan bantuan lakaran mudah, labelkan dengan jelas beberapa ciri-ciri utama pembentukan lapisan sempadan bagi bendalir Newtonian dalam keadaan mantap sejak ia berubah daripada aliran lamina kepada aliran gelora pada satu plat rata licin yang mendatar. Terangkan dengan ringkas sifat-sifat pusar, lapisan penimbal dan sublapisan lamina. Nyatakan julat nombor Reynolds yang biasa bagi setiap peringkat.*

**(30 marks/markah)**

- [b] A rhombus-shaped kite, with a diagonal dimension of 2.0 m by 1.6 m, and mass of 1.0 kg, soars at an angle to the horizontal. The tension in the string holding the kite is 60 N when the wind velocity is 20 km/h horizontally while the angle of the string to the horizontal direction is  $40^\circ$ . The density of air is  $1.2 \text{ kg/m}^3$ . Calculate the lift and drag coefficients for the kite in the given position.

*Sebuah layang-layang berbentuk rombus dengan jarak pepenjuru 2.0 m kali 1.6 m, dan jisim 1.0 kg, melayang di udara pada suatu sudut berbanding ufuk. Daya tegangan tali yang mengikat layang-layang tersebut ialah 60 N apabila angin bertiup secara mendatar sekuat 20 km/j sementara sudut antara tali dan ufuk ialah  $40^\circ$ . Ketumpatan udara ialah  $1.2 \text{ kg/m}^3$ . Kirakan pekali-pekali daya angkatan dan daya seretan bagi layang-layang itu dalam keadaan tersebut.*

**(40 marks/markah)**

[c] Explain briefly some of the common questions in our every day life:

- (i) What are the functions of dimples on a golf ball?
- (ii) How does an aerofoil spoiler help an F1 car?

Add some simple illustrations to assist your explanation.

*Terangkan secara ringkas beberapa persoalan dalam kehidupan kita seharian:*

- (i) *Apakah fungsi-fungsi cawakan-cawakan pada bola golf?*
- (ii) *Bagaimanakah pengacau aerofoil dapat membantu sebuah kereta F1?*

*Tambahkan beberapa ilustrasi mudah bagi membantu penerangan anda.*

**(30 marks/markah)**

Q3. [a] Describe the following major phenomena for flow around immersed bodies:

- (i) Streamline
- (ii) Vortex shedding.

Strengthen your description with some sketches and examples.

*Terangkan, fenomena-fenomena utama bagi aliran di sekitar jasad terendam seperti berikut:*

- (i) *Garisalur*
- (ii) *Kocakan vorteks.*

*Kukuhkan penerangan anda dengan beberapa lakaran dan contoh-contoh.*

**(30 marks/markah)**

- [b] A suspension bridge's twin towers, each cylindrical in overall shape with height of 300 m and average diameter of 5 m, are constructed at 40 m intervals in a North-South direction. If an 80 km/h wind is blowing transversely across the buildings in East-West direction, calculate the total force both towers will be subjected to. Assume there is no interference between the towers and take the drag coefficient of each tower as 1.8, air density as  $1.2 \text{ kg/m}^3$  and viscosity  $1.7 \times 10^{-5} \text{ Pas}$ .

State whether vortex shedding would happen. At what frequency would it resonate with the natural or harmonic frequency of the towers?

How would the frequency be different if the towers are subjected to North-South wind direction?

Take the integrated density and stiffness of each tower to be  $7960 \text{ kg/m}^3$  and  $1.41 \times 10^7 \text{ N/m}$ .

Strouhal number,  $fd/U_o = 0.198(1-19.7/Re)$ ,

Natural frequency of the building,  $f_n = (1/2\pi)(k/m)^{1/2}$ .

*Sebuah jambatan gantung mempunyai dua buah menara berkembar, setiap satunya berbentuk silinder setinggi 300 m dan purata diameter 5 m, dibina dengan jarak 40 m antara satu dengan lain dalam arah Utara-Selatan. Jika angin kencang 80 km/j bertiup dari arah Timur-Barat terhadap menara-menara tersebut, kirakan jumlah daya yang dikenakan kepada kedua-dua menara itu. Andaikan tiada gangguan antara menara-menara tersebut dan ambil pekali seretan sebagai 1.8, ketumpatan udara  $1.2 \text{ kg/m}^3$  dan kelikatan udara  $1.7 \times 10^{-5} \text{ Pas}$ .*

*Nyatakan sama ada kocakan vorteks akan terjadi. Apakah frekuensi yang akan menyebabkan resonan terhadap frekuensi tabii atau harmonik menara-menara tersebut?*

*Bagaimanakah frekuensi akan berubah jika menara-menara tersebut terkena angin dari arah Utara-Selatan?*

*Ambil ketumpatan bersepadu setiap menara sebagai  $7960 \text{ kg/m}^3$  dan kekakuannya  $1.41 \times 10^7 \text{ N/m}$ .*


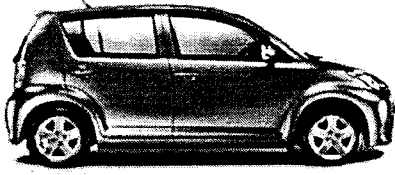
*Nombor Strouhal,  $fd/U_o = 0.198(1-19.7/Re)$ .*

*Frekuensi tabii bangunan,  $f_n = (1/2\pi)(k/m)^{1/2}$ .*

**(40 marks/markah)**

- [c] Compare two car models below and make three comparisons as far as their aerodynamic designs are concerned. Describe briefly what the advantages of good aerodynamic design are and how both models could further improve their aerodynamic features.

*Bandingkan dua model kereta di bawah dan berikan tiga perbandingan dari segi rekaan aerodinamik mereka. Terangkan secara ringkas apakah kelebihan-kelebihan rekaan aerodinamik yang baik serta bagaimana kedua-dua model dapat memperbaiki ciri-ciri aerodinamik mereka.*

		
Model	A	B
Length <b>Panjang</b>	4257 mm	3750 mm
Width <b>Lebar</b>	1680 mm	1665 mm
Height <b>Tinggi</b>	1502 mm	1550 mm
Displacement <b>Sesaran</b>	1332 cc	1298 cc
Power <b>Kuasa</b>	70 kW	64 kW
Torque <b>Tork</b>	120 Nm	116 Nm
Berat <b>Weight</b>	1,060 kg	955 kg

(30 marks/markah)

## SECTION B

- Q4. [a] Sketch the variation in pressure and mass flux for a flow in a converging nozzle. Give detail explanation for these variations.

*Lakarkan perubahan tekanan dan fluks jisim bagi aliran di dalam muncung menumpu. Terangkan dengan terperinci perubahan-perubahan ini.*

(20 marks/markah)

- [b] List **FOUR (4)** engineering phenomena of compressible flow.

*Senaraikan **EMPAT (4)** fenomena kejuruteraan bagi aliran bolehmampat.*

(20 marks/markah)

- [c] A rocket engine delivers hydrogen at temperature,  $T = 1700^\circ\text{C}$  and pressure,  $p = 3.5 \text{ MPa}$ . Values of ratio of specific heat,  $\gamma$  and gas constant,  $R$  are 1.41 and  $4124 \text{ J/kgK}$  respectively. The hydrogen gas exits at a nozzle with ambient pressure of  $55 \text{ kPa}$  and the rocket thrust generated is  $2.2 \text{ MN}$ . Assuming isentropic flow, calculate the gas exit velocity.

*Sebuah enjin roket menghantar hidrogen pada suhu,  $T = 1700^\circ\text{C}$  dan tekanan,  $p = 3.5 \text{ Mpa}$ . Nilai-nilai bagi nisbah haba tentu,  $\gamma$  ialah 1.41 dan pemalar gas,  $R$  ialah  $4124 \text{ J/kgK}$ . Gas hidrogen keluar dari muncung dengan tekanan ambien  $55 \text{ kPa}$  dan tujahan roket yang dihasilkan ialah  $2.2 \text{ MN}$ . Dengan mengandaikan aliran seentropi, kirakan halaju gas keluaran.*

$$c_p = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{(\gamma-1)/\gamma} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\gamma-1}$$

(60 marks/markah)

- Q5. [a] Define net positive suction head and cavitation. Write the equation for net positive suction head.

*Takrifkan turus sedutan positif bersih dan keronggaan. Tuliskan persamaan bagi turus sedutan positif bersih.*

(20 marks/markah)

- [b] Water flows through the pump in the system shown in Figure Q5[b] at a rate of 60 L/s. The allowable net positive suction head at that flow is 3 m. Determine the maximum height  $\Delta z$ , above the water surface that the pump can be located to operate without cavitation. Vapour pressure and density for water at 20°C is 2.34 kPa and 998 kg/m<sup>3</sup> respectively. Comment on your results.

*Air mengalir melalui sebuah pam di dalam sistem yang ditunjukkan di dalam Rajah S5[b] pada kadar 60 L/s. Turus sedutan positif bersih yang dibenarkan pada kadar alir berkenaan ialah 3 m. Tentukan ketinggian maksima  $\Delta z$ , di atas permukaan air bagi meletakkan pam supaya dapat beroperasi tanpa keronggaan. Tekanan wap ialah 2.34 kPa dan ketumpatan air ialah 998 kg/m<sup>3</sup> pada 20°C. Komen jawapan anda.*

$$h_L = \left( f \frac{L}{D} + \sum K \right) \frac{Q^2}{2gA^2}$$

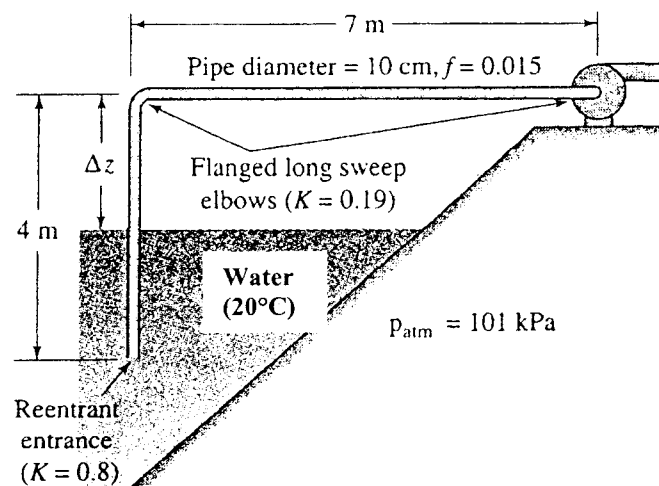


Figure Q5[b]  
Rajah S5[b]

(40 marks/markah)



[c] A centrifugal pump running at 1450 rev/min delivers water at a flow rate of  $0.32 \text{ m}^3/\text{s}$ . The head generated is 20 m. The impeller is 28 cm in diameter and 35 mm wide at exit, and is designed for constant velocity of flow. Both the suction and delivery pipes have the same diameter. Calculate the

- (i) blade angle at exit
- (ii) vane angle for entry to the stationary guide vanes surrounding the impeller

*Sebuah pam empar beroperasi pada 1450 pusingan/menit menghantar air pada kadar alir  $0.32 \text{ m}^3/\text{s}$ . Turus yang dijana ialah 20 m. Diameter pendesak ialah 28 cm dan lebar pada keluaran ialah 35 mm, dan direkabentuk untuk halaju alir malar. Kedua-dua paip masukan dan keluaran mempunyai diameter yang sama. Kirakan*

- (i) sudut bilah pada keluaran
- (ii) sudut bagi masukan ke bilah panduan pegun yang mengelilingi pendesak

$$E = \frac{u}{g}(u - v_f \cot \beta_2)$$

(40 marks/markah)

Q6. [a] A reaction turbine has the following dimensions:  $r_1 = 320\text{mm}$ ,  $r_2 = 160\text{mm}$ ,  $\alpha_2 = 78^\circ$ ,  $V_1 = 3.2 \text{ m/s}$ ,  $\alpha_1 = 28^\circ$  and  $V_2 = 6.5 \text{ m/s}$ . The discharge,  $Q$  is  $0.058 \text{ m}^3/\text{s}$  and  $\omega = 28 \text{ rad/s}$ . Assuming ideal conditions, calculate:

- (i) the torque applied to the runner
- (ii) the fluid power
- (iii) the head on the turbine

Sebuah turbin tindakbalas mempunyai dimensi-dimensi berikut:  $r_1 = 320 \text{ mm}$ ,  $r_2 = 160 \text{ mm}$ ,  $\alpha_2 = 78^\circ$ ,  $V_1 = 3.2 \text{ m/s}$ ,  $\alpha_1 = 28^\circ$  and  $V_2 = 6.5 \text{ m/s}$ . Luahan,  $\dot{Q}$  ialah  $0.058 \text{ m}^3/\text{s}$  dan  $\omega = 28 \text{ rad/s}$ . Dengan mengandaikan keadaan-keadaan unggul, kirakan:

- (i) tork yang dikenakan ke atas pelari
- (ii) kuasa bendalir
- (iii) turus ke atas turbin

$$T = \rho \dot{Q} (r_2 V_{2t} - r_1 V_{1t})$$

(40 marks/markah)

[b] The radius of a Pelton wheel is 1.84m, the jet velocity is 105 m/s. A nozzle has an exit diameter equal to 9.8 cm. The turning angle of the buckets is  $\beta = 168^\circ$ . Calculate:

- (i) the volume flow rate through the turbine
- (ii) the optimum rotation speed of the wheel
- (iii) the output shaft power in MW, taking the turbine efficiency = 83%.

Jejari roda Pelton ialah 1.84m, halaju jet ialah 105 m/s. Diameter muncung ialah 9.8 cm, Sudut pusingan bagi timba ialah  $\beta = 168^\circ$ . Kirakan:

- (i) kadar alir isipadu melalui turbin
- (ii) halaju pusingan optima bagi roda
- (iii) kuasa keluran di dalam unit MW, dengan mengambil kecekapan turbin = 83%.

$$P = \rho \dot{Q} u (V_j - u) (1 - \cos \beta) \times \eta_T$$

(60 marks/markah)