

---

# UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2007/2008

April 2008

## **EBB 409/3 - Kuasa Bendalir & Mesin Turbo** **[Fluid Power & Turbo Machine]**

[Masa : 3 jam]  
Duration : 3 hours

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi LAPAN muka surat beserta DUA muka surat LAMPIRAN yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

*[Please ensure that this examination paper contains EIGHT printed pages and TWO pages APPENDIX before you begin the examination.]*

Kertas soalan ini mengandungi TUJUH soalan.  
*[This paper contains SEVEN questions.]*

**Arahan:** Jawab **LIMA** soalan. Jika calon menjawab lebih daripada lima soalan hanya lima soalan pertama mengikut susunan dalam skrip jawapan akan diberi markah.

**Instructions:** Answer **FIVE** questions. If a candidate answers more than five questions only the first five questions in the answer sheet will be graded.]

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.  
*[Answer to any question must start on a new page.]*

Anda dibenarkan menjawab soalan sama ada dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris.

*[You may answer a question either in Bahasa Malaysia or in English.]*

1. Data berikut boleh digunakan untuk litar yang ditunjukkan pada Rajah 1 (sila lihat lampiran):

Pam

Halaju aci = 1000 rev/min, kecekapan volumetrik = 95%

Pembolehubah luas orifis

Persamaan aliran,  $Q_C = 100\sqrt{\Delta p}$  di mana  $Q_C = \text{ml/min}$ ,  $a = \text{luas aliran mm}^2$ ,  $\Delta p = \text{kejatuhan tekanan injap, bar}$ . Diketahui apabila  $a = 300 \text{ mm}^2$ ,  $Q_m = 0.72 Q_p$ .

Motor

Kapasiti = 80 ml/rev, halaju aci = 860 rev/min, kecekapan volumetrik = 93%, kecekapan keseluruhan = 68%.

Injap pelega

$Q_B = K \times (\text{tekanan penggubal}) \times \sqrt{(\text{tekanan sistem})}$ , tekanan peretakan = 78 bar.

- Tentukan:
- Kapasiti pam
  - Tekanan sistem pada injap pelega
  - Injap bagi K untuk injap pelega

*The following data apply to the circuit shown in Figure 1 (refer the appendix):*

Pump

*Shaft speed = 1000 rev/min, volumetric efficiency = 95%*

Variable-area orifice

*Flow equation,  $Q_C = 100\sqrt{\Delta p}$  where  $Q_C = \text{ml/min}$ ,  $a = \text{flow area mm}^2$ ,  $\Delta p = \text{valve pressure drop, bar}$ . When  $a = 300 \text{ mm}^2$ ,  $Q_m = 0.72 Q_p$*

Motor

*Capacity = 80 ml/rev, shaft speed = 860 rev/min, volumetric efficiency = 93%, overall efficiency = 68%.*

Relief valve

$Q_B = K \times (\text{over-ride pressure}) \times \sqrt{\text{system pressure}}$ , cracking pressure = 78 bar.

- Determine:*
- the pump capacity*
  - the system pressure at relief valve*
  - the valve of K for the relief valve*

(100 markah/marks)

2. Rajah 2 (sila lihat lampiran) menunjukkan satu injap 3/3 dan unit aktuator. Bekalan tekanan malar adalah 100 bar dan tekanan tangki adalah 2 tolok bar. Keluasan injap port kawalan adalah  $30 \text{ mm}^2$  faktor discas ialah 0.7, ketumpatan minyak ialah  $882 \text{ kg/m}^3$  dan  $A = 2a$ .

Apabila piston dilanjakkan, beban akan mencapai 4 kN dan apabila ia kembali ke keadaan asal beban adalah 800 N. Sekiranya halaju piston adalah 1 m/s dalam kedua-dua arah, tentukan:

- (a) luas A
- (b) kejatuhan tekanan merentasi penghadang yang mesti diperkenalkan ke dalam litar

*Figure 2 (refer the appendix) shows a 3/3 valve and actuator unit. The constant supply pressure is 100 bar and the tank pressure is 2 bar gauge. The valve control port area is  $30 \text{ mm}^2$  the discharge factor is 0.7, the oil density is  $882 \text{ kg/m}^3$  and  $A = 2a$ .*

*When the piston advances the load will be equivalent to 4 kN and when it retracts the load will be 800 N. If the piston speed is to be 1 m/s in both directions determine:*

- (a) the area A
- (b) the pressure drop across the restrictor that must be introduced into the circuit.

(100 markah/marks)

3. Satu eksperimen litar aliran hidrolik terkawal yang terdiri daripada satu pembolehubah pam penghantar dengan kapasiti maksimum 90 ml/rev dipacu pada halaju malar 960 rev/min dan satu penghantaran maksimum 1436 ml/s minyak, berkeupayaan membekalkan motor anjakan malar berkapasiti 49 ml/rev. Di bawah keadaan maksimum, kuasa penyerapan pam adalah 3.75 kW dan tekanan litar maksimum adalah 24 bar. Tentukan:
- kecekapan volumetri, mekanikal dan kecekapan keseluruhan bagi pam dan pekali bocorannya.
  - halaju maksimum motor dengan menganggapkan ia mempunyai pekali kebocoran yang sama seperti pam tetapi mempunyai nilai kecekapan volumetri yang berbeza.
  - kecekapan volumetri dan mekanikal untuk motor jika diberikan kecekapan keseluruhan 76%.
  - kuasa yang dihantar oleh motor pada kelajuan maksimum.
  - kecekapan keseluruhan loji.

*An experimental flow controlled hydraulic circuit consists of a variable delivery pump of maximum capacity 90 ml/rev driven at a constant speed of 960 rev/min and a maximum delivery of 1436 ml/s of oil, supplying a constant displacement motor of capacity 49 ml/rev. Under maximum conditions the power absorbed by the pump is 3.75 kW and the maximum circuit pressure is 24 bar. Determine:*

- volumetric, mechanical and overall efficiencies of the pump and its leakage coefficient.*
- maximum speed of motor assuming it has the same leakage coefficient as the pump but not the same volumetric efficiency.*
- volumetric and mechanical efficiencies for the motor given, overall efficiency of 76%.*
- power delivered by the motor at maximum speed.*
- overall efficiency of plant.*

(100 markah/marks)

4. [a] Satu pam aliran-paksi mempunyai satu bilah pemegun yang diletakkan pada bahagian hulu pendesak dan ini memberikan satu sudut  $\alpha_1 = 60^\circ$  kepada aliran. Jejari tip pendesak adalah 285 mm dan jejari hab adalah 135 mm. Tentukan sudut bilah purata yang diperlukan pada tempat keluar pendesar jika pam ini perlu menghantar  $0.57 \text{ m}^3/\text{s}$  air dengan kenaikan turus teori 2.85 m. Halaju putaran adalah 1500 rpm.

*An axial-flow pump has a stator blade positioned upstream of the impeller, and it provides an angle  $\alpha_1 = 60^\circ$  to the flow. The radius of the impeller tip is 285 mm and the hub radius is 135 mm. Determine the required average blade angle at the exit of the impeller if the pump is to deliver  $0.57 \text{ m}^3/\text{s}$  of water with a theoretical head rise of 2.85 m. The rotational speed is 1500 rpm.*

(75 markah/marks)

- [b] Kenalpasti formula matematik dengan sebutan yang betul:  
 Hubungan teori turus  
 Hubungan mesin turbo Euler  
 Persamaan Bernoulli di dalam koordinat putaran

*Identify the mathematical formula with the correct term of:*

*Theoretical head relation*

*Euler's turbomachine relation*

*Bernoulli equation in rotating coordinates.*

$$\frac{u_2 V_2 \cos \alpha_2 - u_1 V_1 \cos \alpha_1}{g} \qquad \frac{p}{\gamma} + z + \frac{v^2 - u^2}{2g} = \text{const.}$$

$$\frac{u^2}{g} - \frac{u V_n}{g} (\cot \alpha_1 + \cot \beta_2)$$

(25 markah/marks)

5. [a] Satu pam pengempas berdiameter 37 cm dijalankan pada 2140 r/min dengan kehadiran air pada suhu 20°C, telah menghasilkan data berkenaan.

*A 37 cm-diameter centrifugal pump, running at 2140 r/min with water at 20°C, produces the following performance data:*

Q, m <sup>3</sup> /s	0.0	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
H, m	105	104	102	100	95	85	67
W, kW	100	115	135	171	202	228	249

- (i) Tentukan titik kecekapan terbaik.

*Determine the best efficiency point.*

- (ii) Plotkan  $C_H$  melawan  $C_Q$ .

*Plot  $C_H$  versus  $C_Q$ .*

(75 markah/marks)

- [b] Kenalpasti kumpulan tak berdimensi dengan sebutan yang betul:

Pekali kadar aliran arte

Pekali turus

Pekali kuasa

Nombor Reynolds

Kecekapan mekanikal

*Identify the dimensionless group with the correct term of:*

*Flow rate coefficient*

*Head coefficient*

*Power coefficient*

*Reynolds number*

*Mechanical efficiency*

$$\frac{\dot{W}}{\rho \omega^3 D^5}$$

$$\frac{\omega D^2 \rho}{\mu}$$

$$\frac{gH}{\omega^2 D^2}$$

$$\frac{\gamma H_s (Q + Q_L)}{T \omega}$$

$$\frac{Q}{\omega D^3}$$

(25 markah/marks)

6. [a] Rajah 3 (sila lihat lampiran) menunjukkan langkah keupayaan tak berdimensi untuk satu pam aliran. Ia berkeupayaan menghantar air pada kadar 1275 l/sec dan pada kelajuan 750 rpm. Tentukan:
- kebolehkalian turus, diameter, kuasa dan NPSH yang diperlukan.
  - penyah-turas sebenar dan lengkung penyahcas-kuasa.

*Refer to Figure 3 (in the appendix), the dimensionless performance curves for an axial-flow pump. It is desired to deliver water at a rate of 1275 l/sec and a speed of 750 rpm. Determine:*

- the available head, diameter, power and NPSH requirements.*
- the actual head-discharge and power-discharge curves.*

(75 markah/marks)

- [b] Kenalpasti formula matematik dengan sebutan yang betul:
- Sedutan turus jaringan positif  
 Kelajuan sedutan spesifik  
 Nombor rongga Thoma

*Identify the mathematical formula with the correct term of:*

*Net positive suction head*

*Suction specific speed*

*Thoma cavitation number*

$$\frac{\omega Q^{1/2}}{(gNPSH)^{3/4}} \quad \frac{\frac{(P_{atm} - P_9) - \Delta z - h_L}{\gamma}}{H_p} \quad \frac{P_{atm} - P_0 - \Delta z - h_L}{\gamma}$$

(25 markah/marks)

7. [a] Halaju spesifik  $\Omega_p$  yang diungkapkan oleh persamaan berikut:

$$\Omega_p = \frac{C_Q^{1/2}}{C_H^{1/2}} = \frac{\omega Q^{1/2}}{(gH_p)^{1/2}}$$

tidak melibatkan diameter pendesak. Bagaimanakah kita boleh mengukur saiz pam untuk nilai  $\Omega_p$  yang diberikan? Logan mencadangkan satu parameter yang dipanggil diameter spesifik  $D_s$ , dengan satu kombinasi tak berdimensi  $Q$ ,  $gH$  dan  $D$ .

- (i) Jika  $D_s$  berkadaran dengan  $D$ , tentukan pembentukannya.  
 (ii) Apakah perhubungan, jika ada antara  $D_s$  terhadap  $C_Q$ ,  $C_H$  dan  $C_W$ .

*The specific speed  $\Omega_p$  as defined by*

$$\Omega_p = \frac{C_Q^{1/2}}{C_H^{1/2}} = \frac{\omega Q^{1/2}}{(gH_p)^{1/2}}$$

*does not contain the impeller diameter. How then should we size the pump for a given  $\Omega_p$ ? Logan suggests a parameter called the specific diameter  $D_s$ , which is a dimensionless combination of  $Q$ ,  $gH$ , and  $D$ .*

- (i) *If  $D_s$  is proportional to  $D$ , determine its form.*  
 (ii) *What is the relationship, if any, of  $D_s$  to  $C_Q$ ,  $C_H$  and  $C_W$ ?*

(75 markah/marks)

- [b] Dapatkan persamaan mesin turbo di antara pam 1 dan pam 2 untuk

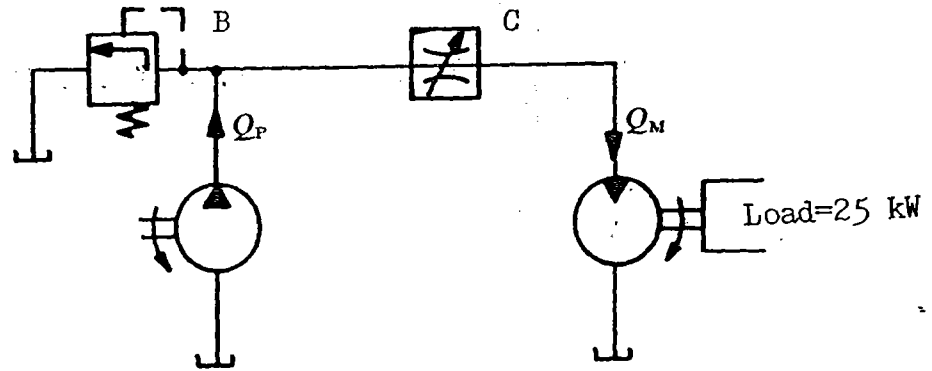
*Obtain the turbomachinery similarity rules between pump-1 and pump-2 for*

$$(C_{\dot{w}})_1 = (C_{\dot{w}})_2 \quad (C_H)_1 = (C_H)_2 \quad (C_Q)_1 = (C_Q)_2$$

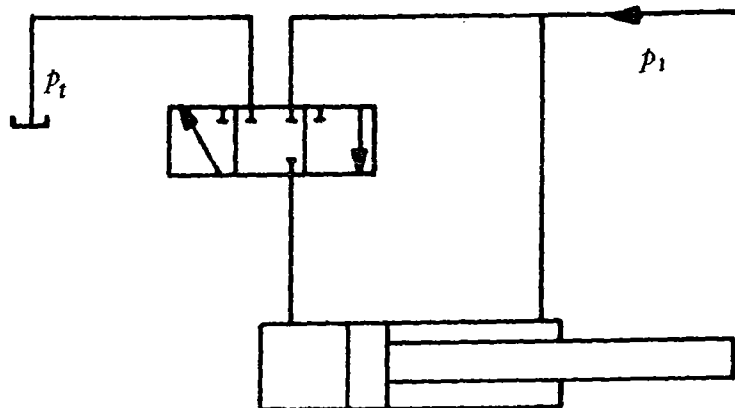
(25 markah/marks)



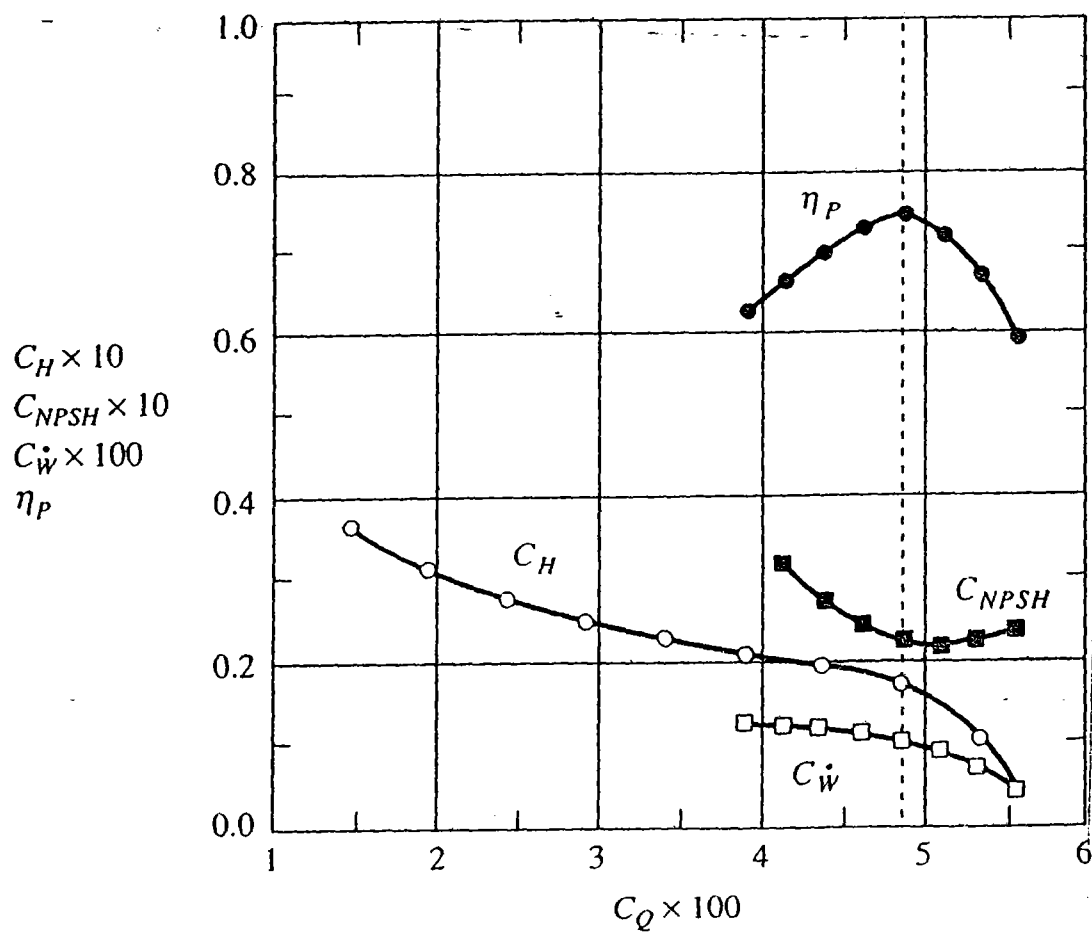
LAMPIRAN  
APPENDIX



Rajah 1  
Figure 1



Rajah 2  
Figure 2

LAMPIRANAPPENDIX

Rajah 3

Figure 3