

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
2007/2008 Academic Session  
*Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2007/2008*

April 2008  
*April 2008*

**ESA 486/3 – Launcher Architecture**  
*Senibina Pelancar*

Duration : 3 hours  
*[Masa : 3 jam]*

---

**INSTRUCTION TO CANDIDATES**  
**ARAHAN KEPADA CALON**

Please ensure that this paper contains **THIRTEEN (13)** printed pages and **EIGHT (8)** questions before you begin examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **TIGA BELAS (13)** mukasurat bercetak dan **LAPAN (8)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **SIX (6)** questions.  
*Jawab **ENAM (6)** soalan.*

Student may answer the questions either in English or Bahasa Malaysia.  
*Pelajar boleh menjawab soalan dalam Bahasa Inggeris atau Bahasa Malaysia.*

Each questions must begin from a new page.  
*Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.*

1. The following data is used to determine the ratio of the propellant tank mass to the propellant mass (PT2P).

*Di bawah ialah data yang digunakan untuk tentukan nisbah jisim tangki bahan bakar kepada jisim bahan bakar (PT2P).*

Tank diameter,  $D = 0.7$  m  
*Diameter tangki,  $D = 0.7$  m*

Mixture ratio,  $K_G = 2.3$   
*Nisbah percampuran,  $K_G = 2.3$*

Safety coefficient,  $f = 1.875$   
*Pemalar keselamatan,  $f = 1.875$*

Propellant 1 = Oxygen + kerosene  
*Bahan dorong 1 = Oksigen + Kerosen*

Propellant 2 =  $N_2O_4$  + UDMH  
*Bahan dorong 2 =  $N_2O_4$  + UDMH*

Tank material = Aluminum alloy (Magnesium 7%)  
*Bahan untuk tangki = Aloi aluminium (Magnesium 7 %)*

Density  $O_2$ ,  $\rho = 1130$  kg/m<sup>3</sup>  
*Ketumpatan  $O_2$ ,  $\rho = 1130$  kg/m<sup>3</sup>*

Density  $N_2O_4$ ,  $\rho = 1450$  kg/m<sup>3</sup>  
*Ketumpatan  $N_2O_4$ ,  $\rho = 1450$  kg/m<sup>3</sup>*

Density Kerosene,  $\rho = 800$  kg/m<sup>3</sup>  
*Ketumpatan Kerosene,  $\rho = 800$  kg/m<sup>3</sup>*

Density UDMH,  $\rho = 789$  kg/m<sup>3</sup>  
*Ketumpatan UDMH,  $\rho = 789$  kg/m<sup>3</sup>*

Density Aluminum Alloy (Magnesium 7%),  $\rho = 2640$  kg/m<sup>3</sup>  
*Ketumpatan Aloi aluminium (Magnesium 7%),  $\rho = 2640$  kg/m<sup>3</sup>*

Stress (tension),  $\sigma_T = 400$  MPa  
*Tegasan (tegang),  $\sigma_T = 400$  MPa*

Stress (Compression),  $\sigma_C = 240$  MPa  
*Tegasan (mampatan),  $\sigma_C = 240$  MPa*

Minimum thickness required.  $\delta = 1.5 \text{ mm}$   
*Ketebalan minimum yang diperlukan,  $\delta = 1.5 \text{ mm}$*

Internal pressure (TPS) = 0.45 MPa  
*Tekanan dalaman (TPS) = 0.45 MPa*

Internal pressure (PFS) = 2.0 MPa  
*Tekanan dalaman (PFS) = 2.0 MPa*

- (a) Determine the required thickness for the propellant tank if the propellant used is  $O_2 + K$ , while the feeding system is pressurized feeding system.

*Tentukan ketebalan yang diperlukan untuk tangki bahan bakar sekiranya campuran bahan dorong yang digunakan adalah  $O_2 + K$ , manakala sistem suapan yang digunakan adalah sistem tekanan.*

**(25 marks/markah)**

- (b) If the mass of the propellant is 7000 kg, determine the ratio of the propellant tank mass to the propellant mass (PT2P) (the feeding system used is pressurized feeding system)

*Sekiranya jisim campuran bahan dorong yang digunakan adalah 7000 kg, tentukan nisbah jisim tangki bahan bakar kepada jisim bahan bakar (PT2P). (sistem suapan yang digunakan adalah sistem tekanan)*

**(25 marks/markah)**

- (c) If the propellant is replaced with  $N_2O_4$  and UDMH and the mass of the propellant is still the same as 7000 kg, what is the value of PT2P? (the feeding system used is pressurized feeding system)

*Sekiranya jenis campuran bahan bakar digantikan dengan  $N_2O_4$  dan UDMH, dan jisim campuran bahan bakar masih 7000 kg, berapakah nilai PT2P? (sistem suapan yang digunakan adalah sistem tekanan)*

**(25 marks/markah)**

- (d) Using the answer obtained in (b), (c) and (d), as an aerospace engineer, how can PT2P effect towards the payload parameter,  $\mu_{PL}$ ?

*Dengan menggunakan jawapan anda di (b), (c) dan (d), sebagai seorang jurutera aeroangkasa, bagaimanakah PT2P memberi kesan terhadap parameter beban bayar,  $\mu_{PL}$ ?*

**(25 marks/markah)**

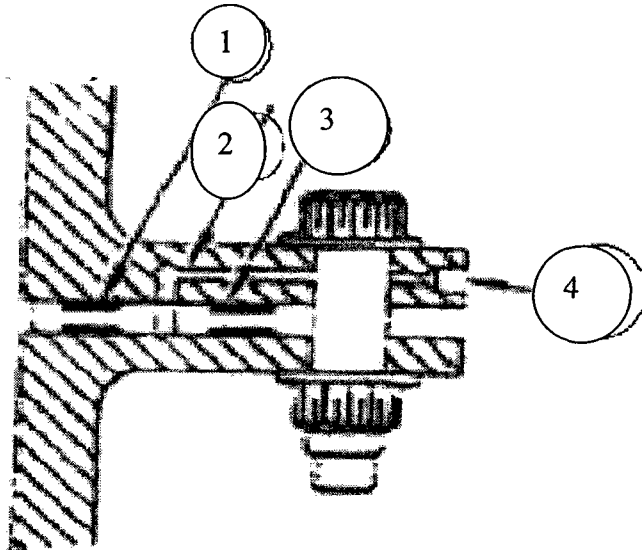
2. List 5 types of flanged couplings and sketch them.

*Senaraikan 5 jenis gandingan berbebibir dan lakarkan.*

**(100 marks/markah)**

3. Below are the schematic diagrams of provisions for monitoring leakage at a joint. Name the numbering.

*Di bawah adalah lakaran skema teruntuk untuk pemerhatian kebocoran pada sambungan. Namakan pernomboran di bawah.*



**(100 marks/markah)**

4. The basic approach to the design of a flange joint is to prestress the flange bolts in tension so that a gasket compressive stress or seal compression is maintained to seal effectively against fluid leakage.

*Kaedah asas di dalam mereka cipta sesuatu bebibir sambungan adalah dengan mengenakan pra-tegangan pada bebibir bolt supaya tekanan tegasan pada gasket atau tekanan penutup ditetapkan untuk kedapan secara efektif daripada kebocoran cecair.*

Below are the data for flange joint design of the flexible duct for oxidizer pump discharge:-

*Di bawah adalah data untuk rekabentuk sambungan bebibir untuk saluran fleksibel untuk pam pengeluaran bahan oksida:-*

Working pressure under normal steady, operating conditions = 1505 psia  
Tekanan di bawah keadaan normal dan situasi beroperasi = 1505 psia

Maximum fluid working pressure under occasional transient conditions = 1750 psia  
Tekanan maksima cecair di bawah keadaan transient = 1750 psia

Inside diameter  $D_1$  of the duct = 8 in.  
Garispusat dalam saluran,  $D_1 = 8$  in.

Inside diameter  $D_2$  of the gasket = 8 in.  
Garispusat dalam gasket,  $D_2 = 8$  in.

Outside diameter  $D_3$  of the gasket = 8.5 in.  
Garispusat luar gasket,  $D_3 = 8.5$  in.

End loads on the duct due to thermal contraction,  $W_e = 2400$  lb.  
Beban luar yang dikenakan ke atas saluran oleh kecutan haba,  $W_e = 2400$  lb

Gasket factor,  $m = 0.8$   
Faktor gasket,  $m = 0.8$

Flange factor,  $n = 0.3$   
Faktor bebibir,  $n = 0.3$

Determine the minimum required bolt loading of the flange joint.

*Tentukan bebanan bolt minima yang diperlukan untuk sambungan bebibir.*

**(100 marks/markah)**

5. The following design data characterize the fuel high-pressure pump discharge line for Inconel 718 duct and flange:

*Data yang seterusnya menggambarkan bahan bakar saluran luahan untuk pam bertekanan tinggi yang digunakan oleh saluran dan bebibir Inconel 718:*

Duct design pressure  $P = 6600$  psi  
*Tekanan rekabentuk saluran,  $P = 6600$  psi*

Duct inside radius  $R_1 = 2.5$  in.  
*Jejari dalam saluran,  $R_1 = 2.5$  in.*

Operating temperature  $T = -320$  F  
*Suhu operasi,  $T = -320$  F*

Seal groove width = 0.300 in.  
*Lebar kedap alur = 0.300 in.*

Material properties of Inconel 718:  
*Ciri-ciri bahan Inconel 718:*

<i>T, F</i>	<i>F<sub>y</sub>, psi</i>	<i>F<sub>u</sub>, psi</i>
70	145,000	175,000
-320	163,000	215,000

Determine the minimum design total bolt load  $W_b$  for this engine.

*Tentukan rekabentuk minima beban bolf  $W_b$  untuk enjin ini.*

**(100 marks/markah)**

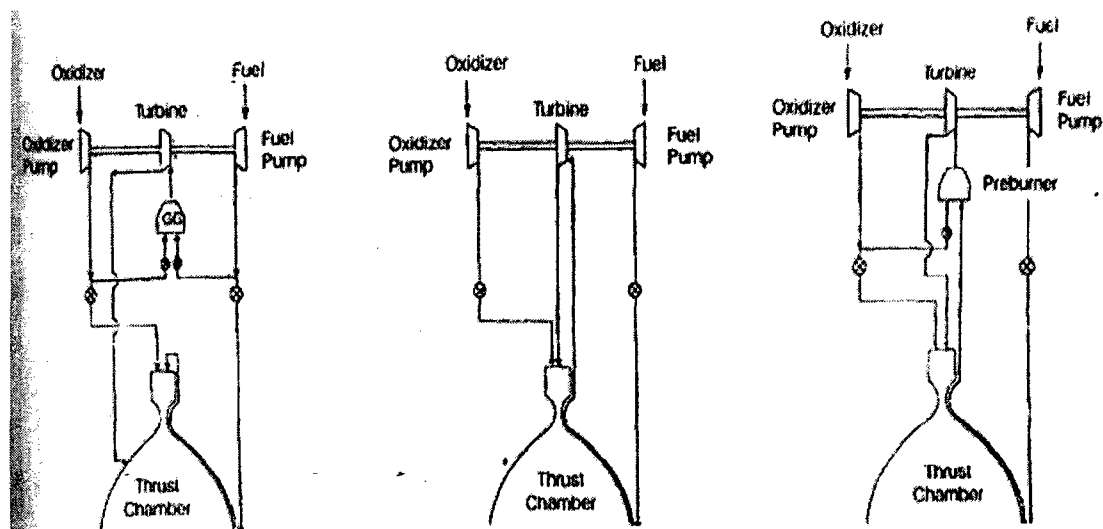
6. Below are the basic cycles for pump-fed liquid propellant engines.

*Di bawah adalah lakaran asas kitar untuk pam-suap untuk enjin bahan bakar cecair.*

- (a) Name each of the cycle.

*Namakan setiap lakaran kitar.*

**(20 marks/markah)**



- (b) Explain where it is used and why?

*Terangkan di mana ia digunakan dan kenapa?*

**(20 marks/markah)**



- (c) The hydraulic accumulator of a large liquid propellant rocket engine has the following design parameters:

*Akumulator hidrolik sebuah enjin roket cecair mempunyai parameter seperti di bawah:*

Required volume (fluid capacity), 7238 cu in.

*Isipadu yang diperlukan (Keupayaan cecair) = 7238 cu in.*

Working pressure (load) under normal steady and transient operating conditions = 2000 psia.

*Tekanan (beban) dibawah keadaan normal dan beroperasi pada situasi transient = 2000 psia.*

Occasional surge pressure = 2200 psia

*Tekanan terjah = 2200 psia.*

Mandatory malfunction pressure = 2450 psia

*Tekanan mandatori pincang tugas = 2450 psia*

Maximum ambient temperature = 3000 F

*Suhu ambien maksima = 3000 F*

Material selected = AISI 4340 H.T. 180 (strength at room temperature: ultimate = 185,000 psi; yield = 170,000 psi)

*Material = AISI 4340 H.T 180 (kekuatan pada suhu bilik: muktamad = 185,000 psi; alah = 170,000 psi)*

Strength at 300 F: ultimate = 178,000 psi; yield = 150,000 psi

*Kekuatan pada 300 F: muktamad = 178,000 psi; alah = 150,000)*

Determine the following:

*Tentukan yang berikutnya:*

- (i) Lightest possible configuration and resulting dimensions

*Konfigurasi yang paling ringan dan keputusan dimensi*

**(30 marks/markah)**

- (ii) Required proof test pressure at room temperature

*Tekanan 'proof test' yang diperlukan pada suhu bilik*

**(30 marks/markah)**

7. The following data described the A-4 stage propulsion system, including two engines:

*Data yang berikutnya menunjukkan sistem tujahan A-4 Stage, termasuk dua enjin.*

Oxidizer ( $N_2O_4$ ) density,  $\rho = 1450 \text{ kg/m}^3$   
*Ketumpatan bahan oksida ( $N_2O_4$ ),  $\rho = 1450 \text{ kg/m}^3$*

Oxidizer mass flow rate,  $\dot{m}_{OX} = 6 \text{ kg/s}$  (per engine)  
*Kadar aliran jisim bahan oksida,  $\dot{m}_{OX} = 6 \text{ kg/s}$  (per enjin)*

Fuel ( $N_2H_4$ ) density,  $\rho = 1016 \text{ kg/m}^3$   
*Ketumpatan bahan api ( $N_2H_4$ ),  $\rho = 1016 \text{ kg/m}^3$*

Fuel mass flow rate,  $\dot{m}_F = 5 \text{ kg/s}$  (per engine)  
*Kadar aliran jisim bahan api,  $\dot{m}_F = 5 \text{ kg/s}$  (per enjin)*

Nominal engine-firing duration at full thrust = 410 s  
*Masa namaan untuk tujahan enjin pada tujahan penuh = 410 s*

Trapped oxidizer volume,  $T_{OX} = 0.9 \text{ m}^3$   
*Isipadu bahan oksida yang terperangkap,  $T_{OX} = 0.9 \text{ m}^3$*

Trapped fuel volume,  $T_F = 1.8 \text{ m}^3$   
*Isipadu bahan api yang terperangkap,  $T_F = 1.8 \text{ m}^3$*

Tank Ullage Volume,  $U = 2.5 \%$  of propellant volume  
*Isipadu tangki kosong,  $U = 2.5 \%$  daripada isipadu bahan dorong*

Determine the volume of the propellant tanks.  
*Tentukan isipadu bahan dorong.*

**(100 marks/markah)**

8. The following design data characterize the A-4 stage propulsion system, which employs a cylindrical propellant tank section with ellipsoidal ends.

*Data di bawah adalah data untuk rekabentuk sistem tujahan tahap A-4, yang terdiri daripada bahagian sebuah tangki bahan bakar yang berbentuk silinder dan hujungnya berbentuk elips.*

Required design volume of the oxidizer tank,  $V_{TO} = 120 \text{ ft}^3$   
*Isipadu tangki bahan oksida yang diperlukan,  $V_{TO} = 120 \text{ ft}^3$*

Maximum oxidizer tank pressure,  $p_{TO} = 180 \text{ psia}$   
*Tekanan maksimum yang beroperasi dalam tangki bahan oksida,  $p_{TO} = 180 \text{ psia}$*

Required design volume of the fuel tank,  $V_{TF} = 143.5 \text{ ft}^3$   
*Isipadu tangki bahan api yang diperlukan,  $V_{TF} = 143.5 \text{ ft}^3$*

Maximum fuel tank pressure,  $p_{TF} = 170 \text{ psia}$   
*Tekanan maksimum yang beroperasi dalam tangki bahan api,  $p_{TF} = 170 \text{ psia}$*

Internal radius of the cylindrical section,  $a = 41 \text{ in.}$   
*Radius dalaman bagi bahagian silinder,  $a = 41 \text{ in.}$*

Tank construction material, aluminum alloy 6066-T6  
*Bahan binaan tangki, aloi aluminium 6066-T6*

$F_y : 50,000 \text{ psia}$   
 *$F_y : 50,000 \text{ psia}$*

$F_u : 57,000 \text{ psia}$   
 *$F_u : 57,000 \text{ psia}$*

$\rho : 0.101 \text{ lb/in}^3$   
 *$\rho : 0.101 \text{ lb/in}^3$*

$E : 10.4 \times 10^6 \text{ psia}$   
 *$E : 10.4 \times 10^6 \text{ psia}$*

$\nu = 0.36$   
 *$\nu = 0.36$*

Weld efficiency,  $e_w = 100\%$   
*Pekali kimpalan,  $e_w = 100\%$*

Determine the followings:

*Tentukan yang berikut:*

- (a) Required internal dimensions of tank.

*Dimensi dalaman tangki yang diperlukan.*

**(25 marks/markah)**

- (b) Required thickness of the tank walls at various sections, considering internal pressure loads, discontinuity, and local bending stresses.

*Ketebalan dinding tangki yang diperlukan pada setiap bahagian  
(Pertimbangkan beban tekanan dalaman, ketakselajaran and tegasan lentur lokal.*

**(25 marks/markah)**

- (c) Approximate mass of the tankage.

*Anggaran jisim tangki.*

**(25 marks/markah)**

- (d) Critical external loading pressure, using a buckling coefficient  $C_b = 0.10$  for the tank ends.

*Tekanan kritikal beban luaran, sekiranya pemalar lengkokan  $C_b = 0.10$  pada hujung tangki.*

**(25 marks/markah)**