



First Semester Examination
Academic Session 2018/2019

December 2018/January 2019

ESA381 – Spacecraft Subsystem Element
[Elemen Subsistem Kapal Angkasa]

Duration : 3 hours
(Masa : 3 jam)

Please check that this examination paper consists of **EIGHT (8)** pages of printed material, and **FOUR (4)** questions before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **LAPAN (8)** mukasurat yang bercetak dan **EMPAT (4)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini].*

Instructions : Answer **ALL** questions.

Arahan : Jawab **SEMUA** 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].

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

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunapakai]

1. KOMPSAT-3 is an optical high-resolution Korean observation mission of KARI (Korea Aerospace Research Institute). The project was started in 2004. The objective is to provide observation continuity from the KOMPSAT-1 and KOMPSAT-2 missions to meet the nation's needs for high-resolution optical imagery required for GIS (Geographical Information Systems) and other environmental, agricultural and oceanographic monitoring applications.

(a). What is the subject of the mission?

(5 marks)

(b). Describe the payload selection as related to the subject of the mission.

(10 marks)

(c). To ensure the KOMPSAT satellite is function well under operational temperature, we need to install thermal subsystem for the satellite. Explain whether KOMPSAT using active or passive thermal control and why? How does the thermal subsystem used in KOMPSAT protect a spacecraft from external heat sources?

(10 marks)

2. (a). Explain the meaning of below equation for electrostatic force:

$$\vec{F} = \left(\frac{KQq}{R^2} \right) \hat{R}$$

(5 marks)

(b). Draw a complete system function for solar-powered electrical power subsystem of the satellite. Explain the function of each component.

(10 marks)

(c). All propulsion systems have the same basic elements.

(i). List the basic elements of propulsion system.

- (ii). Make a comparison in terms of advantages and disadvantages of the solar thermal rockets and nuclear-thermal rockets.

(10 marks)

3. (a). A satellite that uses multiple frequency bands usually has four or more antennas. What are the FOUR types of antennas used in satellite subsystem?

(8 marks)

- (b). Transponders for use in the 14/11-GHz (Ku-Band) normally employ a double frequency conversion scheme. Draw the simplified block diagram of a double conversion transponder (bent-pipe) operating at Ku-Band.

(10 marks)

- (c). The TT&C system is essential to the successful operation of a communications satellite. Describe the basic functions of TT&C control subsystems in the satellite

(7 marks)

4. (a). FireSat is a constellation of satellites operated at 500 km altitude planned for detecting global environmental events. For the FireSat constellation to provide continuous coverage, the center of the sensor's Field-of-View (FOV) must not deviate from nadir by more than ± 100 km. Due to these requirements, complete a conceptual design of the FireSat attitude control subsystem using the simplest available techniques. Draw a simple block diagram for your resulting subsystem.

(9 marks)

- (b). Your mechanical engineering team for the FireSat project has developed a structural configuration for the spacecraft. To accommodate the subsystems and payload within the available 0.30m×0.30m×0.30m volume, the FireSat primary structure will be composed of 0.30m×0.30m, 4mm-thick aluminum honeycomb panels, connected by a 0.3m long, 0.15m outside diameter cylindrical ‘thrust tube’ that will carry the primary launch loads. The payload sensor, sun sensors and magnetometers will attach to the top panel. The launch vehicle attach fitting will connect to the base panel along with the gravity gradient boom and rocket thruster. Secondary, non-load bearing structures will include the subsystem electronics, which will be contained in four module boxes placed around the thrust tube attached to the base panel and the four solar arrays mounted on thin honeycomb panels. Four 316 Stainless steel bolts ($F_{cy} = 290$ MPa) will hold the spacecraft to the launch vehicle and will be cut for the deployment by pyrotechnic devices. The Falcon launch vehicle will impart a peak acceleration of 20 g's lateral load during ascent. Assume the spacecraft will have a total mass at the maximum value of 15 kg, and during peak lateral acceleration, 2 of the 4 attachment bolts will experience the total tensile load. Designers are proposing to use 10 mm diameter bolts for the job. Determine if these bolts will be sufficient to provide a safety factor of 10.

The following equation might help you in solving this problem:

- (i). Minimum cross-sectional area for the bolts,

$$A_{min} = \frac{\text{design load}}{F_{cy}}$$

- (ii). Design load,

$$\text{Design Load} = \frac{(\text{launch load})(\text{safety factor})}{\text{no. bolts}}$$

- (iii). Launch load,

$$\text{launch load} = (\text{acceleration})(\text{spacecraft mass})$$

(16 marks)

1. *KOMPSAT-3 adalah misi pemantauan optikal beresolusi tinggi Korea di bawah Institut Kajian Aeroangkasa Korea. Projek ini bermula pada tahun 2004. Objektifnya adalah untuk membekalkan pemantauan bersambung daripada misi KOMPSAT-1 dan KOMPSAT-2 untuk memenuhi keperluan negara yang memerlukan imej optikal beresolusi tinggi untuk GIS (Geographical Information Systems) dan persekitaran lain, pertanian dan aplikasi untuk pemantauan oseanografi.*

(a). *Nyatakan subjek untuk misi ini?*

(5 markah)

(b). *Terangkan pemilihan bebanbayar berdasarkan subjek untuk misi tersebut.*

(10 markah)

(c). *Untuk memastikan satelit KOMPSAT berfungsi dengan baik di bawah suhu operasi, kita perlu memasang subsistem kawalan haba pada satelit. Terangkan samada KOMPSAT menggunakan kawalan haba aktif atau pasif dan mengapa? Bagaimana subsistem kawalan haba yang digunakan pada KOMPSAT melindungi kapal angkasa daripada punca haba luar?*

(10 markah)

2. (a). *Terangkan maksud persamaan di bawah mengenai kuasa elektrostatik:*

$$\vec{F} = \left(\frac{KQq}{R^2} \right) \hat{R}$$

(5 markah)

(b). *Lukis sistem fungsi untuk subsistem kuasa elektrik daripada suria untuk satelit. Terangkan fungsi setiap komponen.*

(10 markah)

- (c). *Semua sistem tujahan mempunyai elemen asas yang sama.*
- (i). *Senaraikan elemen asas untuk sistem tujahan.*
- (ii). *Buat perbandingan mengenai kelebihan dan kekurangan roket haba-suria dan roket haba-nuklear.*

(10 markah)

3. (a). *Sebuah satelit yang menggunakan pelbagai band frekuensi kebiasaannya mempunyai empat atau lebih antena. Apakah EMPAT jenis antena yang digunakan pada satelit.*

(8 markah)

- (b). *Transponder yang digunakan pada 14/11-GHz (Ku-Band) biasanya menggunakan skim tukaran frekuensi berganda. Lukiskan diagram blok transponder tukaran frekuensi berganda yang beroperasi di Ku-Band.*

(10 markah)

- (c). *Sistem TT&C adalah diperlukan untuk operasi komunikasi satelit berjaya. Terangkan fungsi asas susbsistem kawalan TT&C pada satelit.*

(7 markah)

4. (a). *FireSat adalah satelit konstelasi yang dikendalikan pada ketinggian 500 km dan dirancang untuk mengesan peristiwa alam sekitar global. Bagi konstelasi FireSat menyediakan liputan berterusan, pusat bagi Field-of-View (FOV) pengesan tidak boleh menyimpang dari nadir lebih daripada ± 100 km. Oleh kerana keperluan ini, lengkapkan reka bentuk konseptual susbsistem kawalan sikap FireSat menggunakan teknik yang paling mudah. Lukis gambarajah blok mudah untuk susbsistem yang dihasilkan.*

(9 markah)

- (b). Pasukan kejuruteraan mekanikal anda untuk projek FireSat telah membangunkan konfigurasi struktur untuk kapal angkasa. Untuk menampung subsistem dan muatan dalam $0.30\text{m} \times 0.30\text{m} \times 0.30\text{m}$ isipadu yang ada, struktur utama FireSat akan terdiri daripada $0.30\text{m} \times 0.30\text{m}$, 4mm tebal panel sarang lebah aluminium, bersambung dengan 0.3m panjang, 0.15m diameter luar tiang tujuh yang akan membawa beban pelancaran utama. Sensor bebanbayar, sensor matahari dan magnetometer akan dilampirkan di bahagian atas panel. Kenderaan pelancar bersambung ke panel pangkalan bersama dengan ledakan kecerunan graviti dan peluru roket. Struktur gelas sekunder tidak berbeban akan termasuk subsistem elektronik, yang akan terkandung dalam empat kotak modul yang diletakkan di sekitar tiub tujuh yang dilampirkan pada panel pangkalan dan empat susunan solar dipasang pada panel sarang lebah nipis. Empat 316 bolt keluli tahan karat ($F_{cy} = 290 \text{ MPa}$) akan memegang kapal angkasa ke kenderaan pelancaran dan akan dipotong untuk penggunaan oleh peranti piroteknik. Kenderaan pelancaran Falcon akan menyampaikan pecutan puncak beban 20 g's semasa pendakian. Anggapkan kapal angkasa akan mempunyai jisim total pada nilai maksimum 15 kg, dan semasa pecutan puncak puncak, 2 dari 4 bolt lampiran akan mengalami beban tegangan total. Pereka mencadangkan menggunakan bolt diameter 10 mm untuk kerja. Tentukan jika bolt ini akan mencukupi untuk memberikan faktor keselamatan sebanyak 10.

Persamaan berikut mungkin membantu anda dalam menyelesaikan masalah ini:

(i). *Kawasan keratan rentas minimum untuk bolt,*

$$A_{min} = \frac{\text{design load}}{F_{cy}}$$

(ii). *Beban reka bentuk,*

$$\text{Design Load} = \frac{(\text{launch load})(\text{safety factor})}{\text{no. bolts}}$$

(iii). *Beban pelancaran,*

$$\text{launch load} = (\text{acceleration})(\text{spacecraft mass})$$

(16 markah)

- 0000000 -