



UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2017/2018 Academic Session

January 2018

ESA381 – Spacecraft Subsystem Element
[Elemen Subsistem Kapal Angkasa]

Duration : 3 hours
Masa: 3 jam

Please check that this paper contains **NINE (9)** printed pages and **FOUR (4)** questions before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** mukasurat bercetak, dan **EMPAT (4)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan].*

Instructions : Answer **ALL** questions.

Arahan : Jawab **SEMUA** soalan].

You may 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].*

Answer to each question must begin from a new page.

[Jawapan untuk 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 diguna pakai].

1. [a] In the beginning of a new era in space exploration, human has been challenged to develop systems and capabilities required to explore beyond low-Earth orbit. Lists FIVE advantages of space make its exploration imperative for modern society?

(5 marks)

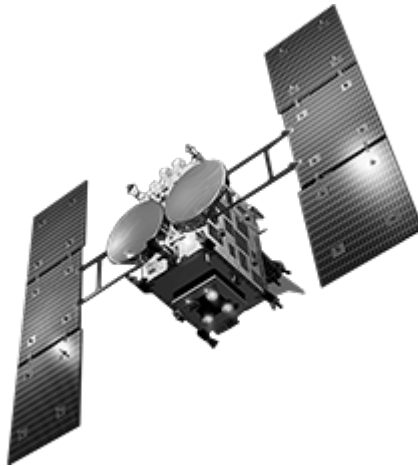


Figure 1: Hayabusa Satellite

- [b] The first mission for the satellite in **Figure 1** is to return a sample of material from the surface of a near-Earth object which is an asteroid named Itokawa.

- (i) Why we should study about asteroid?

(5 marks)

- (ii) What is the subject of the mission and how does it relate to the payload mounted on the satellite?

(5 marks)

- [c] In satellite design process, trade studies should be conduct before the detail design is finalized. Explain by using a flow chart, how the trade studies is conduct by taking into consideration the mass, power, stiffness, interfaces, accuracy, cost and schedule.

(10 marks)

2. [a] Define the electromagnetic spectrum and explain the difference between frequency and wavelength.

(5 marks)

- [b] Environmental damage from forest fires can destroy forest resources and wildlife habitats. The forest services need timely warning of new fires. You have been selected as mission scientist for FireSat mission. The requirements is this satellite can give services 24 hours worldwide and can detect fire in location not exceed 40 000 m² in low-cost budget.

- (i) Define the mission objective for this satellite

(3 marks)

- (ii) Given:

$$\lambda_{\max} = 3.22 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\text{Res} = 200 \text{ m}$$

$$\text{Pixels} = 1024 \times 1024$$

$$\text{Height, } h = 500 \text{ km}$$

$$R_{\text{detector}} = 0.01 \text{ m}$$

$$\text{Swath width} = \text{Res} \times \text{Pixels}$$

Find frequency, ground radius, sensor focal length (fl), aperture (D) and field of view (FOV)

(5 marks)

- (iii) By referring to the frequency calculated above, suggest a sensor that suitable for the FireSat mission.

(2 marks)

- [c] The NAVSTAR Global Positioning System is a space based radio navigation system which provides extremely accurate position and velocity data anywhere on the Earth to those equipped with GPS receiver.

- (i) What other applications can you think of for GPS?

(5 marks)

- (ii) One GPS error source is attributed to atmospheric delays in ground based GPS signals. Explain how this error source can be used to study atmospheric environment.

(5 marks)

3. [a] Discuss ways of Spacecraft can eject heat and explain the fundamental concept that used in each way.

(5 marks)

[b] How does multi-layer insulation protect a spacecraft from external heat source?

(5 marks)

[c] Prior to thermal-vacuum-facility testing for FireSat, engineers want to check their passive thermal design for spacecraft. The structure is cubic shaped, 0.3 m on edge, with solar panels on the four sides. Manufacturer specifications for the panels tell us their transmissivity is zero ($\epsilon=0$), their reflectivity ($\rho= 0.05$), and their absorptivity ($\alpha = 0.95$). Panel emissivity is 0.85. The top and bottom square sections of the spacecraft are covered in multi-layer insulation (MLI) providing an effective emissivity of 0.0 and absorptivity of 0.0 (perfect insulator). The spacecraft bus requires 11.5 W of power to operate. During payload operations, an additional 20W peak power is consumed.

Determine the equilibrium temperature for the spacecraft for the spacecraft with full sunlight on one solar panel during payload operation and in eclipse (no payload operation during an eclipse). You can ignore the input of "Earthshine (237 W/ m²) on the nadir –facing panel since it is covered in MLI

(15 marks)

4. [a] Describe how gyroscopic precession works. Demonstrate how it can be used to control a satellite.

(5 marks)

- [b] 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.

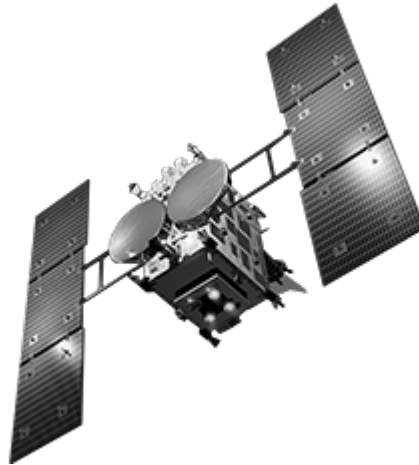
(12 marks)

- [c] A satellite is using two symmetrically inclined momentum wheels in a V configuration as in Figure 1. Rotational axis of both wheels lie in the $Y_B - Z_B$ plane, and they deviate from the Y_B axis by an angle α . Define the total angular momentum by the wheels along the Y_B axis.

(8 marks)

1. [a] *Ketika permulaan era baru dalam penerokaan angkasa lepas, manusia telah dicabar untuk membangunkan sistem dan keupayaan yang diperlukan untuk pergi lebih jauh dari orbit rendah Bumi. Senaraikan **LIMA** kelebihan penerokaan angkasa lepas yang sangat penting untuk masyarakat moden?*

(10 markah)



Rajah 1: Hayabusa Satelit

[b] *Misi pertama satelit dalam gambarajah 1 adalah untuk membawa pulang bahan dari permukaan objek berhampiran Bumi iaitu asteroid bernama Itokawa.*

- (i) *Kenapa kita perlu meneroka asteroid?*

(5 markah)

- (ii) *Apakah subjek kepada misi satelit ini dan apakah hubungannya dengan bebanbayar yang dimuatkan di dalam satelit?*

(10 markah)

[c] *Di dalam proses merekacipta satelit, kajian keseimbangan perlu dilakukan sebelum perincian rekacipta dimuktamadkan. Dengan menggunakan carta alir, terangkan bagaimana kajian keseimbangan dijalankan dengan mengambilkira berat, kekakuan, kuasa, antaramuka, ketepatan, kos dan jadual.*

(20 markah)

2. [a] *Takrifkan spektrum elektromagnetik dan terangkan perbezaan di antara frekuensi dan panjang gelombang.*

(10 markah)

- [b] *Kemusnahan alam disebabkan oleh kebakaran hutan menyebabkan kemusnahan sumber hutan dan habitat hidupan liar. Jabatan Hutan memerlukan amaran setiap masa mengenai kebakaran hutan. Kamu telah dipilih sebagai saintis misi untuk misi FireSat. Keperluan untuk satelit ini adalah ia mampu memberi perkhidmatan 24 jam seluruh dunia dan boleh mengesan api di dalam lokasi sekitar 40 000 m² dengan kos yang rendah.*

- (i) *Takrifkan misi objektif untuk satelit ini.*

(3 markah)

- (ii) *Diberi:*

$$\lambda_{\max} = 3.22 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\text{Res} = 200 \text{ m}$$

$$\text{Pixel} = 1024 \times 1024$$

$$\text{Tinggi, } h = 500 \text{ km}$$

$$R_{\text{detector}} = 0.01 \text{ m}$$

$$\text{Lebar sapuan} = \text{Res} \times \text{Pixel}$$

Cari frekuensi, jejari di Bumi, panjang fokal (f), apertur (D) dan medan penglihatan (FOV)

(5 markah)

Dengan merujuk kepada nilai frekuensi yang dikira di atas, cadangkan satu sensor yang sesuai dengan misi FireSat.

(2 markah)

- [c] *Sistem Navigasi Global NAVSTAR adalah rangkaian sistem navigasi angkasa yang membekalkan kedudukan yang sangat tepat dan data kelajuan di mana-mana sahaja di Bumi ini kepada sesiapa yang mempunyai penerima GPS.*

- (i) *Apakah kegunaan GPS yang lain yang dapat difikirkan?*

(10 markah)

- (ii) *Satu punca kepada ralat GPS menyumbang kepada penanguhan data atmosfera di stesen bumi GPS. Terangkan bagaimana sumber ralat ini boleh digunakan untuk mengkaji persekitaran atmosfera.*

(10 markah)

3. **[a]** Bincangkan cara-cara pengeluaran haba bagi Kapal Angkasa dan terangkan konsep asas bagi setiap cara itu.

(5 markah)

[b] Bagaimana penebat pelbagai lapisan melindungi kapal angkasa daripada sumber haba luar ?

(5 markah)

[c] Sebelum ujian vakum haba untuk FireSat, para jurutera mahu menyemak reka bentuk terma pasif mereka untuk kapal angkasa. Struktur ini berbentuk kubik, 0.3 m di pinggir, dengan panel solar di empat sisi. Spesifikasi pengilang untuk panel menjelaskan bahawa keterusan adalah sifar ($\epsilon = 0$), reflektiviti ($\rho = 0.05$), dan penyerapannya ($\alpha = 0.95$). Keterusan panel adalah 0.85. Bahagian empat segi atas dan bawah kapal angkasa ditutup dalam penebat pelbagai lapisan (MLI) yang menyediakan keterusan yang berkesan 0.0 dan penyerapan 0.0 (penebat sempurna). Bas kapal angkasa memerlukan 11.5 W kuasa untuk beroperasi. Semasa operasi muatan, kuasa puncak tambahan 20W digunakan.

Tentukan suhu keseimbangan bagi kapal angkasa untuk kapal angkasa dengan cahaya matahari penuh pada satu panel solar semasa operasi muatan, dan dalam gerhana (tiada operasi muatan semasa gerhana). Anda boleh mengabaikan input Kilauan bumi (237 W / m^2) pada panel menghadap nadir kerana ia ditutupi MLI

(15 markah)

4. [a] *Terangkan bagaimana precession gyroscopic berfungsi. Tunjukkan bagaimana ia boleh digunakan untuk mengawal satelit.*

(5 markah)

- [b] *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) pengesanan tidak boleh menyimpang dari nadir lebih daripada ± 100 km. Oleh kerana keperluan ini, lengkapkan reka bentuk konseptual subsistem kawalan sikap FireSat menggunakan teknik yang paling mudah. Lukis gambarajah blok mudah untuk subsistem yang dihasilkan.*

(12 markah)

- [c] *Sebuah satelit menggunakan dua buah roda kepesatan yang simetri dan dicondongkan supaya membentuk huruf 'V' seperti pada **Gambarajah 3**. Paksi putaran kedua-dua roda kepesatan berada pada satah $Y_B - Z_B$ badan satelit, yang mana kedua-duanya dicondongkan daripada paksi Y_B dengan sudut sebanyak α darjah. Tentukan jumlah momentum dihasilkan oleh kedua-dua roda kepesatan pada paksi Y_B .*

(8 markah)

ooo000ooo