

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
Academic Session 2012/2013

June 2013

**ESA 367/2 – Flight Stability & Control I**  
*[Kestabilan & Kawalan Penerbangan I]*

Duration : 2 hours  
*[Masa : 2 jam]*

---

Please ensure that this paper contains **SEVEN (7)** printed pages and **THREE (3)** questions before you begin examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **TUJUH (7)** mukasurat bercetak, dan **TIGA (3)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan].*

**Instruction** : Answer **THREE (3)** questions.

**Arahan** : Jawab **TIGA (3)** soalan.

Student may answer the questions either in **English** or **Bahasa Malaysia**.

*[Pelajar boleh menjawab soalan dalam **Bahasa Inggeris** atau **Bahasa Malaysia**].*

Each question must begin from a new page.

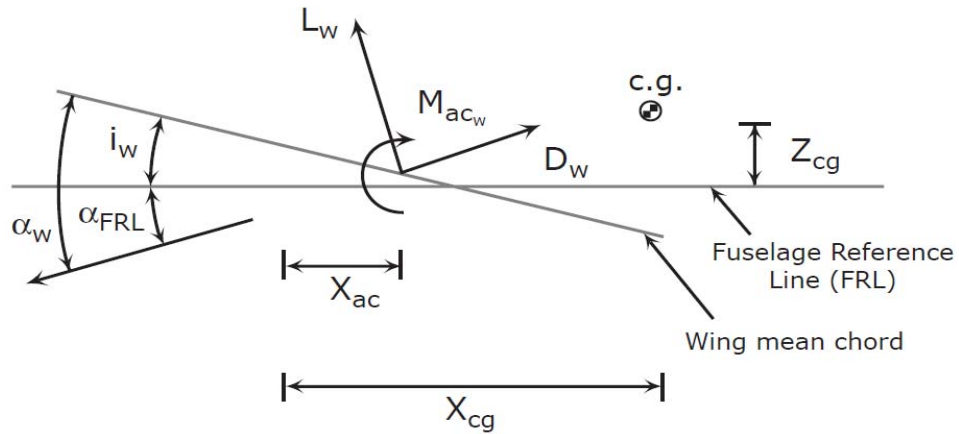
*[Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.]*

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

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].*

Answer **THREE (3)** questions.  
 Jawab **TIGA (3)** soalan.

1. [a] With the aid of a diagram, describe the axes systems used in aircraft stability and control analysis. State the conditions when the use of each axis system might be preferred. **(15 marks)**
- [b] By using Figure 1, develop an expression for the moment coefficient about the center of gravity for wing contribution.



**Figure 1**

**(45 marks)**

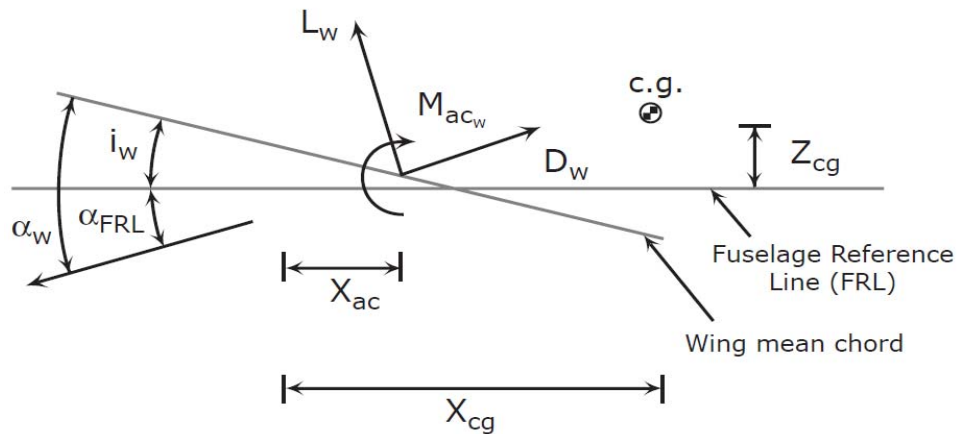
- [c] A wing-body model is tested in a subsonic wind tunnel. The lift is found to be zero at an angle of attack  $\alpha = -1.5^\circ$ . At  $\alpha = 5^\circ$ , the lift coefficient is measured as 0.52. Also, at  $\alpha = 1.0^\circ$  and  $\alpha = 7.88^\circ$ , the moment coefficients about the center of gravity are measured as  $-0.01$  and  $0.05$ , respectively. The center of gravity is located at  $0.35\bar{c}$ . Calculate the location of the aerodynamic center and the value of  $C_{m_{ac_{wb}}}$ .

**(40 marks)**

1. [a] Dengan bantuan gambar rajah lakarkan sistem-sistem koordinat yang digunakan dalam kajian kestabilan dan kawalan kapal terbang. Nyatakan keadaan bila setiap sistem koordinat itu digunakan.

(15 marks)

- [b] Dengan menggunakan gambar rajah 1, hasilkan ungkapan untuk pekali momen pada titik graviti yang disumbangkan oleh sayap.



Gambar rajah 1

(45 markah)

- [c] Sebuah model sayap-badan diuji di dalam sebuah terowong angin. Didapati daya angkat bersamaan dengan kosong pada sudut serang  $\alpha = -1.5^\circ$ . Pada  $\alpha = 5^\circ$ , pekali daya angkat diukur adalah 0.52. Juga, pada  $\alpha = 1.0^\circ$  dan  $\alpha = 7.88^\circ$ , pekali momen sekitar pusat graviti diukur bersamaan dengan  $-0.01$  dan  $0.05$ , masing-masing. Pusat graviti terletak pada  $0.35\bar{c}$ . Kirakan lokasi pusat aerodinamik dan nilai  $C_{m_{ac_{wb}}}$ .

(40 markah)

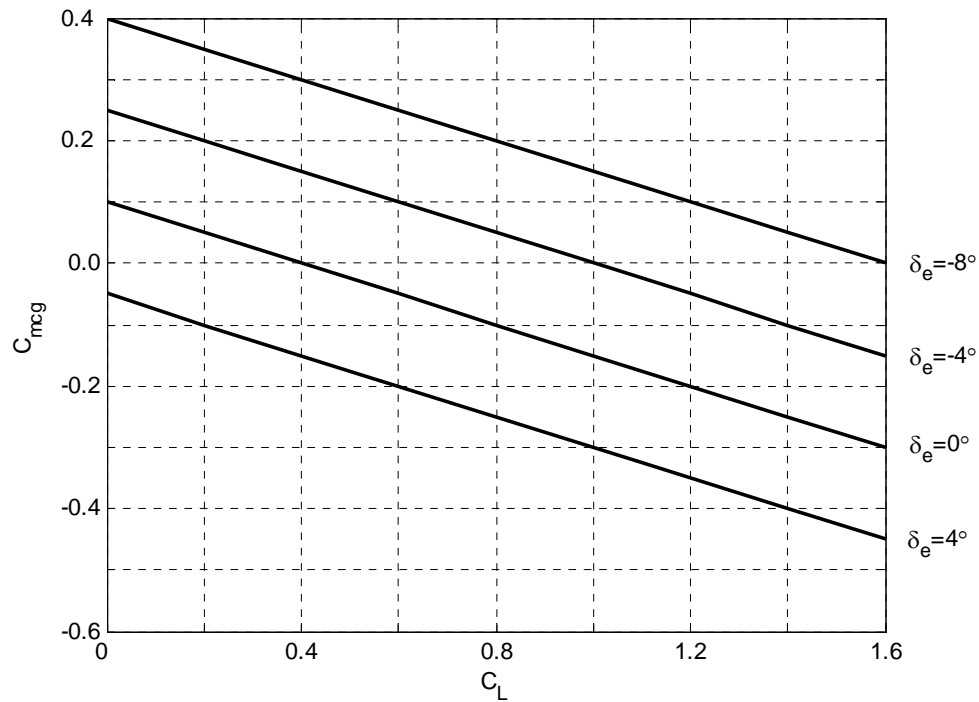
2. [a] Control of the pitch attitude of the aircraft can be achieved by deflecting all or a portion of its associated control surfaces. Describe briefly all factors affecting the design of these control surfaces.

**(15 marks)**

- [b] The pitching moment characteristics of a general aviation airplane with the landing gear and flaps in their retracted position are given in Figure 2. Note that  $x_{cg} = 0.25\bar{c}$  and  $S = 150 \text{ ft}^2$ .

[i] Where the stick fixed neutral point is located?

[ii] If the airplane weighs 2500 lbs and is flying at 150 ft/s at sea level,  $\rho = 0.002378 \text{ slug/ft}^3$ , what is the elevator angle required for trim?



**Figure 2**

**(40 marks)**

- [c] Show that the force equations of an aircraft is given by

$$\begin{aligned} X - mg \sin \theta &= m(\dot{u} + qw - rv) \\ Y + mg \cos \theta \sin \phi &= m(\dot{v} + ru - pw) \\ Z + mg \cos \theta \cos \phi &= m(\dot{w} + pv - qu) \end{aligned}$$

**(45 marks)**

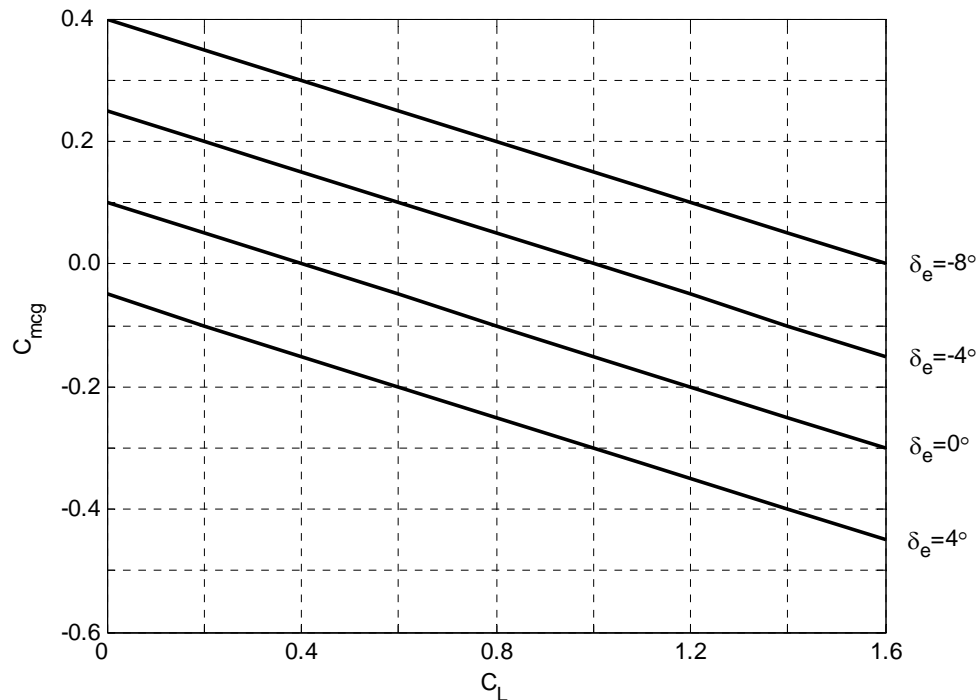
2. [a] *Kawalan sudut anggul sebuah pesawat boleh dicapai dengan memesonkan kesemua atau sebahagian permukaan kawalan yang berkaitan. Terangkan dengan ringkas kesemua faktor yang mempengaruhi reka bentuk permukaan kawalan ini.*

(15 markah)

- [b] *Sifat momen anggul sebuah pesawat penerbangan am dengan peralatan pendaratan dan kepak dengan posisi ke dalam adalah seperti di dalam gambar rajah 2.*

[i] *Di manakah posisi titik neutral 'stick' tetap?*

[ii] *Jika berat pesawat adalah 2500 lbs dan terbang pada 150 ft/s pada paras laut,  $\rho = 0.002378 \text{ slug/ft}^3$ , apakah sudut penaik yang dikehendaki untuk trim?*



Gambar Rajah 2

(40 markah)

- [c] *Tunjukkan bahawa persamaan daya pesawat adalah diberikan seperti berikut*

$$\begin{aligned} X - mg \sin \theta &= m(\dot{u} + qw - rv) \\ Y + mg \cos \theta \sin \phi &= m(\dot{v} + ru - pw) \\ Z + mg \cos \theta \cos \phi &= m(\dot{w} + pv - qu) \end{aligned}$$

(45 markah)

3. [a] Describe two modes of longitudinal motion. **(20 marks)**

- [b] The differential equation for the constrained center of gravity pitching motion of an aircraft is computed to be

$$\ddot{\alpha} + 4\dot{\alpha} + 36\alpha = 0$$

Find the following:

[i]  $\omega_n$ , natural frequency, rad/s

[ii]  $\zeta$ , damping ratio

[iii]  $\omega_d$ , damped natural frequency, rad/s

**(40 marks)**

- [c] The short-period equations of an aircraft with control input from the elevator are expressed as follows:

$$\begin{bmatrix} \Delta\ddot{\alpha} \\ \Delta\dot{q} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{Z_\alpha}{u_0} & 1 \\ M_\alpha + \frac{M_{\dot{\alpha}}Z_\alpha}{u_0} & M_q + M_{\dot{\alpha}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta\alpha \\ \Delta q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{\delta_e}/u_0 \\ M_{\delta_e} + M_{\dot{\alpha}}Z_{\delta_e}/u_0 \end{bmatrix} \Delta\delta_e$$

Define the transfer function for the change in pitch rate to the change in elevator angle.

**(40 marks)**

3. [a] *Tentukan halaju membulat jasad pesawat dalam sebutan sudut Euler dan kadar sudut Euler.* **(20 markah)**

- [b] *Persamaan pembezaan untuk gerakan angkul pada pusat graviti bagi sebuah kapal terbang adalah seperti berikut*

$$\ddot{\alpha} + 4\dot{\alpha} + 36\alpha = 0$$

*Cari yang berikut:*

[i]  $\omega_n$ , frekuensi tabii, rad/s

[ii]  $\zeta$ , nisbah redaman.

[iii]  $\omega_d$ , frekuensi tabii teredam, rad/s

**(40 markah)**

- [c] *Persamaan tempoh pendek untuk sebuah kapal terbang dengan input kawalan dari penaik adalah seperti berikut:*

$$\begin{bmatrix} \Delta \dot{\alpha} \\ \Delta \dot{q} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{Z_{\alpha}}{u_0} & 1 \\ M_{\alpha} + \frac{M_{\dot{\alpha}} Z_{\alpha}}{u_0} & M_q + M_{\dot{\alpha}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta \alpha \\ \Delta q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{\delta_e}/u_0 \\ M_{\delta_e} + M_{\dot{\alpha}} Z_{\delta_e}/u_0 \end{bmatrix} \Delta \delta_e$$

*Tentukan rangkap pindah untuk perubahan kadar anggul kepada perubahan sudut penaik.*

**(40 markah)**

00000000