



First Semester Examination  
Academic Session 2018/2019

December 2018/January 2019

**ESA343 – Aircraft Aerodynamics**  
**[Aerodinamik Pesawat]**

Duration : 2 hours

Masa : 2 jam

---

Please check that this examination paper consists of **TEN (10)** pages of printed material, and **FOUR (4)** questions before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEPULUH (10)** mukasurat yang bercetak dan **EMPAT (4)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan ini].*

**Instructions** : Answer **ALL** of the questions.

**Arahan** : Jawab **SEMUA** soalan].

Answer all questions in English only.

*[Jawab semua soalan di dalam Bahasa Inggeris sahaja].*

Each answer must begin from a new page.

*[Setiap jawapan 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 digunakan].*

For the questions that require explanation, you are expected to answer the questions as detailed as possible with properly and fully constructed sentences to receive full credits.

*[Bagi soalan-soalan yang memerlukan penerangan, anda di minta untuk menjawab soalan-soalan tersebut secara terperinci dengan menggunakan ayat yang disusun lengkap untuk menerima kredit yang penuh].*

Each student is allowed to bring an A4-sized sheet of self-prepared two-page summary note.

*[Setiap pelajar dibenarkan untuk membawa sehelai nota ringkasan bersaiz A4 yang mempunyai dua mukasurat yang ditulis sendiri].*

1. You are given an aircraft (Boeing 777-200) as shown in **Figure 1** below and you need to analyze the following scenarios.



**Figure 1:** Boeing 777-200 Aircraft

- (a). If you plan to use a wind tunnel and you need to scale-down the real model, **identify** the main constraint that you need to be aware to make sure that the flow condition in the wind tunnel is **dynamically similar** to the reality.

**(5 marks)**

- (b). Imagine that you are the Malaysia Airlines's pilot in which the Boeing aircraft decelerates until it reaches its minimum flight speed. If you want to maintain the same altitude, **identify** your response as a pilot with respect to the **angle of attack**, **lift coefficient** and **dynamic pressure**. You can state reasonable assumptions/justifications to resolve the situation.

**(15 marks)**

2. Your task is to analyze an aircraft with the wing taper ratio is 0.8 with an aspect ratio of 9 and area of  $180 \text{ ft}^2$ . The distance of the aircraft's nose to the mean aerodynamic center of the horizontal tail and the aircraft's center of gravity location is 30 ft. and 10 ft., respectively. To simplify your analysis, the horizontal tail volume coefficient is 0.9, the horizontal tail aspect ratio is 6 and the horizontal tail taper ratio is 0.5. The vertical tail effect in the aircraft can be ignored. The aircraft is flying at a speed of 200 ft/s at an altitude where the density is  $0.000891 \text{ slug/ft}^3$  and the viscosity is  $3.107 \times 10^{-7} \text{ lb.-s/ft}^2$ . **Calculate** the **skin friction coefficient** for the **horizontal tail**.

(30 marks)

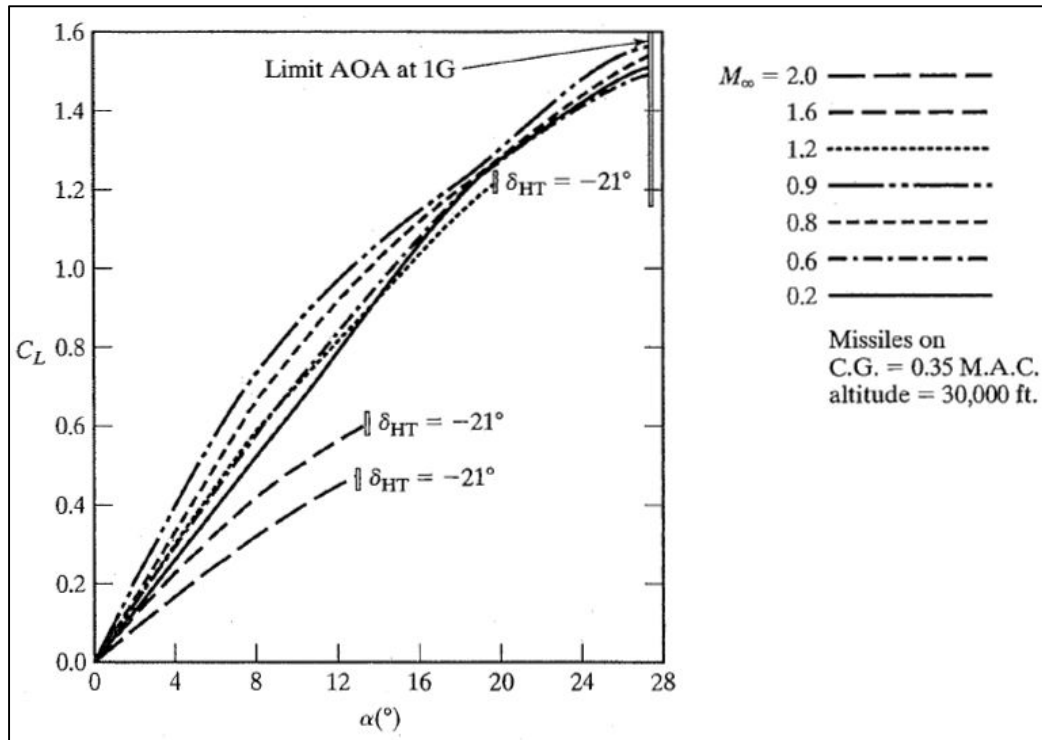
3. Imagine that you are a pilot of an F-16 aircraft. The weight of your F-16 aircraft is 24,000 pounds and the wing area is  $200 \text{ ft}^2$  and the aircraft maximum lift coefficient,  $C_{L \text{ max}} = 1.5$ . You want to maintain a constant altitude of 35,000 ft (density =  $0.0008907 \text{ slugs/ft}^3$ , temperature =  $411.8^\circ\text{R}$ ,  $\gamma = 1.4$ ,  $R = 1716$ ).

- (a). **Calculate** the **Mach number** at minimum speed where the angle of attack =  $27.5^\circ$ .

(5 marks)

- (b). Then, **calculate** the corresponding **flight speed** by using the plot in **Figure 2** if the angle of attack decreases from  $24^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $16^\circ$ ,  $12^\circ$ ,  $8^\circ$  to  $4^\circ$ .

(10 marks)

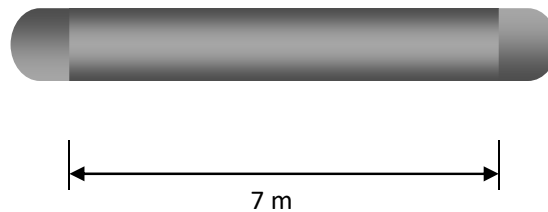


**Figure 2:** Trimmed lift coefficient as a function of the angle of attack for the F-16

- (c) **Plot** a graph of the **angle of attack** as a **function of the speed** as your F-16 aircraft decelerates until it reaches its minimum flight speed.

**(10 marks)**

4. Imagine that you are working on a top-secret project for the Ministry of Defense. Your task is to design a finless missile that can fly at  $V = 180$  m/s (density =  $1.225$  kg/m<sup>3</sup>, viscosity =  $1.7894 \times 10^{-5}$  kg/m.s). The missile is a cylinder with a length of 7 m and a diameter of 0.5 m while the nose and tail have a hemisphere shape as shown in **Figure 3**. Total surface area of a solid hemisphere including the base is  $3\pi r^2$ . The body form factor for the missile is 1.2.



**Figure 3:** A finless missile

- (a). If the missile is flying at maximum ( $C_L/C_D$ ), **calculate** the **total drag** of the missile.  
**(20 marks)**
- (b). Assuming that the missile is launched at about 2500 m above ground, **calculate** on how it can be launched to reach a range of 45 km?  
**(5 marks)**

1. Anda diberikan sebuah pesawat (Boeing 777-200) seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1** dan anda perlu menganalisa senario berikut:



**Rajah 1:** Pesawat Boeing777-200

- (a). Sekiranya anda bercadang untuk menggunakan terowong angin dan perlu mengecilkan saiz model sebenar, kenalpasti kekangan utama yang perlu anda ketahui untuk memastikan bahawa keadaan aliran di dalam terowong angin hampir sama dengan realiti secara dinamik?

**(5 markah)**

- (b). Bayangkan anda seorang juruterbang Syarikat Penerbangan Malaysia dan pesawat Boeing anda menyahpecut sehingga ia mencapai halaju penerbangan minimum. Sekiranya anda ingin mengekalkan ketinggian yang sama, kenalpasti maklumbalas anda sebagai juruterbang terhadap sudut serangan, pemalar angkat dan tekanan dinamik. Anda boleh menyatakan anggapan/justifikasi yang bersesuaian untuk menyelesaikan situasi tersebut.

**(15 markah)**

2. Anda ditugaskan untuk menganalisa sebuah pesawat yang mempunyai nisbah tirus 0.8 dengan nisbah aspek sayap 9 dan keluasan sayap 180 ft<sup>2</sup>. Jarak dari muncung pesawat ke pusat aerodinamik min bagi ekor melintang ialah 30 ft dan lokasi pusat aerodinamik pesawat ialah 10 ft. Bagi memudahkan analisis, pekali isipadu ekor melintang diberikan sebanyak 0.9, nisbah aspek ekor melintang ialah 6 dan nisbah tirus ialah 0.5. Kesan ekor menegak boleh diabaikan. Pesawat terbang pada kelajuan 200 ft/s pada ketinggian yang mempunyai ketumpatan 0.000891 slug/ft<sup>3</sup> dan kelikatan 3.107x10<sup>-7</sup> lb.-s/ft<sup>2</sup>. Hitung pekali geseran kulit bagi ekor melintang.

**(30 markah)**

3. Bayangkan anda merupakan seorang juruterbang pesawat F-16. Berat pesawat F-16 tersebut adalah 24,000 lb dan keluasan sayapnya adalah 200 ft<sup>2</sup> dan pesawat mempunyai  $C_{L \max} = 1.5$ . Anda ingin mengekalkan ketinggian secara malar pada 35,000 kaki (ketumpatan = 0.0008907 slugs/ft<sup>3</sup>, suhu = 411.8°R,  $\gamma = 1.4$ ,  $R = 1716$ ).

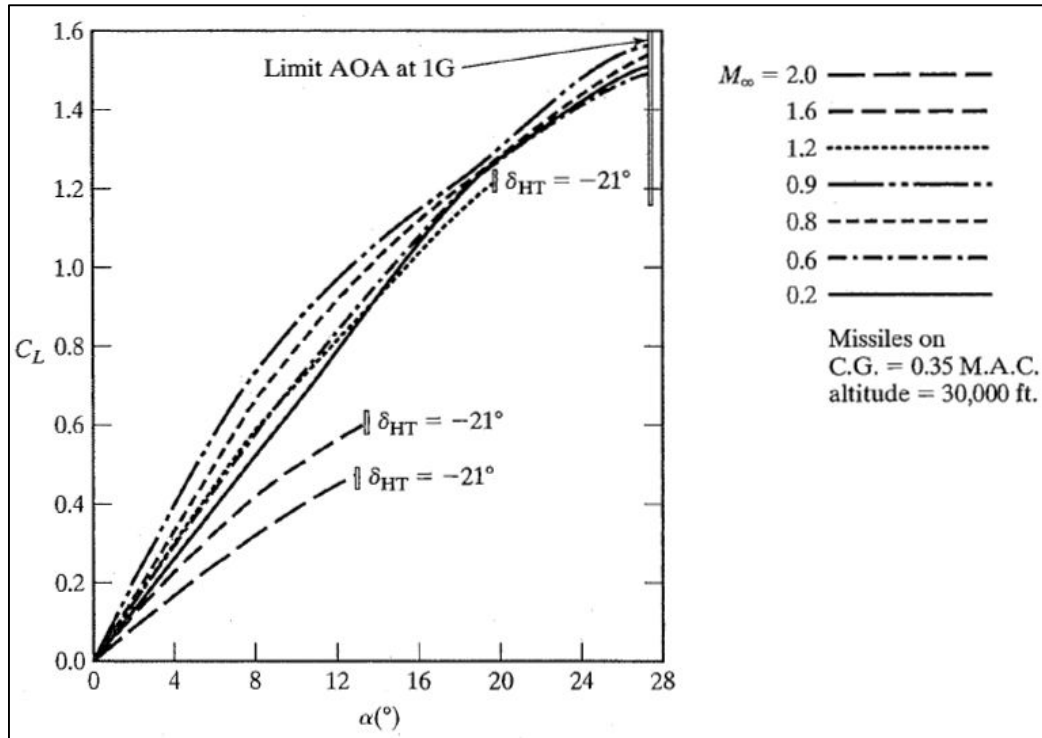
- (a). Hitung nombor Mach yang sepadan pada kelajuan minimum apabila sudut serangannya adalah = 27.5°.

**(5 markah)**

- (b). Kemudian, hitungkan kelajuan yang sepadan graf dalam **Rajah 2** sekiranya sudut serangan menurun daripada 24°, 20°, 16°, 12°, 8° ke 4°.

**(10 markah)**



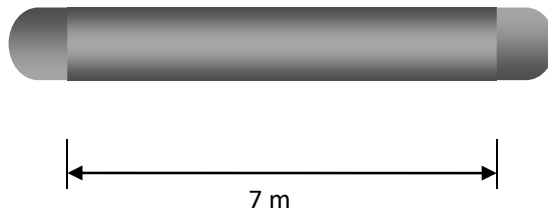


**Rajah 2:** Pemalar angkat 'trim' sebagai fungsi sudut serangan bagi pesawat F-16

- (c). Plotkan graf sudut serangan sebagai fungsi halaju apabila pesawat F-16 tersebut menyahpecut sehingga ia mencapai halaju minimum pesawat.

(10 markah)

4. Bayangkan anda sedang bekerja dalam satu projek rahsia untuk Kementerian Pertahanan. Tugas anda ialah merekabentuk sebuah peluru berpandu yang boleh terbang pada  $V = 180 \text{ m/s}$  (ketumpatan =  $1.225 \text{ kg/m}^3$ , kelikatan =  $1.7894 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s}$ ). Peluru berpandu itu berbentuk silinder dengan panjang 7 m dan diameter 0.5 m serta muncung dan ekornya berbentuk hemisfera seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 3**. Jumlah keluasan permukaan pepejal hemisfera termasuk bahagian tapak ialah  $3\pi r^2$ . Nilai faktor formulasi badan bagi peluru berpandu itu ialah 1.2.



**Rajah 3:** Peluru berpandu

- (a). Sekiranya peluru berpandu itu terbang pada  $(C_L/C_D)$  maksimum, hitung daya seretan keseluruhan peluru berpandu tersebut.

**(20 markah)**

- (b). Anggapkan yang peluru berpandu itu dilancarkan pada 2500 m dari aras tanah, kenal pasti bagaimana ia boleh dilancarkan untuk mencapai jarak sejauh 45km?

**(5 markah)**