
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2015/2016 Academic Session

December 2015/ January 2016

ESA 343/2 – Aircraft Aerodynamics
[Aerodinamik Pesawat]

Duration : 2 hours
[Masa : 2 jam]

Please ensure that this paper contains **SEVEN (7)** printed pages and **FOUR (4)** questions before you begin examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **TUJUH (7)** mukasurat bercetak dan **EMPAT (4)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan].*

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].

Partial credits will be given accordingly to the work shown correctly.

[Sebahagian kredit akan diberikan secara berpatutan untuk jalan kerja yang ditunjukkan dengan betul].

Answer **ALL** of the questions.

1. Formulate an expression for the **aspect ratio** of a delta wing as shown in **Figure 1** in terms of:

[a] The **leading edge sweep angle**, Λ_{LE} .

(5 marks)

[b] The **quarter chord sweep angle**, $\Lambda_{c/4}$

(5 marks)

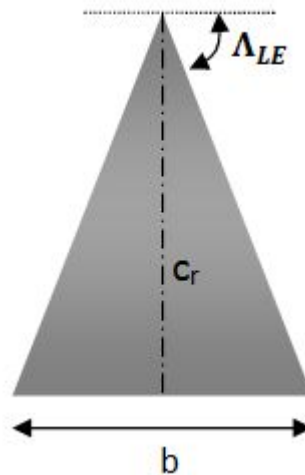


Figure 1: Delta wing

2. Imagine that you are working on a top secret project and your task is to design a finless missile that can fly at $V = 660$ ft/s at sea-level altitude (viscosity = 3.74×10^{-7} slug/fts, density = 0.002377 slugs/ft³). The body of the missile looks like a cylinder as shown in Figure 2, with a length of 20 ft and a diameter of 2.4 ft, while the nose has a cone-like shape with a height of 3 ft (Cone lateral surface area is given as $\pi r l$; r = radius, l = slant height of the cone). The reference area of the missile is equivalent to the cross sectional area of the missile body. If the finless missile is flying at maximum (C_L/C_D), calculate the **total drag** of the finless missile.

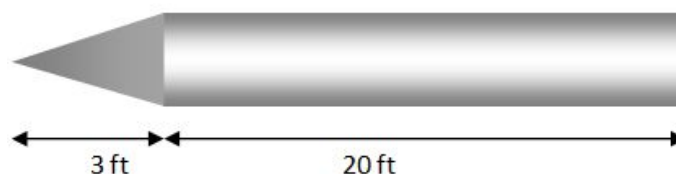


Figure 2: Finless missile

(25 marks)

3. Imagine that you are an engineer working for the Ministry of Defence. Your task is to design an aircraft with a trapezoidal wing shape and your superior has given some additional information as shown in **Table 1** below:

Table 1

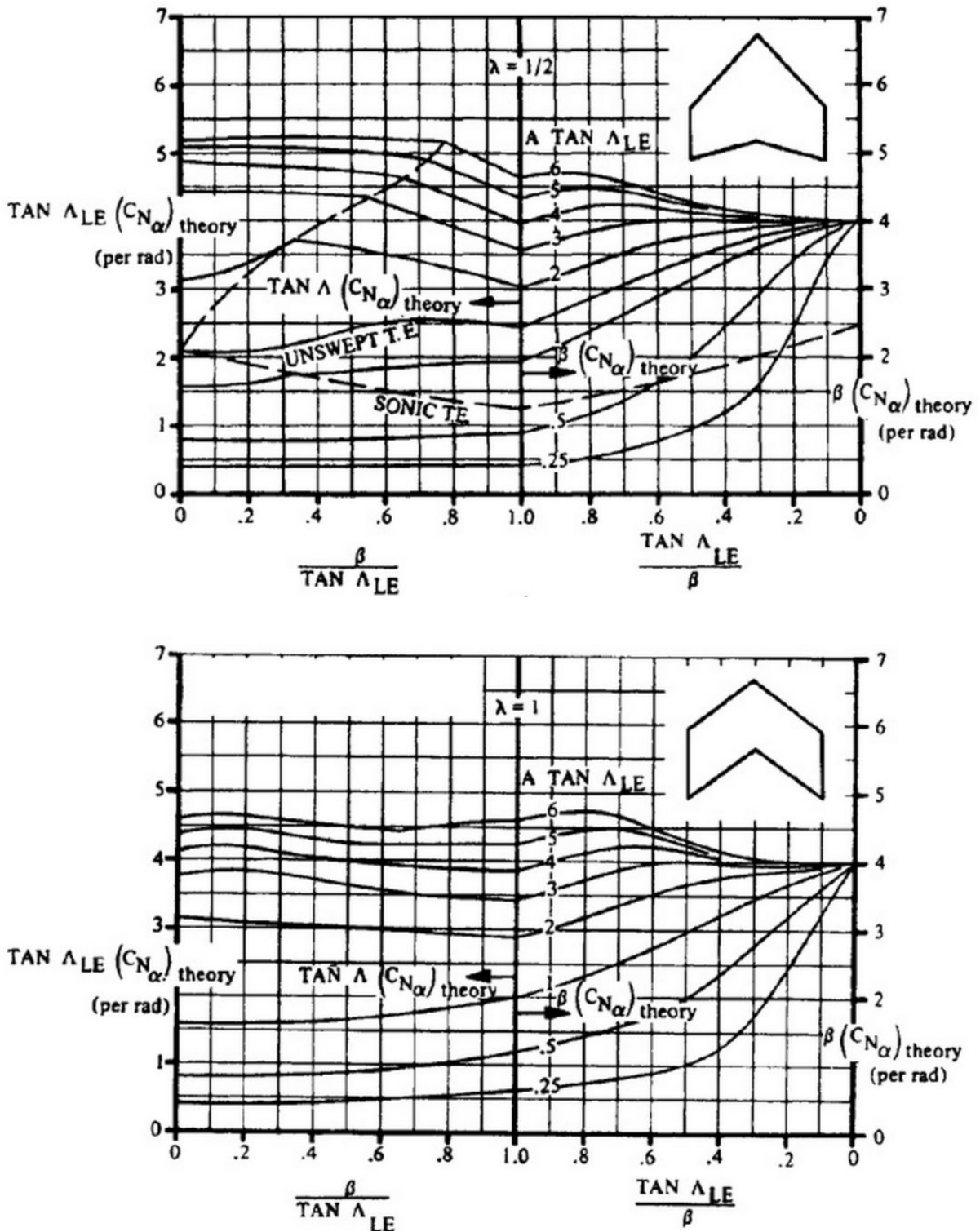
Wing taper ratio	0.5
Wing aspect ratio	7.07
Wing area	176 ft ²
Horizontal tail volume coefficient	0.7

The aircraft center of gravity location is 7.87 ft and the distance from the aircraft nose to the mean aerodynamic centre of the horizontal tail is 25 ft. To simplify your analysis, the vertical tail effect in the aircraft is ignored. If the aircraft is flying at a speed of 400 ft/s at an altitude where the density is 0.000891 slug/ft³ and the viscosity is 3.107×10^{-7} lb-s/ft²:

- [a] Sketch the location of the relevant dimension to calculate the **horizontal tail length**.
(5 marks)
- [b] Estimate the **skin friction coefficient** for the **wing**.
(15 marks)
- [c] Estimate the **skin friction coefficient** for the **horizontal tail**.
(15 marks)
- [d] Compare the values and evaluate the difference between these two values.
(5 marks)
- [e] Do you think the tail aspect ratio value is practical if compared with the wing aspect ratio? Justify your answer.
(5 marks)
4. Consider a wing with a thin, symmetric airfoil section in Mach 2 airflow at an angle of attack of 1.5°. If the wing is swept at an angle of 60°, with an aspect ratio of 2.56

and a taper ratio of 1, calculate the **wing lift coefficient**. Use the correct chart as shown in **Figure 3** to solve the problem.

(20 marks)



Jawab SEMUA soal di **Figure 3: Normal-force curve slope for supersonic wings**

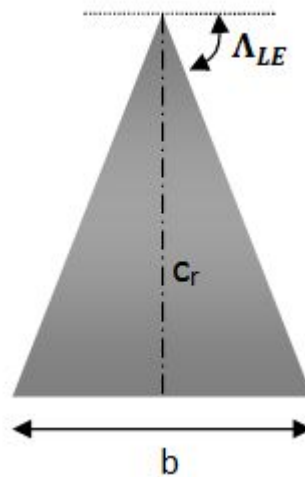
1. Formulasikan ekspresi untuk **nisbak aspek** sebuah sayap berbentuk delta seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 1** dalam terma:

[a] Sudut sayap sapu pinggir depan, Λ_{LE} .

(5 markah)

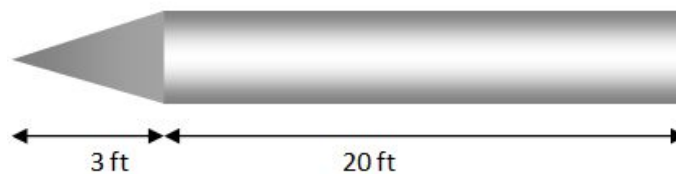
[b] Sudut sayap sapu suku rentas, $\Lambda_{C/4}$

(5 markah)



Rajah 1: Sayap Delta

2. Bayangkan anda bekerja dalam satu projek rahsia dan tugas anda adalah untuk merekabentuk sebuah misil tidak bersirip yang boleh terbang dengan kelajuan $V = 660 \text{ ft/s}$ pada aras laut (kelikatan $= 3.74 \times 10^{-7} \text{ slug/fts}$, ketumpatan $= 0.002377 \text{ slugs/ft}^3$). Badan misil itu berbentuk silinder seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 2** dengan panjang 20 ft dan diameter 2.4 ft, serta muncung berbentuk seperti kon dengan tinggi 3 ft (Keluasan sisi kon diberi sebagai $\pi r l$; r = jejari, l = tinggi condong kon). Keluasan rujukan misil bersamaan dengan keratan rentas badan misil tersebut. Sekiranya missile terbang pada maksimum (C_L/C_D), kira keseluruhan **daya seret** misil tidak bersirip itu.



Rajah 2: Misil tidak bersirip

(25 markah)

3. Bayangkan anda merupakan seorang jurutera untuk Kementerian Pertahanan. Anda ditugaskan untuk merekabentuk sebuah pesawat yang mempunyai sayap berbentuk

trapezoid dan majikan anda telah memberi beberapa maklumat tambahan seperti **Jadual 1** di bawah:

Jadual 1

<i>Nisbah tirus sayap</i>	0.5
<i>Nisbah aspek sayap</i>	7.07
<i>Luas sayap</i>	176 kaki persegi
<i>Pekali isipadu ekor melintang</i>	0.7

Lokasi pusat graviti pesawat ialah 7.87 ft dan jarak dari muncung pesawat ke pusat aerodinamik min bagi ekor melintang ialah 25 ft. Bagi memudahkan analisis, kesan sayap tegak diabaikan. Sekiranya pesawat terbang pada kelajuan 400 ft/s pada altitud yang mempunyai ketumpatan $0.000891 \text{ slug/ft}^3$ dan kelikatan $3.107 \times 10^{-7} \text{ lb-s/ft}^2$:

[a] Lakarkan lokasi dimensi yang berkaitan untuk mengira **panjang ekor melintang**.

(5 markah)

[b] Anggarkan **pekali geseran kulit** bagi sayap.

(15 markah)

[c] Anggarkan **pekali geseran kulit** bagi ekor melintang.

(15 markah)

[d] Bandingkan nilainya dan bandingkan perbezaan kedua-dua nilai tersebut.

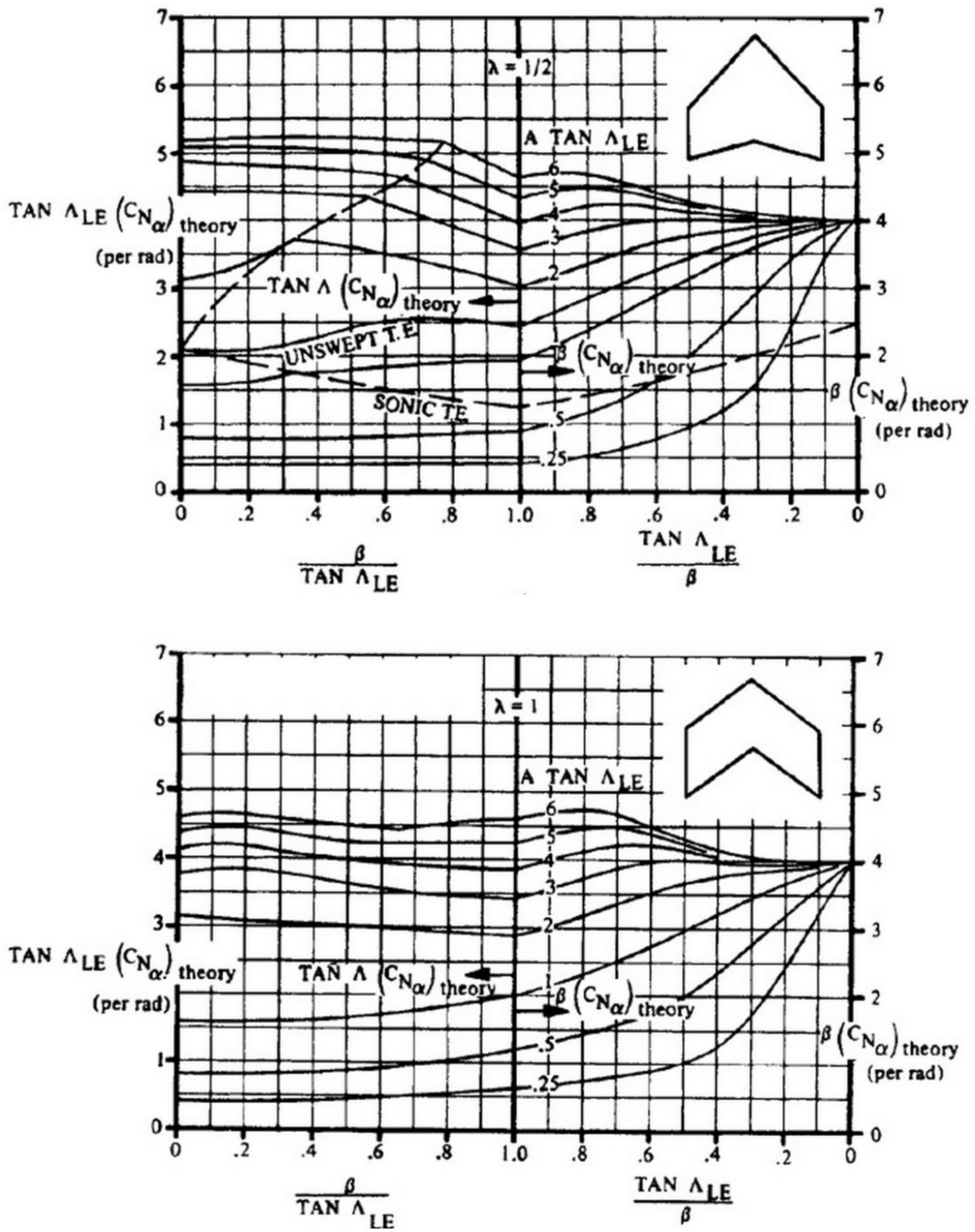
(5 markah)

[e] Pada fikiran anda, adakah nilai nisbah aspek ekor melintang itu praktikal jika dibandingkan dengan nilai nisbah aspek sayap. Berikan justifikasi.

(5 markah)

4. Pertimbangkan sayap nipis yang mempunyai aerofoil bersimetri melalui aliran Mach 2 pada sudut serangan 1.5° . Sekiranya sayap itu disapukan pada sudut 60° , dengan nisbah aspek 2.56 dan nisbah tirus 1, kira **koefisien angkat sayap** tersebut. Gunakan carta yg betul seperti ditunjukkan dalam **Rajah 3** untuk menyelesaikan masalah.

(20 markah)



Rajah 3: Kecerunan Daya-Normal untuk sayap supersonik

ooo000ooo