
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2014/2015 Academic Session

December 2014/ January 2015

ESA 343/2 – Aircraft Aerodynamics
[Aerodinamik Pesawat]

Duration : 2 hours
[Masa : 2 jam]

Please ensure that this paper contains **NINE (9)** printed pages and **THREE (3)** questions before you begin examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** mukasurat bercetak dan **TIGA (3)** 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.

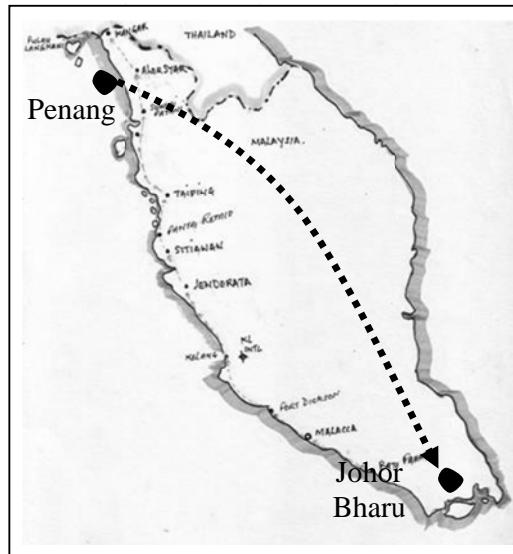
[Setiap pelajar dibenarkan untuk membawa sehelai nota ringkasan bersaiz A4 yang mempunyai dua mukasurat yang ditulis sendiri].

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

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

1. [a] Buktikan bahawa pemalar seret angkat sifar ($C_{D, 0}$) bersamaan dengan pemalar seret teraruh (C_{Di}) bagi C_L/C_D maksimum. (10 markah)

- [b] Anda menerbangkan pesawat dari Pulau Pinang ke Johor Bharu (**Rajah 1**) dengan tangki minyak penuh yang mempunyai jisim 15,000 kg. Andaikan bahawa pesawat telah menggunakan minyak sepenuhnya apabila tiba di destinasi. Berat pesawat adalah 85,000 N. Keluasan sayap adalah 20 m² dengan pecutan graviti sebanyak 9.81 m/s² dan ketumpatan 1.225 kg/m³. Pesawat mempunyai kepek tepi hadapan dan juga belakang yang mana pemalar maksimum daya angkatnya adalah 1.8.



Rajah 1: Destinasi penerbangan pesawat dari Pulau Pinang ke Johor Bharu

- [i] Kepek tepi hadapan dan belakang adalah peranti angkat tinggi. Terangkan tujuan peranti angkat tinggi. (5 markah)
- [ii] Berdasarkan senario di atas, adakah sama halaju minima yang diperlukan semasa pesawat berlepas dan mendarat? Mengapa? Nilai situasi tersebut dan gunakan pengiraan yang sesuai sebagai bukti untuk menyokong jawapan anda. (10 markah)

2. Top view of a flycatcher is shown in **Figure 2[a]** with (1) the wing tip, (2) the wrist, (3) the shoulder, (4) the side of the rump, (5) the tip of the tail, (6) the indentation between the innermost primary and the outermost secondary feather, (7) the tip of the third primary. The wing chord behind the wrist and the wing-body intersection are shown, together with the quarter chord points (8) and (9), respectively. The downwash (w) distribution across the wingspan of the flycatcher is shown in **Figure 2[b]**.

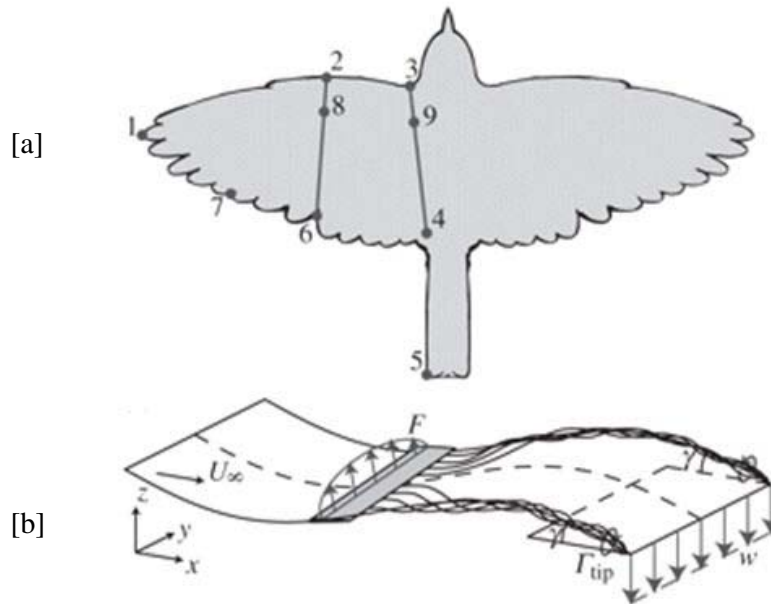


Figure 2: Flycatcher: [a] top view, [b] downwash distribution, w .

- [a] Based from the figures, evaluate the wing design of the flycatcher (ignore the flapping effect) and relate it with the aircraft aerodynamics that you have learned throughout the course particularly on the **high lift devices, lift distribution, downwash, induced drag, wing tip vortices, influence of wing tip and root chord in stall**. Write the evaluation with your own words. Do you agree that the entire wing for the flycatcher does not stall at the same time? Provide justification for your answer.

(15 marks)

- [b] If the flycatcher has a rectangular wing with downwash distribution as shown in Figure 3, do you think the entire wing will stall at the same time? Justify your answer.

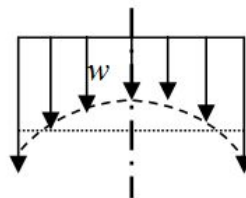
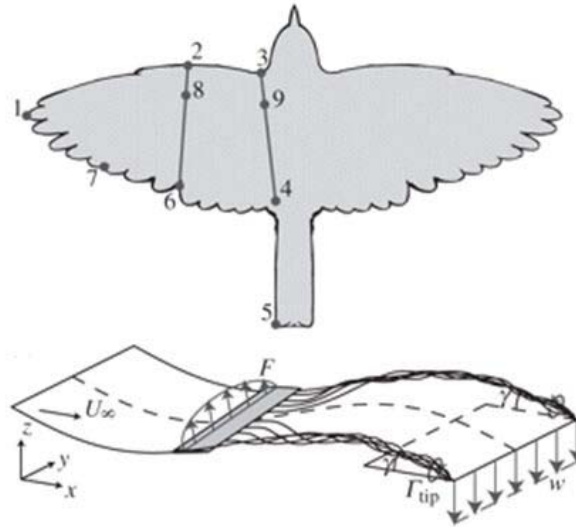


Figure 3: Downwash distribution, w .

(10 marks)

2. Pandangan atas seekor burung sambar ditunjukkan seperti **Rajah 2[a]** dengan (1) hujung sayap, (2) pergelangan, (3) bahu, (4) bahagian tepi pinggul, (5) hujung ekor, (6) lekuk antara bahagian paling dalam utama bulu sayap dan bahagian paling luar bulu sayap, (7) hujung ketigabulu sayap. Rentas sayap belakang pergelangan dan pertembungan antara sayap dan badan ditunjukkan bersama pada titik suku akhir rentas (8) dan (9). Distribusi landa bawah (w) sepanjang sayap burung sambar ditunjukkan seperti **Rajah 2[b]**.

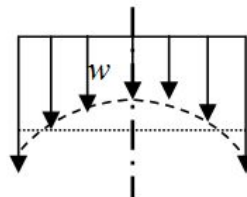


Rajah 2: Burung sambar [a] pautangan luas; [b] distribusi landa bawah, w .

- [a] Berdasarkan gambarajah di atas, nilaikan rekabentuk sayap burung sambar tersebut (abaikan kesan kepakan sayap) dan kaitkannya dengan subjek pesawat aerodinamik yang anda pelajari semester ini terutamanya tentang peranti angkat tinggi, distribusi daya angkat dan landa bawah, daya seret teraruh, vortex hujung sayap, pengaruh hujung dan akar sayap terhadap keadaan pegun. Tulis penilaian anda dengan menggunakan ayat anda sendiri. Adakah anda bersetuju bahawa keseluruhan sayap burung sambar tersebut tidak akan pegun pada masa yang sama? Berikan justifikasi bagi jawapan anda.

(15 markah)

- [b] Sekiranya burung sambar itu mempunyai sayap berbentuk segiempat tepat dengan distribusi landa bawah seperti yang ditunjukkan dalam **Rajah 3**, adakah keseluruhan sayap akan pegun pada masa yang sama? Berikan justifikasi bagi jawapan yang diberikan.



Rajah 3: Distribusi landa bawah, w .

(10 markah)

3. Imagine that you are a pilot of an F-16 aircraft. The weight of your F-16 aircraft is 23,750 pounds and the wing area is 300 ft² and the aircraft $C_{L \max} = 1.57$. You want to maintain a constant altitude of 30,000 ft (density = 0.0008907 slugs/ft³, temperature = 411.8°R, $\gamma = 1.4$, $R = 1716$).
- [a] Explain with your own words on how to maintain the constant altitude. Write relevant equation if necessary. **(5 marks)**
- [b] If the F-16 slows down, explain what you have to do as a pilot (maintain constant altitude) and then calculate the minimum flight speed. **(5 marks)**
- [c] Calculate the corresponding Mach number at minimum speed where the angle of attack = 27.5°. Then, calculate the corresponding Mach numbers and C_L values by using the graph in **Figure 4** if the angle of attack decreases from 24°, 20°, 16°, 12°, 8° to 4°. **(20 marks)**

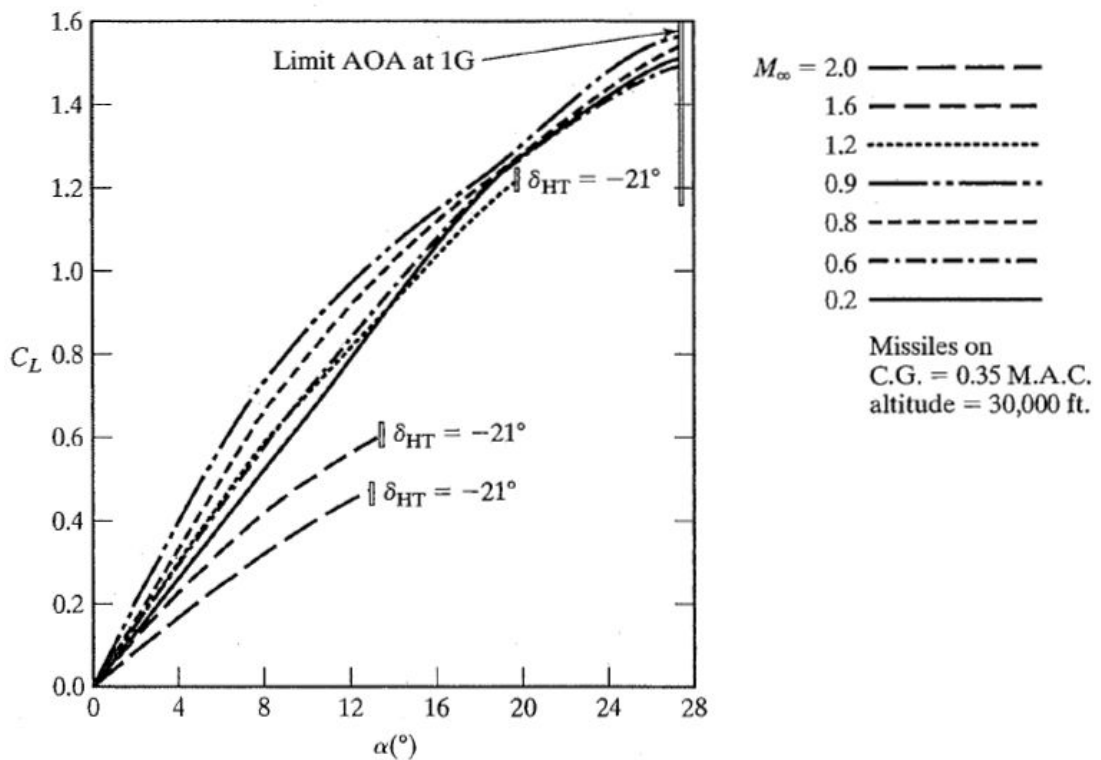


Figure 4: Trimmed lift coefficient as a function of the angle of attack for the F-16

- [d] Plot a graph of the angle of attack as a function of the air speed as your F-16 aircraft decelerates until it reaches its minimum flight speed. Sketch the aircraft position with respect to the angle of attack in the same graph.

(15 marks)

- [e] Explain the correlation between the angle of attack and the velocity of your F-16 aircraft. Discuss the angle of attack behavior with respect to the lift coefficient.

(5 marks)

Bayangkan anda merupakan seorang juruterbang pesawat F-16. Berat pesawat F-16 tersebut adalah 23,750 pounds dan keluasan sayapnya adalah 300 ft² dan pesawat mempunyai $C_{L\ max} = 1.57$. Anda ingin mengekalkan ketinggian altitudnya secara malar pada 30,000 kaki (ketumpatan = 0.0008907 slugs/ft³, suhu = 411.8°R, $\gamma = 1.4$, $R = 1716$).

[a] Terangkan dengan menggunakan ayat anda sendiri bagaimana untuk mengekalkan ketinggian altitudnya secara malar. Tulis persamaan yang sesuai sekiranya diperlukan.

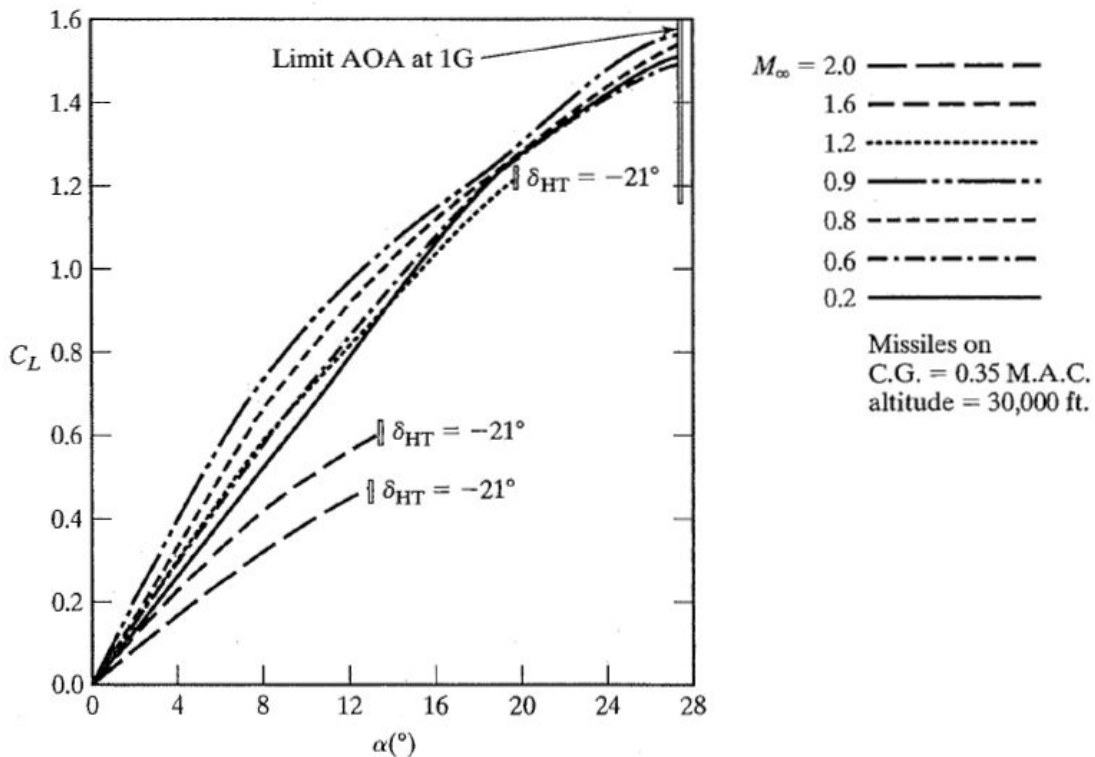
(5 markah)

[b] Sekiranya pesawat F-16 tersebut terbang secara perlahan, apakah yang perlu anda lakukan dan hitung kelajuan minimum pesawat.

(5 markah)

[c] Hitung nombor Mach yang sepadan pada kelajuan minimum apabila sudut serangannya adalah = 27.5°. Kemudian, kira nombor Mach sepadan dan nilai C_L dengan menggunakan graf dalam **Rajah 4** sekiranya sudut serangan menurun daripada 24°, 20°, 16°, 12°, 8° to 4°.

(20 markah)



Rajah 4: Pemalar angkat 'trim' sebagai fungsi sudut serangan bagi pesawat F-16

[d] *Plotkan atau lakarkan graf sudut serangan sebagai fungsi halaju apabila pesawat F-16 tersebut menyahpecut sehingga ia mencapai halaju minimum pesawat. Lakarkan posisi pesawat tersebut dengan mengambil kira sudut serangannya dalam graf yang sama.*

(15 markah)

[e] *Terangkan korelasi antara sudut serangan dan halaju pesawat F-16 anda. Bincangkan keadaan sudut serangan tersebut terhadap pemalar daya angkat.*

(5 markah)

ooo000ooo