



First Semester Examination
2019/2020 Academic Session

December 2019/January 2020

ESA343 – Aircraft Aerodynamics
[Aerodinamik Pesawat]

Duration : 2 hours

Masa : 2 jam

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

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** 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].

1. Modification of the wing planform areas and configurations has its limit in enhancing the aircraft's performance. Various aerodynamic devices have been studied and employed in aircrafts to further improve their performances.

(a). During landing, aircrafts descend at a low speed to enable the aircrafts to slow down and turn away before the runway ends. State and describe an aerodynamic-enhancing device that enables aircrafts to approach the runway at low speed.

(40 marks)

(b). Most airliners employ wingtip devices such as winglets. Describe the functions of winglets. Discuss the performance of a delta wing aircraft with winglets added along both leading edge.

(60 marks)

2. The commercial airliner Airbus A340-200 is distinct of its 4-engine which enable it to fly long range. A schematic of A340-200 with all locations of the centres of vertical forces is shown in **Figure 2**.

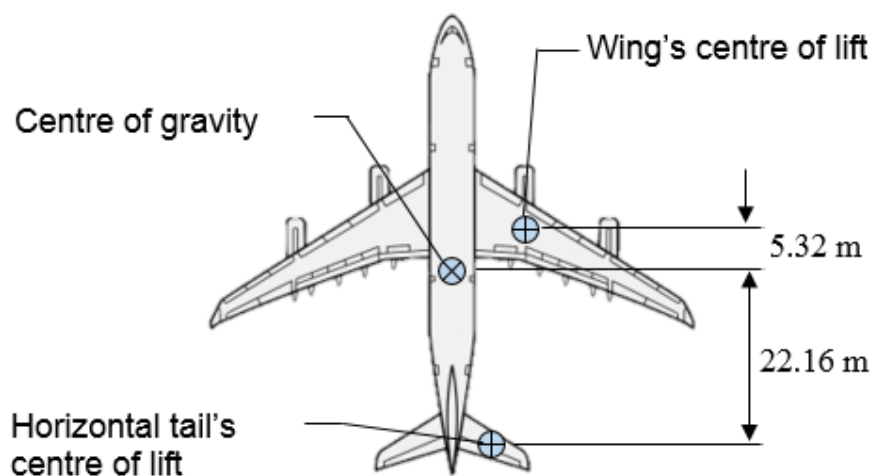


Figure 2: Top view of Airbus A340-200

- (a). Both the wings and the empennage of this aircraft are swept back at 29.7° . **State** the main function of a swept wing design.

(20 marks)

- (b). The wing of the aircraft has a span of 60.3 m and reference area of 363.1 m^2 whilst the horizontal tail's reference area is $1/6$ of the wings' but the aspect ratios are equal. Assume that the aircraft weights 200 tonnes and cruises at constant altitude of 11 km above sea level (Air density = 0.365 kg m^{-3} , Air pressure = 22.7 kPa) with transonic speed of $M = 0.82$, **calculate** the angle of attack of the wing and the horizontal tail if the aircraft is at level flight. [Assume that the wing use NACA 23012 with $\alpha_0 = -1.4^\circ$, lift slope = 0.107 per deg, $\alpha_{cl \text{ max}} = 18.0^\circ$.]

(80 marks)

3. You are tasked to determine the aerodynamic performance of an aircraft travelling at Mach number = 1.5 and Reynolds number = 3.5×10^7 . Since there is no direct empirical formula for all the aerodynamic coefficient for wing-body combination, you decide to use Computational Fluid Dynamics (CFD) to complete your task.

- (a). For the mathematical model, your colleague who ran the simulations used inviscid and incompressible model. Is this result reliable? State your reasons.

(40 marks)

- (b). **Explain** the meaning of numerical convergence and how do you determine that a solution is converged.

(20 marks)

- (c). What is mesh independence study? Sketch a graph from a mesh independence study to show the optimum mesh. Please label your graph properly to be used as a support to your arguments.

(40 marks)

4. *"It is generally not hard to design a surface to give the requisite amount of lift, and the challenge is to obtain this lift with as small a **drag** as possible."*

– John D. Anderson

The main focus for most aerodynamicists is to devise minimal drag in their designs.

- (a). **State** the full drag polar equation and **explain** the components which contribute to each term in the equation.

(20 marks)

- (b). With a vertical path towards the outer space, rockets have minimum concern on lift; the focus is more on reducing drag. **Figure 4(b)** shows a simplified schematic diagram of a four-finned rocket which is designed to fly at Mach number = 4.2 at an altitude of 20 km (Air pressure = 5.53 kPa, Air density = 0.089 kg m^{-3} , Air viscosity = $1.42 \times 10^{-5} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$).

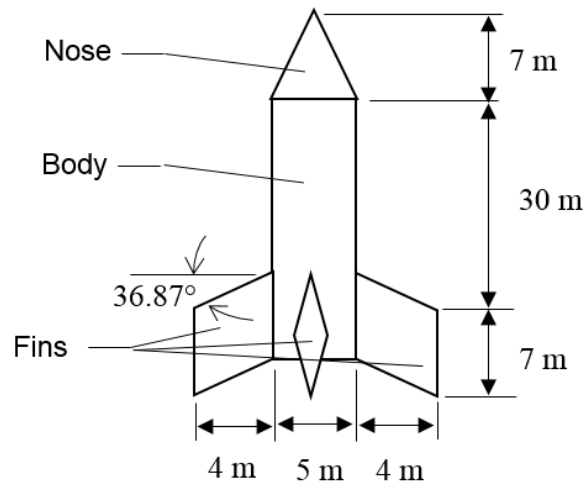


Figure 4(b): Simplified schematic of a rocket with 4 un-tapered fins

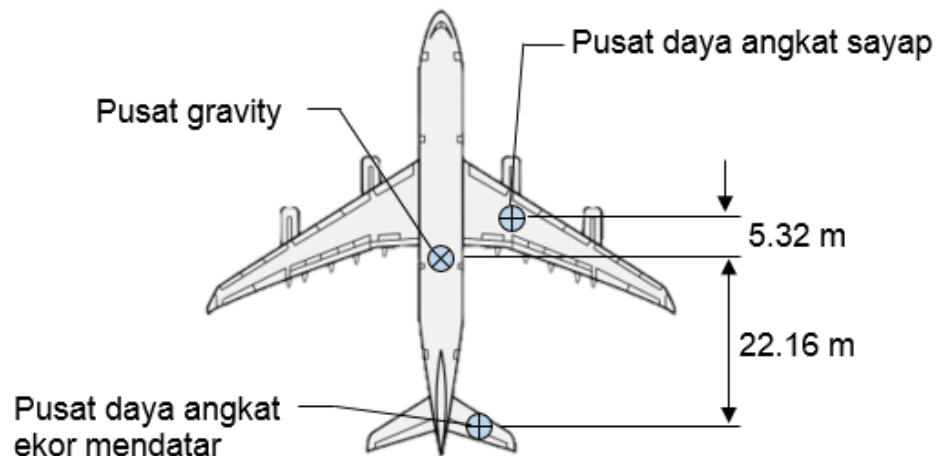
The reference area of the rocket is the cross sectional area of the body. **Calculate** the zero-lift drag coefficient of the rocket. Form factor is assumed to be 1.05 for both fins and fuselage. The relative thickness (t/c) of the wing is 0.04.

(80 marks)

1. *Pengubahsuaian kawasan dan konfigurasi bentuk sayap mempunyai had dalam meningkatkan prestasi pesawat. Pelbagai alat-alat aerodinamik telah dikaji dan digunakan dalam pesawat untuk meningkatkan prestasi mereka.*
 - (a). *Semasa pendaratan, pesawat mendarat pada kelajuan rendah untuk membolehkan pesawat menurunkan kelajuan dan membelok sebelum landasan berakhir. Nyatakan dan huraikan alat peningkatan aerodinamik yang membolehkan pesawat mendekati landasan pada kelajuan rendah.*

(40 markah)
 - (b). *Kebanyakan pesawat menggunakan alat sayap seperti 'winglets'. Terangkan fungsi-fungsi 'winglets'. Bincangkan prestasi pesawat sayap delta andaikan 'winglets' ditambahkan pada ujung depan kedua-dua sayap.*

(60 markah)
2. *Pesawat komersial Airbus A340-200 mempunyai 4 enjin yang membolehkan penerbangan jarak jauh. Rajah skema A340-200 dengan semua lokasi pusat daya menegak telah ditunjukkan dalam **Rajah 2**.*



Rajah 2: Pandangan atas Airbus A340-200

(a). Kedua-dua sayap dan bahagian ekor pesawat ini mempunyai sudut sapu pada 29.7° . Nyatakan fungsi utama reka bentuk sayap yang tersapu.

(20 markah)

(b). Sayap pesawat mempunyai rentang 60.3 m dan kawasan rujukan 363.1 m^2 manakala kawasan rujukan ekor mendatar adalah $1/4$ sayap tetapi nisbah aspek masih sama. Anggapkan bahawa berat pesawat ialah 200 tan dan menerbang pada ketinggian malar, 11 km atas paras laut (Ketumpatan udara = 0.365 kg m^{-3} , Tekanan udara = 22.7 kPa) dengan kelajuan transonik $M = 0.82$, hitung sudut serangan sayap dan ekor mendatar jika pesawat berada pada penerbangan rata. [Anggapkan pesawat menggunakan sayap NACA 23012 dengan $\alpha_0 = -1.4^\circ$, cerun koefisien daya angkat = 0.107 setiap darjah, $\alpha_{cl \text{ max}} = 18.0^\circ$.]

(80 markah)

3. Anda ditugaskan untuk menentukan prestasi aerodinamik pesawat yang menerbang pada nombor Mach = 1.5 dan nombor Reynolds = 3.5×10^7 . Oleh kerana tidak ada formula empirikal langsung untuk semua koefisien aerodinamik untuk kombinasi sayap-badan, anda memutuskan untuk menggunakan Pengkomputeran Dinamik Bendalir (CFD) untuk menyelesaikan tugas anda.

(a). Untuk model matematik, rakan sekerja anda yang menjalankan simulasi menggunakan model 'inviscid' dan tanpa mampatan. Adakah keputusan rakan sekerja anda boleh dipercayai? Nyatakan alasan anda

(40 markah)

(b). Terangkan maksud penumpuan berangka dan bagaimana anda menentukan bahawa penyelesaian telah mencapai tahap tumpuan.

(20 markah)

- (c). *Apakah kajian kebebasan pengaruh mesh? Lakarkan graf dari kajian kebebasan pengaruh mesh untuk menunjukkan mesh yang optimum. Labelkan graf anda dengan betul sebagai sokongan kepada hujah anda.*

(40 markah)

4. *“Secara amnya tidak sukar untuk mereka bentuk permukaan untuk memberikan jumlah daya angkat yang diperlukan, cabarannya adalah untuk mendapatkan daya seret yang sekecil mungkin”*

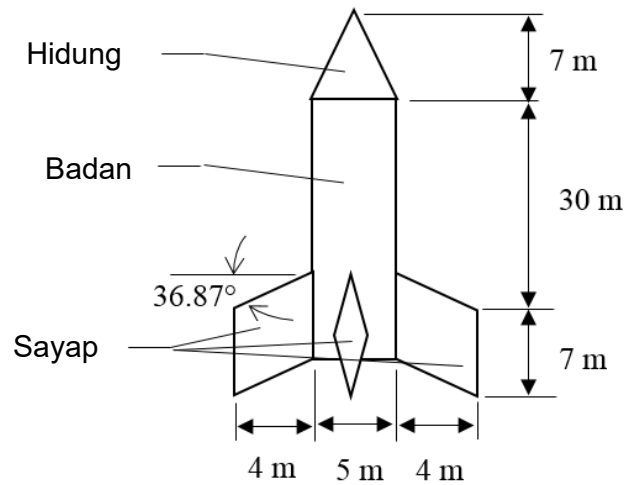
– John D. Anderson

Tumpuan utama bagi kebanyakan pakar aerodinamik adalah untuk menghasilkan seretan minimal dalam reka bentuk mereka.

- (a). *Nyatakan persamaan kutub seret penuh dan terangkan komponen yang menyumbang kepada setiap istilah dalam persamaan tersebut.*

(20 markah)

- (b). *Roket menuju ke arah angkasa luar secara menegak, justeru ia tidak berurusan tentang daya angkat dan tumpuannya adalah dalam mengurangkan daya seretan. **Rajah 4(b)** menunjukkan gambarajah skematik mudah roket bersirip empat yang direka untuk terbang pada nombor Mach = 4.2 dan ketinggian 20 km (tekanan udara = 5.53 kPa, ketumpatan udara = 0.089 kg m⁻³, kelikatan udara = 1.42 × 10⁻⁵ kg m⁻¹ s⁻¹)*



Rajah 4(b): Skematik ringkas roket dengan 4 sirip yang tidak tertirus

Kawasan rujukan roket adalah kawasan keratan rentas badan roket. Hitungkan koefisien daya seret roket pada daya angkat-sifar. Faktor bentuk diandaikan sebagai 1.05 untuk kedua-dua sirip dan badan roket. t/c sayap ialah 0.04.

(80 markah)

- 0000000 -