

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
2010/2011 Academic Session

November 2010

**ESA 343/2 – Aircraft Aerodynamics**  
**Aerodinamik Pesawat**

Duration : 2 hours  
[Masa : 2 jam]

---

**INSTRUCTION TO CANDIDATES**  
**ARAHAN KEPADA CALON**

Please ensure that this paper contains **FIVE (5)** printed pages and **THREE (3)** questions before you begin examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **LIMA (5)** mukasurat bercetak dan **TIGA (3)** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **ALL** of the questions.

*Jawab **SEMUA** soalan.*

Student may answer the questions either in English or Bahasa Malaysia but not both.

*Pelajar boleh menjawab soalan dalam Bahasa Inggeris atau Bahasa Malaysia tetapi bukan kedua-duanya sekali.*

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 kertas soalan, versi Bahasa Inggeris hendaklah digunakan pakai.*

1. (a) List down and explain all types of drag in aircraft aerodynamics and determine which are crucial for subsonic, transonic & supersonic flight.

*Senaraikan dan terangkan semua jenis daya seretan yang terdapat dalam aerodinamik pesawat dan tentukan mana yang penting untuk penerbangan subsonik, transonik dan supersonik.*

**(13 marks/markah)**

- (b) In your own words, describe turbulent flow. Explain how turbulence will affect the aerodynamics of flight. Would you expect a turbulent boundary layer to be thinner than a laminar boundary layer? Justify your answer.

*Dengan menggunakan pemahaman sendiri, terangkan aliran turbulen. Jelaskan bagaimana turbulen boleh mempengaruhi aerodinamik pesawat. Adakah anda menjangkakan lapisan sempadan turbulen lebih nipis daripada lapisan sempadan laminar? Beri fakta untuk menyokong jawapan anda.*

**(12 marks/markah)**

2. You are to design a two-seater airplane cruising at  $M=0.4$  at 10,000 feet. For preliminary design purposes, assume the aircraft consists of only the fuselage, the two main wings, two horizontal tails and a vertical tail. Assume the NACA 4424 airfoil is used for both the wings with Reynolds number of 9 million. Also, the fuselage has a Reynolds number of 20 million.

The following parameters are also given. The diameter of fuselage ( $d_f=2$  m) and the length of fuselage is 10 m. The main wing has  $AR=4$ , no taper, and sweep angles at LE,  $c/4$ ,  $c/2$  and TE all be  $5^\circ$  swept back. Note that the maximum AOA for  $C_{l,max}$  for the main wing is based on NACA 4424. The downwash angle for the main wing is  $2^\circ$ . The horizontal wing has  $AR=2$ , no taper and sweep angles at LE,  $c/4$ ,  $c/2$  and TE all be  $2^\circ$  swept back with downwash angle of  $1^\circ$ . Assume that the lift-curve-slope of the horizontal wing is  $0.1/\text{deg}$  ( $0.001745/\text{rad}$ ). Also given that the surface area ratio of the horizontal and main wings is 0.5. The dynamic pressure ratio ( $\eta_h$ ) between the horizontal and main wings is 0.25. Assume  $K_h$  is unity and that  $\Delta\alpha_{w/c}=3^\circ$ .

*Anda dikehendaki untuk merekabentuk sebuah pesawat dua penumpang yang akan terbang selaju  $M=0.4$  atas ketinggian 10,000 kaki. Untuk permulaan, anggap pesawat tersebut mempunyai badan, dua sayap utama, dua sayap belakang (mendatar) dan satu sayap menegak. Aerofoil NACA 4424 digunakan untuk kesemua sayap dengan nombor  $Re$  9 juta. Nombor  $Re$  badan pesawat adalah 20 juta.*

*Berikut adalah parameter-parameter lain yang diberikan. Diameter badan pesawat ( $d_f=2$  m) dan mempunyai panjang 10 m. Sayap utama mempunyai  $AR=4$ , tiada taper, dan mempunyai sudut kebelakang di LE,  $c/4$ ,  $c/2$ , TE sebanyak  $5^\circ$ . AOA maksima untuk  $C_{l,max}$  bagi sayap utama adalah berdasarkan NACA 4424. Sudut kebawah untuk sayap utama adalah  $1^\circ$ . Anggap kecerunan graf pemalar daya tujuh untuk sayap mendatar ialah  $0.1/\text{deg}$  ( $0.001745/\text{rad}$ ). Juga diberikan nisbah luas permukaan bagi sayap mendatar dan sayap utama ialah 0.5. Nisbah tekanan dinamik antara sayap mendatar dan utama juga diberikan, iaitu 0.25. Anggap  $K_h=1$  dan  $\Delta\alpha_{w/c}=3^\circ$ .*

- (a) Determine the lift-curve-slope of the wing-fuselage.

*Tentukan kecerunan garisan daya-angkat untuk sayap-badan pesawat.*

**(20 marks/markah)**

- (b) Determine the lift-curve-slope of the overall airplane.

*Tentukan kecerunan garisan daya-angkat untuk keseluruhan pesawat.*

**(10 marks/markah)**

- (c) Determine the maximum  $C_L$  for the aircraft.

*Tentukan pemalar daya angkat maksima  $C_L$  untuk pesawat.*

**(10 marks/markah)**

- (d) How would you construct a  $C_L$  versus  $\alpha$  curve for the airplane with the parameters obtained from (b) and (c)? Are these two parameters sufficient? If not, list down what other parameters needed to be able to construct the  $C_L$  versus  $\alpha$  curve.

*Bagaimana anda dapat membina garisan  $C_L$  lawan  $\alpha$  untuk keseluruhan pesawat dengan menggunakan parameter yang diperolehi daripada (b) dan (c)? Adakah ia mencukupi? Jika tidak, tuliskan parameter-parameter lain yang diperlukan untuk membina  $C_L$ .*

**(10 marks/markah)**

3. (a) What is the main issue when a commercial airliner flies at transonic speed?

*Apakah masalah utama pesawat komersial terbang dengan kelajuan transonik?*

**(5 marks/markah)**

- (b) List down two ways to fix the problem 3(a). Sketch a typical  $C_p$  versus  $x/c$  diagram for (i) without the fix, (ii) with the fix.

*Tuliskan dua cara untuk mengatasi masalah 3(a). Lakarkan gambarajah  $C_p$  lawan  $x/c$  untuk (i) masalah asal, (ii) dengan perubahan yang dicadangkan.*

**(10 marks/markah)**

- (c) Explain how flaps and slats influence the aerodynamics of flight and sketch  $C_L$  versus  $\alpha$  for the case where the (i) flap is up, (ii) flap is down (deployed)

*Terangkan bagaimana flap dan slat mengubah aerodinamik pesawat dan lakar gambarajah  $C_L$  lawan  $\alpha$  bila (i) flap di atas, (ii) flap di bawah (digunakan)*

**(10 marks/markah)**