



Second Semester Examination
2018/2019 Academic Session

June 2019

ESA244 – Aerodynamics
[Aerodinamik]

Duration : 2 hours
(Masa : 2 jam)

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

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **SEMBILAN (9)** muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini].*

Instructions : Answer **FIVE (5)** questions. **All questions are COMPULSORY.**

[Arahan : Jawab **LIMA (5)** soalan. **Semua soalan WAJIB dijawab.]**

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. Consider the flow over an infinitely long rectangular prism of chord, c , and thickness, t , at an angle of attack, α as shown in **Figure Q1** below. The pressures on the upper (u) and lower (l) surfaces are different but constant over each surface, i.e., $P_u(s) = C_1$ and $P_l(s) = C_2$, where C_1 and C_2 are constants and $C_1 > C_2$. The pressures on the front (f) and rear (r) surfaces are different but constant over each surface, i.e., $P_f(s) = C_3$ and $P_r(s) = C_4$, where C_3 and C_4 are constants and $C_3 > C_4$. Shear stress is ignored in this case. **Derive** the **lift force per unit span** based on **Figure Q1**.

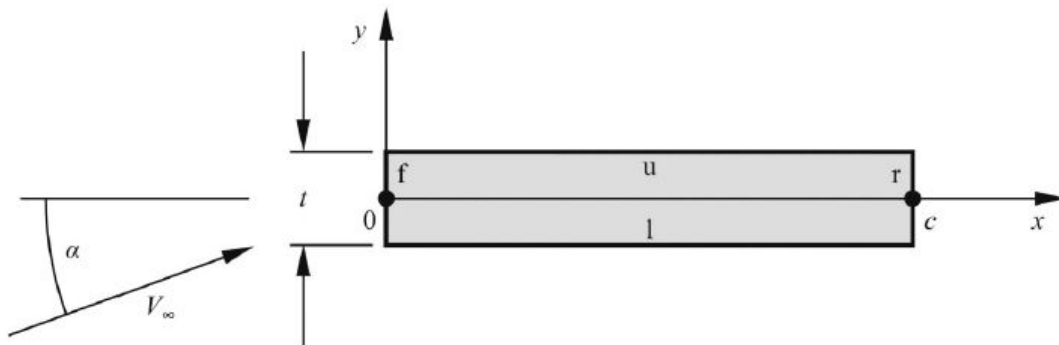


Figure Q1

(20 marks)

2. You are planning to test a finite wing with an aspect ratio of 7 in the new USM wind tunnel. The airfoil section of the wing is a cambered airfoil with an infinite-wing lift slope of 0.12 per degree and the airfoil lift is zero at negative 3 degrees. The lift-to-drag ratio for this wing is 22 when the wing lift coefficient is equal to 0.25. If the angle of attack remains the same, and the aspect ratio is simply increased to 12 by adding extensions to the span of the wing, **calculate** the **new value of the total wing drag coefficient**. Assume that the span effectiveness factors $e = 0.9$ for both cases.

(30 marks)

3. You have to operate a low speed subsonic wind tunnel so that the flow in the test section has a velocity of 110 mi/h. The density at sea-level is 0.002377 slugs/ft³. Consider two different types of wind tunnels as shown in **Figure Q3**. Which wind tunnel will you consider to be **more aerodynamically efficient** in terms of economy and why? **Calculate** the **pressure difference** across the wind tunnel to prove your answer.

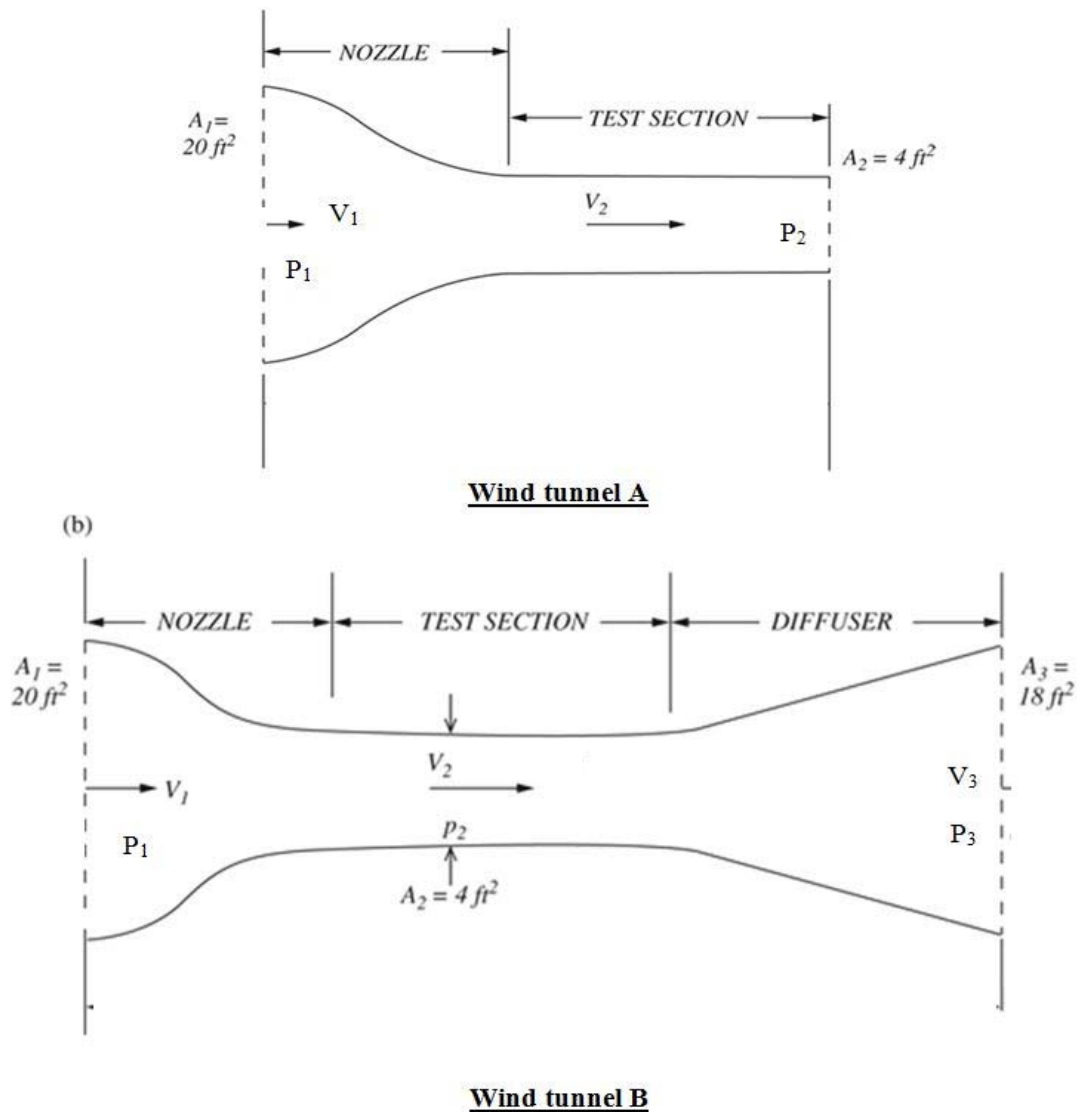


Figure Q3

(10 marks)

4. Consider the Couette flow case with two parallel plates separated by a distance, H , as shown in **Figure Q4** below. The bottom plate is stationary but the top plate is moving horizontally at a velocity, U_T .

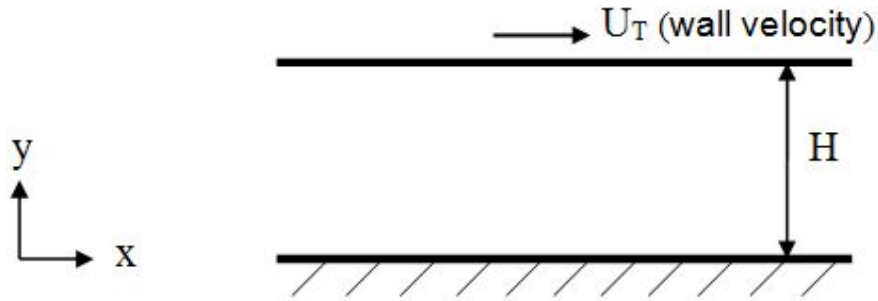


Figure Q4

If the flow is steady, incompressible and you assume that no pressure gradient exists in the flow direction as the driving force is the movement of the top plate:

- (a) **Derive** the **expression** for the variation of **velocity profile** in between the plates by using the Navier-Stokes equations.

(15 marks)

- (b) **Draw** the **velocity profile** shape for the case above and label the velocity value at the top and bottom plate in the drawing.

(5 marks)

5. A wing with a rectangular platform has the following characteristics summarized in **Table 1** below:

Span	5 m
Span effectiveness	0.85
Chord	1.2 m

Table 1

The wing is flying at standard sea level conditions at a speed of 30 m/s and a geometric angle of attack = 12° . The lift is zero at negative 2 degrees. The wing has an airfoil section with the lift curve gradient of 0.11 per degree. The sum of drag coefficient due to the skin friction and flow separation for the airfoil is given as 0.017. **Calculate:**

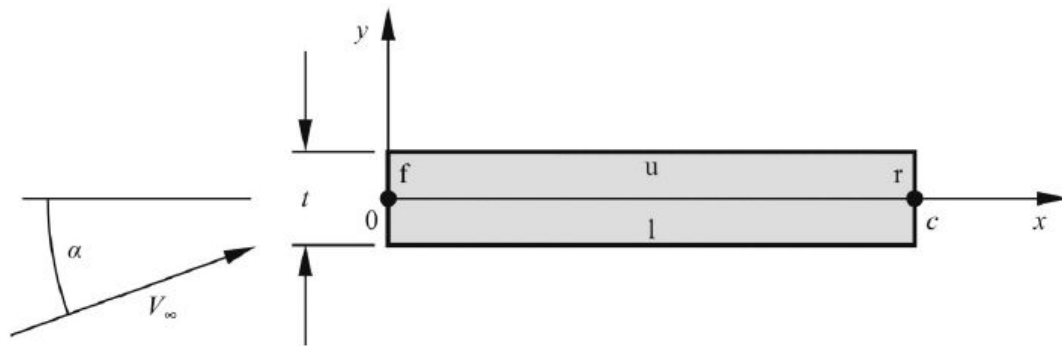
- (a) The **total drag coefficient of the wing**

(15 marks)

- (b) The **downwash velocity** behind the wing

(5 marks)

1. Pertimbangkan aliran bagi sebuah prisma segiempat tepat yang mempunyai panjang rentas, c , dan berketebalan, t , pada sudut serangan, α , seperti yang ditunjukkan dalam **Gambarajah S1** di bawah. Tekanan pada sebelah atas dan bawah adalah berbeza tetapi malar pada setiap permukaan, contohnya, $P_u(s) = C_1$ and $P_l(s) = C_2$, di mana C_1 dan C_2 adalah pemalar dan $C_1 > C_2$. Tekanan pada bahagian depan dan belakang berbeza tetapi malar pada setiap bahagian, contohnya, $P_f(s) = C_3$ dan $P_r(s) = C_4$, di mana C_3 dan C_4 adalah pemalar dan $C_3 > C_4$. Tegangan ricih tidak dipedulikan dalam kes ini. Terbitkan daya angkat per unit rentang berdasarkan **Gambarajah S1** yang diberikan.



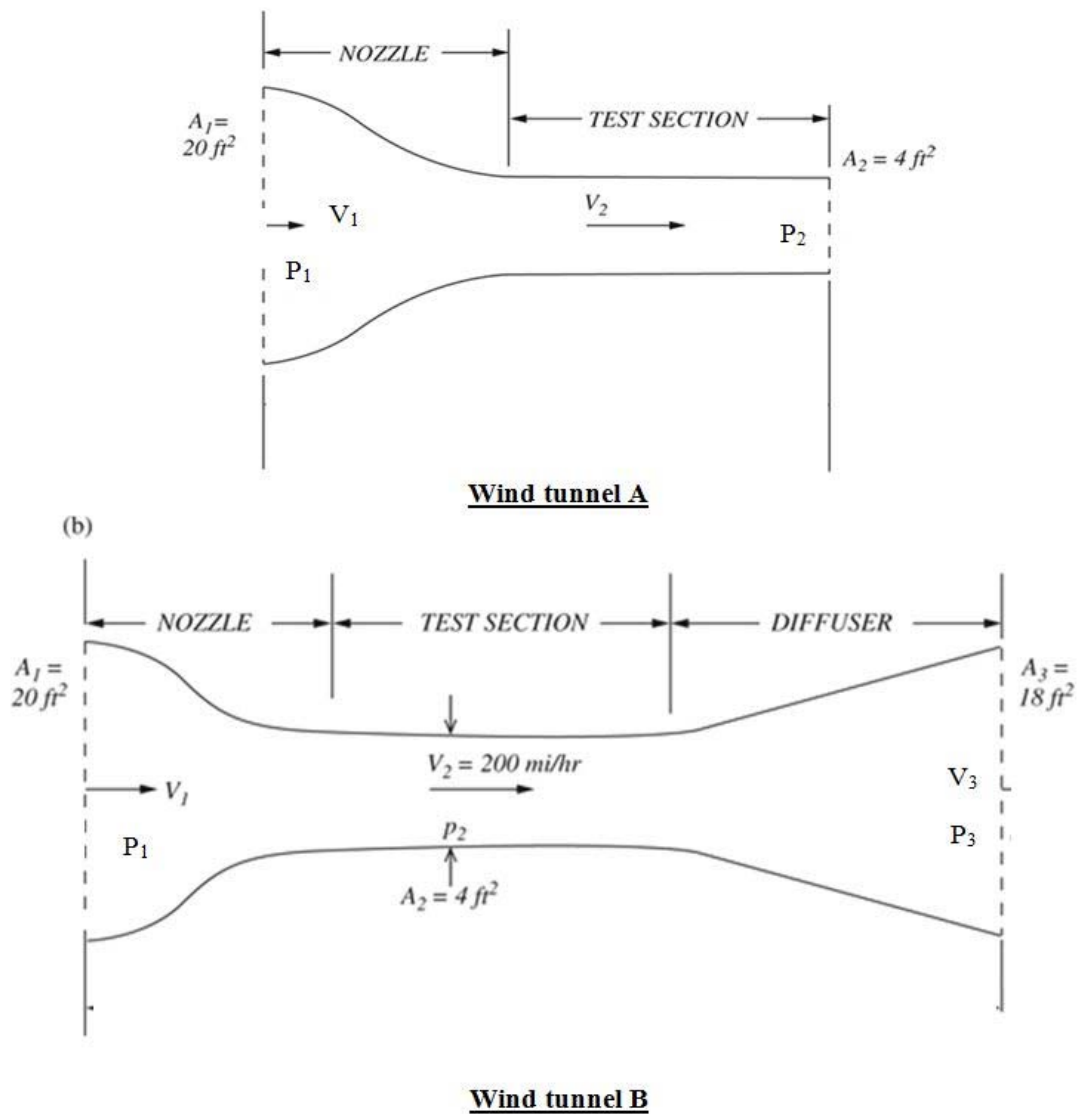
Gambarajah S1

(20 markah)

2. Anda bercadang untuk menguji sebuah sayap terhingga dengan nisbah aspek 7 di dalam terowong angin USM yang baru. Sayap berkenaan mempunyai aerofoil yang mempunyai kamber dengan nilai kecerunan angkat 0.12 setiap darjah dan daya angkat sifar aerofoil pada negatif 3 darjah. Nisbah angkat dan seret sayap tersebut ialah 22 apabila pemalar angkat sayapnya bersamaan dengan 0.25. Sekiranya sudut serangannya kekal sama dan nisbah aspek ditingkatkan menjadi 12 dengan menambahkan rentang sayapnya, hitung nilai baru bagi keseluruhan pemalar seret sayap. Anggapkan faktor efektif rentang adalah $e = 0.9$ bagi kedua-dua kes.

(30 markah)

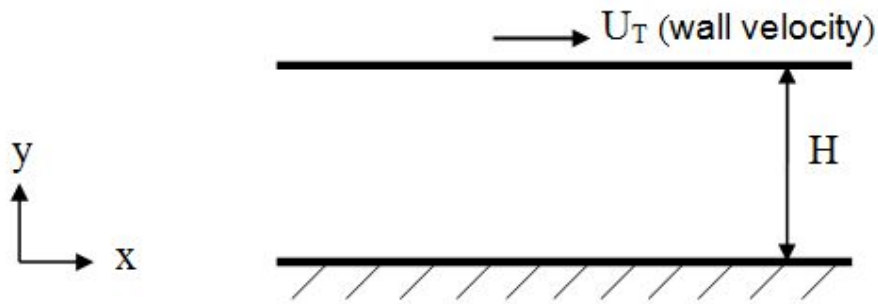
3. Anda perlu mengendalikan terowong angin berkelajuan subsonik supaya aliran di dalam bahagian ujian mempunyai kelajuan 110 mi/h. Ketumpatannya pada aras laut ialah 0.002377 slugs/ft³. Pertimbangkan dua terowong angin yang berbeza seperti yang ditunjukkan dalam **Gambarajah S3**. Terowong angin yang manakah lebih efisien secara aerodinamik daripada segi ekonomi dan kenapa? Hitung perbezaan tekanan keseluruhan terowong angin untuk membuktikan jawapan anda.



Gambarajah S3

(10 markah)

4. Pertimbangkan kes aliran Couette yang mempunyai dua plat selari yang dipisahkan dengan jarak, H , seperti yang ditunjukkan dalam **Gambarajah S4**. Bahagian bawah plat tidak bergerak tetapi bahagian atas plat bergerak secara mendatar pada kelajuan U_T .



Gambarajah S4

Sekiranya aliran tersebut mantap, tidak mampat dan anda beranggapan yang tiada kecerunan tekanan yang wujud dalam arah aliran memandangkan daya yang memandu pergerakan adalah bahagian atas plat:

- (a). Terbitkan ekspresi bagi profil halaju di antara plat tersebut dengan menggunakan persamaan Navier-Stokes.

(15 markah)

- (b). Lukis bentuk profil halaju bagi kes di atas dan labelkan nilai halaju pada bahagian atas dan bawah plat dalam lukisan tersebut.

(5 markah)

5. Sebuah sayap berbentuk segi empat tepat mempunyai ciri-ciri yang diringkaskan dalam **Jadual 1** berikut:

<i>Rentang sayap</i>	<i>5 m</i>
<i>Faktor efektif rentang sayap</i>	<i>0.85</i>
<i>Panjang rentas</i>	<i>1.2 m</i>

Jadual 1

Sayap tersebut terbang pada kedudukan paras laut berkelajuan 30 m/s dan sudut serangan geometriknya = 12° . Daya angkatnya sifar pada negatif 2 darjah. Sayap tersebut mempunyai aerofoil yang kecerunan angkatnya 0.11 setiap darjah. Jumlah pemalar seret bagi aerofoil yang disebabkan oleh geseran kulit dan pemisahan aliran adalah 0.017. Hitung nilai :

- (a). Jumlah pemalar seret sayap.

(15 markah)

- (b). Halaju landa bawah di belakang sayap.

(5 markah)

- 0000000 -