



UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
2016/2017 Academic Session

December 2016/January 2017

**ESA 366/3 – Flight Performance**  
***[Prestasi Penerbangan]***

Duration : 2 hours  
*[Masa : 2 jam]*

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

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

**Instructions** : Answer **ALL** of the questions.

**Arahan** : Jawab **SEMUA** soalan.

Answer all questions in English only.

*Jawab kesemua soalan di dalam Bahasa Inggeris sahaja.*

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 soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai.*

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.

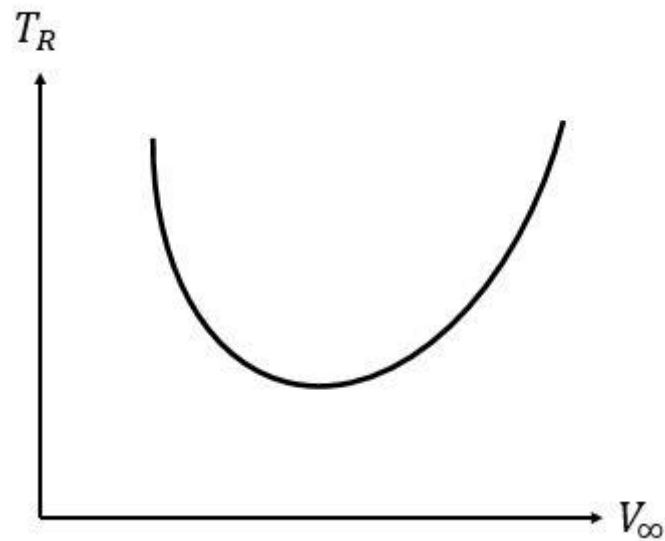
*Bagi soalan-soalan yang memerlukan penerangan, anda di minta untuk menjawab soalan-soalan tersebut secara terperinci dengan menggunakan ayat yang disusun lengkap untuk menerima kredit yang penuh.*

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.*



**Figure 1: The thrust required curve.**

1. **Figure 1** shows the thrust required ( $T_R$ ) curve of a business jet aircraft during cruise flight. One optimum condition for cruising is by minimizing the thrust required. Beyond this point, there are two possible regions of cruise flight: (1) towards the left of the minimum  $T_R$  point where the flight velocity decreases, and (2) towards the right of the minimum  $T_R$  point where the flight velocity increases.

Based on the concept of Region of Velocity Stability (as learned in the class), please evaluate which of these two regions is the stable region of flight. Support your decision with clear explanation and detailed diagrams.

**(20 marks)**

2. As a new aerospace engineer at TUDM, you are tasked to calculate the G-force acting on the pilot of a fighter jet aircraft during extreme turn maneuvers at an altitude with a density of  $1.01 \text{ kg/m}^3$ . One of the maneuver is the pull-down maneuver at the maximum turn rate with a constant flight velocity.

The G-force is a measure of acceleration due to the reaction force  $R$  acting on the body of the pilot, i.e.,  $R = mG$ , where  $m$  is the mass of the pilot. The G-force is typically measured relative to the gravitational acceleration of  $9.8 \text{ m/s}^2$ .

The aircraft has a thrust-to-weight ratio of 0.3795, a wing loading of  $375.18 \text{ kg/m}^2$ , and a maximum lift coefficient of 1.2. During this extreme maneuver, the aircraft's maximum load factor is 3.5. Please answer the following questions:

- [a] Draw the aircraft's and the pilot's Free Body Diagram (FBD) and derive their Equation of Motions (EOM) during this maneuver, when the aircraft is at its fully inverted position. Describe these FBD and EOM. Derive the equations for the flight's Turn Radius  $R$  and Turn Rate  $\omega$ .

**(20 marks)**

- [b] Explain and calculate the values of the flight's velocity, turn radius, and turn rate during this maneuver at the maximum turn rate. Explain and calculate also the G-force (relative to the gravitational acceleration of  $9.8 \text{ m/s}^2$ ) acting on the pilot's body during this maneuver.

**(20 marks)**



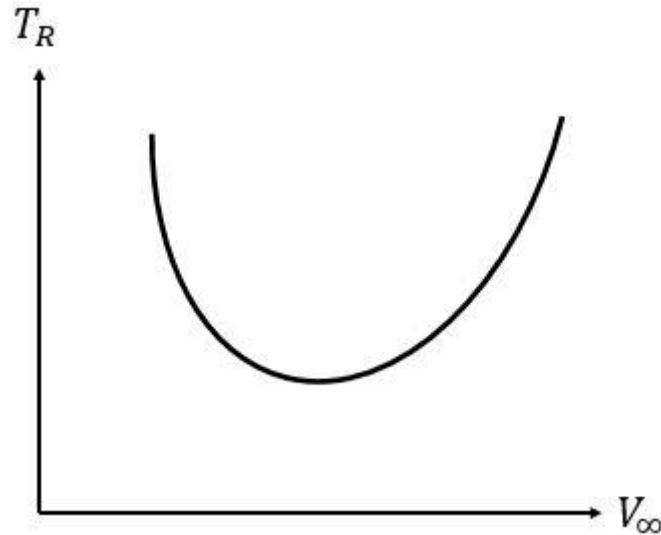
**Figure 2: Yves “Jetman” Rossy flying in his jet suit.**

3. On 26 November 2006, the Frenchman Yves “Jetman” Rossy (see **Figure 2**) made aviation history by becoming the first man ever to fly on a jet-powered fixed-wing strapped to his back. He uses four jet engines for thrust and his body to control his flight. The size of the tapered wing can be approximated with a wingspan of 3 m and a root chord of 1.5 m and a tip chord of 0.9 m. The overall mass of his body and the flying equipment is 135 kg.

As a very rough approximation for a flight altitude of 1900 m with an air density of  $1.0167 \text{ kg/m}^3$ , it is found that Rossy can optimize his flight by minimizing thrust at level-flight with a cruise speed of 200 km/h.

For each of the question below, explain your work and calculations accordingly.

- [a] If the Jetman’s Oswald Efficiency Factor  $e_o$  is assumed to be roughly 0.4 where  $K = (\pi e_o AR)^{-1}$ , estimate his zero-lift drag coefficient  $C_{D,0}$  and the corresponding thrust required on a single jet engine. **(20 marks)**
- [b] If the maximum thrust available at sea level is 76 N per engine, calculate the maximum velocity at the altitude of 1900 m. **(20 marks)**



**Gambarajah 1: Lengkungan daya tujahan yang diperlukan.**

1. **Gambarajah 1** menunjukkan lengkungan daya tujahan yang diperlukan ( $T_R$ ) untuk sebuah pesawat jet bisnes semasa penerbangan menjajap. Salah satu keadaan optimum untuk penerbangan tersebut ialah dengan meminimakan daya tujahan yang diperlukan. Selain dari keadaan ini, terdapat dua kawasan penerbangan yang mungkin: (1) ke sebelah kiri daripada titik minima  $T_R$  di mana halaju penerbangan berkurangan, dan (2) ke sebelah kanan daripada titik minima  $T_R$  di mana halaju penerbangan bertambah.

Berdasarkan konsep Kawasan Kestabilan Halaju (yang dipelajari di dalam kelas), sila berikan hujah anda yang manakah kawasan yang stabil di antara kedua-dua kawasan penerbangan tersebut. Sokong hujah anda dengan penerangan yang jelas dan gambarajah yang terperinci.

**(20 markah)**

2. Sebagai seorang jurutera aeroangkasa yang baru di TUDM, anda telah ditugaskan untuk mengira daya-G yang bertindak ke atas juruterbang sebuah pesawat jet pejuang semasa melakukan gerakan belokan melampau pada ketinggian dengan ketumpatan  $1.01 \text{ kg/m}^3$ . Salah satu daripada gerakan tersebut ialah gerakan tarik-ke-bawah pada kadar belokan maksima dengan halaju penerbangan malar.

*Nota: Daya-G ialah ukuran nilai pecutan kerana daya tindakbalas  $R$  yang bertindak ke atas badan juruterbang tersebut, i.e.,  $R = mG$ , di mana  $m$  ialah jisim juruterbang tersebut. Daya-G biasanya diukur relatif kepada pecutan graviti  $9.8 \text{ m/s}^2$ .*

*Pesawat tersebut mempunyai nisbah tujahan-kepada-berat 0.3795, bebanan sayap  $375.18 \text{ kg/m}^2$ , dan pekali daya angkat maksima 1.2. Semasa gerakan melampau tersebut, pesawat itu mempunyai nilai faktor beban maksima 3.5. Sila jawab soalan-soalan berikut:*

- [a] *Lakarkan Gambarajah Jasad Bebas (FBD) dan terbitkan Persamaan Gerakan (EOM) semasa gerakan penerbangan ini, semasa pesawat itu berada di kedudukan terbalik sepenuhnya. Huraikan FBD dan EOM tersebut. Terbitkan persamaan-persamaan bagi Jejari Belokan  $R$  dan Kadar Belokan  $\omega$  bagi pesawat tersebut.*

**(20 markah)**

- [b] *Jelaskan dan kirakan nilai-nilai halaju, jejari belokan, dan kadar belokan bagi pesawat tersebut semasa gerakan ini pada kadar belokan maksima. Jelaskan dan kirakan juga daya-G yang bertindak ke atas juruterbang tersebut.*

**(20 markah)**



**Gambarajah 2: Yves “Jetman” Rossi yang terbang dengan pakaian jetnya.**

3. Pada 26 November 2006, seorang Perancis bernama Yves “Jetman” Rossi (**rujuk Gambarajah 2**) telah mencipta sejarah penerbangan dengan menjadi manusia pertama untuk terbang dengan menggunakan sayap tetap berkuasakan jet yang diletakkan di belakang badannya. Dia menggunakan empat enjin jet untuk daya tujahan dan badannya untuk mengawal penerbangan. Saiz sayap tirus tersebut boleh dianggarkan dengan lebar sayap 3 m, garis rentas tengah 1.5 m, dan garis rentas hujung 0.9 m. Berat keseluruhan badannya dan kelengkapan penerbangan ialah 135 kg.

Sebagai anggaran kasar untuk penerbangan di ketinggian 1900 m dengan ketumpatan udara  $1.0167 \text{ kg/m}^3$ , Rossy didapati dapat mengoptimakan penerbangan beliau dengan meminimalkan daya tujahan pada penerbangan mendarat dengan halaju jajap 200 km/h.

Bagi setiap soalan di bawah, jelaskan kerja dan kiraan anda.

- [a] Jika Faktor Kecekapan Oswald  $e_o$  bagi Jetman dianggap lebih kurang 0.4, di mana  $K = (\pi e_o AR)^{-1}$ , anggarkan Pekali Daya Seret pada daya-angkat-sifar  $C_{D,0}$  dan daya tujahan yang diperlukan bagi setiap enjin jet tersebut.  
(20 markah)
- [b] Jika daya tujahan maksima yang sedia-ada pada paras laut ialah 76 N bagi setiap sebuah enjin, kirakan halaju maksima pada ketinggian 1900.  
(20 markah)

00000000

