
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination
2012/2013 Academic Session

January 2013

ESA 366/3 – Flight Performance
[Prestasi Penerbangan]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please ensure that this paper contains **SEVEN (7)** printed pages and **FOUR (4)** questions before you begin examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **TUJUH (7)** mukasurat bercetak dan **EMPAT (4)** 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.

Answer **ALL** of the questions.

Jawab **SEMUA** soalan.

1. Consider a general aircraft in flight. There are a number of key maneuvers normally used for detailed analysis. Some of the more standard ones within a two-dimensional plane are:

Pertimbangkan sebuah pesawat umum yang sedang terbang. Ada beberapa maneuver penting yang kebiasaannya digunakan untuk analisis yang terperinci. Di antara yang menjadi kebiasaan di dalam satah dua dimensi ialah:

- [a] the cruise flight

penerbangan layar

(2 marks/markah)

- [b] the climbing flight at constant or accelerated speeds

penerbangan mendaki dengan kelajuan malar atau pecutan.

(5 marks/markah)

- [c] the pulling-up maneuver with a radius R at a constant speed

Manuver tarik-ke-atas dengan jejari R pada kelajuan malar

(8 marks/markah)

For each of these scenarios above, draw the airplane and your free-body-diagram (FBD), complete with its proper variables and angles. Using the FBD, formulate the equations of motion that govern their flight in two orthogonal axes of your choice. Justify your formulations, state the assumptions you use (if any), and explain what your results mean based on how the key variables relate to each other. For parts b and c, assume that the thrust vector is inclined to the velocity vector at a small angle ϵ .

Untuk setiap senario di atas, lukiskan pesawat itu dan diagram-jasad-bebas anda, lengkap dengan pemalar dan sudut yang bersesuaian. Menggunakan FBD tersebut, formulasikan persamaan gerakan yang menentukan penerbangan mereka di dalam dua paksi yang ortogonal yang anda pilih sendiri. Justifikasikan formulasi anda, nyatakan andaian yang anda gunakan (sekiranya ada) dan terangkan apa maknanya jawapan anda berdasarkan bagaimana pemalar-pemalar utama tersebut berkaitan antara sesama sendiri. Untuk bahagian b dan c, andaikan yang vektor tujuh condong kepada vektor halaju pada sudut kecil ϵ .

- [d] For the airplane in cruise flight, evaluate what would happen if the propulsion engine suddenly fails? Answer this question by re-constructing the FBD and the airplane in its proper position. What recommendations (in terms of critical flight parameter) would you give to optimize the flight in this condition?

Untuk pesawat di dalam penerbangan layar, evaluasikan apa yang akan berlaku sekiranya enjin propulsi tiba-tiba gagal? Jawab soalan ini dengan

membina FBD dan pesawat itu dalam posisi yang betul. Apa cadangan (berkaitan dengan parameter penerbangan kritikal) yang anda berikan untuk mengoptimisasikan penerbangan dalam kondisi tersebut?

Your marks for all the questions above will depend on how accurate your constructions of the drawing and the FBD are and how detailed you can provide your answers.

Markah anda untuk kesemua jawapan di atas bergantung kepada berapa tepat binaan anda untuk lukisan dan FBD tersebut dan berapa terperinci anda boleh menjawabnya.

(10 marks/markah)

2. Consider a large transport airplane with 4 propeller engines. In a normal operation, after taking-off at a weight of approximately 70,300 kg, the airplane starts its climbing procedure at 15 degrees. Its wing loading is 434 kg/m², its zero-lift drag coefficient is 0.19 and its K (for the induced drag formula) is 0.075. Assume the density to be the sea-level density of 1.225 kg/m³.

Pertimbangkan sebuah pesawat besar dengan 4 enjin berkipas. Di dalam operasi normal, selepas berlepas dengan berat lebih kurang 70,300 kg, pesawat itu memulakan prosedur mendaki pada 15 darjah. Muat sayapnya ialah 434 kg/m², pemalar dragnya di daya angkat sifar ialah 0.19 dan K (untuk formula daya seretan teraruh) adalah 0.075. Andaikan ketumpatan di dataran laut bernilai 1.225 kg/m³.

- [a] What should its forward speed be (relative to the freestream direction) to reach an altitude of 500 m in 1 minute?

Berapa sepatutnya kelajuan hadapannya (relatif kepada arah haluan bebas) untuk mencapai ketinggian 500 m dalam 1 minit?

(5 marks/markah)

- [b] Derive the formulation of its thrust available in terms of the climb rate, the take-off weight, and other parameters. From there, compute the thrust available per engine necessary for the climb. For what purpose is the thrust used mostly on: to climb, to overcome parasite drag, or to overcome induced drag, and how much is the value in kN?

Terbitkan formulasi untuk kadar tujah yang ada di dalam terma kadar mendaki, berat berlepas, dan pemalar-pemalar yang lain. Dari situ, kirakan daya tujah yang ada untuk setiap enjin yang perlu untuk pendakian tersebut. Untuk tujuan apakah daya tujah itu terutamanya digunakan: untuk mendaki, untuk mengatasi daya seret pada daya angkat sifar, atau untuk mengatasi daya seret teraruh, dan berapakah nilainya di dalam unit kN?

(8 marks/markah)

- [c] To minimize the available power during the climb with the same climb angle, the pilot of the airplane decides to change its velocity. Derive an equation to find this velocity starting by finding a relationship between its zero-lift drag and induced-drag coefficients. Then estimate the reduction or increment in its forward speed for this minimum power climb, and the new climb rate. Justify your formulation using a power versus velocity plot.

Untuk meminimumkan kuasa yang ada semasa mendaki dengan sudut daki yang sama, juruterbang pesawat itu memilih untuk mengubah halajunya. Terbitkan sebuah persamaan untuk mencari halaju tersebut dengan mencari kaitan di antara pemalar-pemalar daya angkat sifar dan daya seret teraruh. Kemudian, anggarkan pengurangan atau penambahan di dalam halaju ke hadapan untuk penerbangan daya tujahan minimum ini, dan nilai kadar mendaki yang baru. Justifikasikan formulasi anda menggunakan plot kuasa vs. halaju.

(12 marks/markah)

3. The set of sub-questions below require some formulation, analysis and detailed essay-type explanations:

Set soalan-soalan kecil di bawah perlukan beberapa formulasi, analisis dan penerangan secara esei yang terperinci:

- [a] Why must a jet airplane maximize its $C_L^{1/2}/C_D$ to maximize its range? Formulate your explanation from the Breguet Equation.

Mengapakah sebuah pesawat jet perlu memaksimumkan $C_L^{1/2}/C_D$ untuk memaksimumkan jaraknya. Formulasikan penerangan anda dari Breguet Equation?

(5 marks/markah)

- [b] Let's say that a new parameter $C_L^{2/3}/C_D$ has just been found to be an important parameter, discovered by one of the students in the Flight Performance class, batch 2012-2013. Give your judgment on how to maximize this parameter; it would be helpful for you to plot a graph to explain this. What should the airplane speed be to operate at this condition, in terms of other variables?

Katakan bahawa satu parameter baru $C_L^{2/3}/C_D$ telah dijumpai sebagai satu parameter penting, dijumpai oleh salah seorang dari pelajar di dalam kelas Flight Performance, sesi 2012-2013. Berikan penghakiman anda bagaimana untuk memaksimumkan parameter ini; ianya amat membantu anda untuk melakarkan sebuah graf untuk menerangkan ini. Berapakah halaju pesawat tersebut untuk beroperasi pada keadaan ini, dalam pemalar-pemalar yang lain.?

(10 marks/markah)

- [c] High lift devices are useful especially for large transport aircrafts. Why are they critical for flight operations and what operations normally employ these devices? Based on your own assessment, design a wing with optimum high lift devices to be used in a very large transport aircraft: do this by drawing a cross-sectional profile of the aircraft's wing, together with the cross section of the high lift device. Explain each part of your design in detail using your understanding of flow separation and boundary layer theory. What are the advantages or disadvantages of your design?

Alat-alat daya angkat tinggi adalah berguna terutama sekali untuk pesawat pengangkut yang besar. Mengapakah mereka sangat kritikal untuk operasi penerbangan dan operasi manakah yang selalunya menggunakan alat-alat tersebut? Berdasarkan pentaksiran anda, rekabentukkan sebuah sayap yang mempunyai alat-alat daya angkat tinggi yang optimum untuk digunakan pada pesawat pengangkut yang sangat besar: lakukan ini dengan melukis profil seksyen rentas kepada sayap pesawat tersebut, bersama dengan seksyen rentas alat daya angkat tinggi itu. Terangkan setiap bahagian rekabentuk anda dengan terperinci menggunakan pemahaman anda tentang aliran pisah dan teori lapisan sempadan. Apakah kelebihan atau kekurangan rekabentuk anda?

(15 marks/markah)

4. These sub-questions are mostly calculation-based problems with one explanation-based question:

Soalan-soalan kecil ini kebanyakannya adalah masalah berkaitan kiraan dengan satu soalan berkaitan penerangan:

- [a] A group of students in the USM Aerospace 4th year design class has conceptually designed a new business jet aircraft with a wing loading of 375 kg/m² and a $C_{L,max}$ of 1.25. At an altitude of 3000 m, the density is 0.91 kg/m³. If its positive load factor is 4.6, compare its corner velocity at that altitude and at sea level?

Sekumpulan pelajar di dalam kelas rekabentuk Tahun 4 Aeroangkasa USM telah merekabentuk sebuah pesawat jet bisnes yang baru secara konsep dengan muatan sayap sebanyak 375 kg/m² dan $C_{L,max}$ sebanyak 1.25. Pada ketinggian 3000 m, isipadu udara ialah 0.91 kg/m³. Sekiranya faktor muatan positif pesawat itu adalah 4.6, bandingkan halaju selekoh pada ketinggian itu dan pada paras laut?

(6 marks/markah)

- [b] For part [a], what is corner velocity and how is it related to the maneuver point? Explain your answer by drawing and using the V-n Diagram.

Untuk bahagian a, apakah halaju selekoh dan bagaimanakah ianya berkait dengan titik maneuver? Terangkan jawapan anda dengan lakaran dan penggunaan Diagram V-n.

(8 marks/markah)

- [c] In one accelerated flight scenario, the business jet instantaneously accelerate at 2.5 m/s² with an instantaneous velocity of 850 km/h and a specific excess power of 320 km/h. Calculate the instantaneous maximum rate of climb that can be obtained at these accelerated flight conditions.

Di dalam satu senario penerbangan pecut, halaju pesawat jet bisnes tersebut dipecut pada kadar 2.5 m/s² dengan kadar halaju 850 km/h dan kuasa lebihan spesifik 320 km/h. Kirakan berapakah kadar mendaki yang maksima yang boleh dicapai dengan keadaan penerbangan ini.

(6 marks/markah)

ooo000ooo

