

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

**Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2002/2003**

September 2002

ESA 243/3 – Aerodinamik

Masa : [3 Jam]

ARAHAN KEPADA CALON :

1. Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **(11) SEBELAS** mukasurat bercetak dan **(6) ENAM** soalan.
2. Anda dikehendaki menjawab **(5) LIMA** soalan sahaja.
3. Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sut sebelah kanan.
4. Satu soalan **wajib** dijawab dalam Bahasa Melayu.
5. Mesin kira bukan yang boleh diprogram boleh digunakan.
6. Buku rumus disediakan.

- 2 -

- 1 (a). Diberikan medan aliran upaya yang terdiri daripada 3, model asas aliran upaya, iaitu:
Given a potential flow field which consist of three elementary potential flow models namely :

- Aliran seragam pada sudut serang $\alpha = 3^\circ$ dengan halaju arus bebas $U_\infty = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$.
- *Uniform flow at angle of attack $\alpha = 3^\circ$ with free stream velocity $U_\infty = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$*
- Dublet dengan kekuatan $\mu = 10 \frac{\text{m}^2}{\text{sec}}$ terletak di titik A(2,3)
- *Doublet with strength of $\mu = 10 \frac{\text{m}^2}{\text{sec}}$ is located at point A (2,3)*
- Vorteks adalah mengikut arah jam dengan kekuatan $\Gamma = 10 \frac{\text{m}^2}{\text{sec}}$ terletak di titik B (-2,3)
- *Vortex is in clock wise direction with strength of $\Gamma = 10 \frac{\text{m}^2}{\text{sec}}$ is located at point B (-2,3)*

Jika tekanan statik di jarak tak terhingga (at infinity) $P_\infty = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

If the static pressure at infinity far away is $P_\infty = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

Tentukan :
Determine :

- (i) Fungsi upaya $\Phi(x, y)$
The potential function $\Phi(x, y)$

(3 markah/marks)

...3/

- 3 -

- (ii) Fungsi arus $\Psi(x, y)$
The stream function $\Psi(x, y)$ **(3 markah/marks)**
- (iii) Fungsi upaya kompleks $F(z)$
The complex potential function $F(z)$ **(3 markah/marks)**
- (iv) Halaju komponen u dan v pada titik $(0, 0)$
The velocity components u and v at the point $(0, 0)$ **(3 markah/marks)**
- (v) Tekanan statik P pada titik $(0, 0)$
The static pressure P at the point $(0, 0)$ **(3 markah/marks)**
- (b) Diberikan model aliran upaya dengan dua dinding sempadan. Vorteks mengikut arah jam dengan kekuatan $\Gamma = 10 \frac{\text{m}^2}{\text{sec}}$ terletak pada titik A (4,4). Model aliran ini adalah seperti yang ditunjukkan dalam Gambarajah berikut :
- Given a potential flow model is bounded by two walls, the vortex in clock wise directions with strength of $\Gamma = 10 \frac{\text{m}^2}{\text{sec}}$ located at the point A (4,4). The flow models is shown in the following figure.*

Dengan menggunakan kaedah bayangan, tentukan :

Use an image method, find :

- (i) Fungsi upaya kompleks bagi model aliran di atas
The complex potential function for above flow model
(2 markah/marks)
- (ii) Komponen halaju u dan v pada di titik A(2,3)
The velocity components u and v at the point A (2,3)
(3 markah/marks)

2. (a) Suatu kerajang udara simetri yang dijana oleh transformasi Joukowski terendam dalam aliran seragam $U_{\infty} = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ dan mempunyai sudut serang $\alpha = 3^{\circ}$. Tekanan statik pada jarak tak terhingga ialah $P_{\infty} = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$. Data geometri kerajang udara diberi sebagai berikut : panjang perentas kerajang udara $c = 0.1 \text{ m}$ dan ketebalan maksimum kerajang udara ialah 0.008 m .

A symmetrical airfoil is generated by Joukowski transformation immersed in the uniform flow of $U_{\infty} = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ and the angle of attack $\alpha = 3^{\circ}$. The static pressure at far away is $P_{\infty} = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$. The airfoil data is given as follows : the airfoil chord length $c = 0.1 \text{ m}$ and the maximum airfoil thickness is 0.008 m .

Tentukan :

Determine :

- (i) Jejari bulatan dan lokasi pusat bulatan yang di gunakan dalam jelmaan Joukowski ini.
The circle radius and the location of the centre of circle is used in this Joukowski's transformation.
(2 markah/marks)

- 5 -

- (ii) Bentuk jelmaan Joukowsky
The Joukowsky transformation form. (2 markah/marks)
- (iii) Kekuatan vorteks yang diperlukan
The strength of required vortex (2 markah/marks)
- (iv) Fungsi upaya kompleks untuk aliran di sekitar kerajang udara
The complex potential function for the flow around airfoil (2 markah/marks)
- (v) Koordinat kerajang udara dan halaju ke atasnya yang sepadan dengan titik bulatan pada $\theta = 45^\circ$
The airfoil coordinates and velocity on the airfoil which corresponding to the point on circle at $\theta = 45^\circ$ (2 markah/marks)
- (vi) Tekanan statik seperti dalam soalan (v)
The static pressure as given by question (v) (2 markah/marks)
- (vii) Pekali daya angkat C_L dan momen anggulan C_m
The lift coefficient C_L and moment pitching coefficient C_m (2 markah/marks)

- (b). Suatu bulatan gerbang kerajang udara dijana oleh jelmaan Joukowski terendam dalam aliran seragam $U_{\infty} = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ dan mempunyai sudut serang $\alpha = 3^{\circ}$. Tekanan statik pada jarak tak terhingga $P_{\infty} = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.
Data geometri kerajang udara tersebut adalah seperti yang berikut :
panjang perentas kerajang udara $c = 0.1 \text{ m}$ dan ketebalan maksimum kerajang udara ialah 0.008 m .

A arc circle airfoil is generated by Joukowski transformation immersed in the uniform flow of $U_{\infty} = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ and the angle of attack $\alpha = 3^{\circ}$. The static pressure at far away is $P_{\infty} = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$. The airfoil data is given as follows : the airfoil chord length $c = 0.1 \text{ m}$ and the maximum airfoil thickness is 0.008 m .

Tentukan :
Determine :

- (i) Fungsi upaya kompleks aliran di sekitar bulatan gerbang.
The complex potential function for the flow around arc circle airfoil.
(3 markah/marks)
- (ii) Koordinat kerajang udara dan halaju ke atasnya yang sepadan dengan titik bulatan pada $\theta = 45^{\circ}$
The airfoil coordinates and velocity on the airfoil which corresponding to the point on circle at $\theta = 45^{\circ}$
(3 markah/marks)

- 3 (a) Terangkan konsep teori kerajang udara nipis
Explain the thin airfoil theory concept

(3 markah/marks)

- (b). Jelaskan mengapa dalam teori kerajang udara nipis digunakan vorteks sebagai sumber atau ketunggalan lainnya dalam menentukan pengaruh sudut serang dan kesan garis kamber.

Explain why in the thin airfoil used a vortex instead of source or other singularities in order to include the angle of attack and camber line effects

(2 markah/marks)

- (c). Diberi kerajang udara Naca 2412 dengan koordinat garis kamber ditakrifkan sebagai berikut :
Given an airfoil Naca 2412 with the camber line coordinate as defined as follows :

$$\begin{aligned} \frac{y_c}{c} \left(\frac{x}{c} \right) &= 0.125 \left[0.8 \left(\frac{x}{c} \right) - \left(\frac{x}{c} \right)^2 \right] & 0 \leq \left(\frac{x}{c} \right) \leq 0.4 \\ &= 0.0555 \left[0.2 + 0.8 \left(\frac{x}{c} \right) - \left(\frac{x}{c} \right)^2 \right] & 0.4 < \left(\frac{x}{c} \right) \leq 1.0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{y_c}{c} \left(\frac{x}{c} \right) &= 0.125 \left[0.8 \left(\frac{x}{c} \right) - \left(\frac{x}{c} \right)^2 \right] & 0 \leq \left(\frac{x}{c} \right) \leq 0.4 \\ &= 0.0555 \left[0.2 + 0.8 \left(\frac{x}{c} \right) - \left(\frac{x}{c} \right)^2 \right] & 0.4 < \left(\frac{x}{c} \right) \leq 1.0 \end{aligned}$$

Kerajang udara ini terendam dalam aliran seragam pada sudut serang $\alpha = 3^\circ$.

This airfoil immersed in the uniform flow at an angle of attack $\alpha = 3^\circ$

Dengan kaedah teori kerajang udara nipis, tentukan :
Use thin airfoil theory, determine :

- 8 -

- (i) Pekali-peka dalam teori kerajang udara A_0 , A_1 dan A_2
The thin airfoil theory's coefficients A_0 , A_1 and A_2
(6 markah/marks)
- (ii) Pekali daya angkat C_l
The lift coefficient C_l
(2 markah/marks)
- (iii) Pekali daya momen anggulan C_m
The moment pitching coefficient C_m
(2 markah/marks)

- (d) Suatu plat-rata dengan kepek terendam dalam aliran seragam pada sudut serang $\alpha = 3^\circ$. Panjang perentas kepek ialah $0.25 c$ dan terpesong pada sudut pesongan $\alpha = 5^\circ$.
Flatplate with flap immersed in the uniform flow at angle aof attack $\alpha = 3^\circ$. The flap chord length is $0.25 c$ and deflected at angle of deflection $\alpha = 5^\circ$.

Dengan menggunakan kaedah teori kerajang udara nipis, tentukan pekali daya angkat C_l dan pekali momen anggulan C_m
Using a thin airfoil theory determine the lift coefficient C_l and the moment pitching coefficient C_m

(5 markah/marks)

- 4 (a). Suatu "sink" ditaburkan di atas panel sepanjang 3 unit. Kekuatan "sink" ini adalah seragam dengan $\sigma(x) = -5$ unit. Jika panel ini terendam dalam aliran seragam dengan halaju arus bebas $U_\infty = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ dan tekanan statik pada jarak tak terhingga ialah $P_\infty = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.
A continues sink was distributed over a panel length of 3 units. The strength of sink is uniforms equal to $\sigma(x) = -5$ units. If such panel immersed in the uniform flow with free stream velocity $U_\infty = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ and the static pressure at infinity is $P_\infty = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

...9/

Tentukan :
Determine :

- (i) Komponen halaju u dan v pada titik (4,4)
The velocity components u and v at point (4,4)
(4 markah/marks)
- (ii) Tekanan statik pada titik tersebut
The static pressure at that point.
(3 markah/marks)

- (b). Suatu vorteks ditaburkan di atas panel sepanjang 3 unit. Kekuatan vorteks pada $x = -1.5$ unit dengan $\lambda(x) = 2$ unit manakala $x = 1.5$ unit dengan $\lambda(x) = 5$ unit. Panel ini terendam dalam aliran seragam $U_\infty = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ dan sudut serang terhadap paksi x ialah $\alpha = 3^\circ$. Tekanan statik pada jarak tak terhingga ialah $P_\infty = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

A linear vortex is distributed over a panel lengths of 3 unit. The strength of vortex at $x = -1.5$ units is $\lambda(x) = 2$ units while at $x = 1.5$ units is $\lambda(x) = 5$ units. This panel immersed in the uniform flow at free stream velocity $U_\infty = 10 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$ and the angle of attack with respect to x - axis is $\alpha = 3^\circ$. The static pressure at infinity is $P_\infty = 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$.

Tentukan :
Determine :

- (i) Komponen halaju u dan v pada titik (4,4)
The velocity components u and v at point (4,4)
(4 markah/marks)
- (ii) Tekanan statik di titik tersebut
The static pressure at that point.
(3 markah/marks)

- 10 -

- (c). Terangkan mengapa diperlukan kombinasi “sumber-sink” yang tertabur sepanjang garis perentas dalam analisis aerodinamik dalam menganggar kesan ketebalan kerajang udara.
Explain why one use a source – sink combination distributed along the chord line in the aerodynamics analysis in order to estimate the airfoil thickness effect.
(3 markah/marks)
- (d). Terangkan idea asas kaedah Panel.
Explain the basic idea of Panel Method .
(3 markah/marks)
- 5 (a). Sebutkan 4 jenis bentuk pelan sayap dan terangkan secara ringkas ciri-ciri utama aerodinamik dari bentuk pelan sayap tersebut.
State four types of wing plan forms and describe shortly the main feature of aerodynamics characteristics of those plan forms.
(5 markah/marks)
- (b). Dalam analisis aerodinamik sayap, terdapat beberapa parameter geometri sayap yang penting. Terangkan definisi dan kepentingan parameter geometri sayap di bawah ini :
In the wing aerodynamics analysis, there are various well known wing geometric parameters. Explain the definition and the importance of these wing parameters as bellows :
- (i) Nisbah bidang A_r
Aspect ratio A_r
(2 markah/marks)
- (ii) Nisbah tirus λ
Taper ratio λ
(2 markah/marks)
- (iii) Sudut tersapu Λ
Swept angle Λ
(2 markah/marks)
- (iv) Min perentas aerodinamik
Mean aerodynamic chord
(2 markah/marks)
- (v) Sudut dwi-satah
Dihedral angle
(2 markah/marks)
- (vi) Sudut piuh
Twist angle
(2 markah/marks)

- (c). Terangkan mekanisma terbentuknya hujung vorteks mengekor
Explain the mechanism of formation tip trailing vortex
(3 markah/marks)
- 6 (a). Terangkan konsep asas teori garis angkat
Explain the basic idea of Lifting Line Theory
(5 markah/marks)
- (b). Terangkan konsep asas kekisi Vortex
Explain the basic idea of vortex lattice
(5 markah/marks)
- (c). Sebuah pesawat dengan berat maksimum ketika mula terbang ialah 6000 Kg dan rentang sayapnya ialah 12 m. Kelajuan ketika terbang ialah 250 m/saat. Jika panjang perentas sayap ini ialah 0.6 m dan bebanan sayap adalah berbentuk elips.
An aircraft with maximum take off weight 6000 Kg and wing span of 12 m. The cruising speed is 250 m/sec. If the average of chord length is 0.6 and the wing loading is elliptic.
- Tentukan :
Determine :
- (i) Kekuatan edaran Γ_0 pada pertengahan rentang sayap
The strength of circulation Γ_0 at the mid wing span
(3 markah/marks)
- (ii) Anggarkan sudut serang teraruh α_i
Estimate the induced angle of attack α_i
(2 markah/marks)
- (iii) Anggarkan pekali daya seret teraruh c_{di}
Estimate the induced drag coefficient c_{di}
(2 markah/marks)
- (vi) Terangkan mengapa pelantar sayap bentuk ellip tidak digunakan di dalam pembuatan pesawat terbang
Explain why the elliptic wing platform was not used generally in the aircraft manufacturing.
(3 markah/marks)