

**Studi Awal Pemodelan Aerodinamika
Sayap Pesawat Tanpa Awak Kecepatan Rendah**

Aerodynamic Preliminary Study of Low-Speed Unmanned Aerial Vehicle Wing

Mulyadi^{1*}, T. Siagian¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia
Jalan Balai Desa Marindal No. 2, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara, Indonesia 20361

*Corresponding author: mulyadi@upmi.ac.id, mulyadi.tech007@gmail.com

Diterima: 11-07-2023

Disetujui: 09-08-2023

Dipublikasikan: 27-08-2023

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Penelitian ini merupakan studi awal proses perancangan Pesawat Tanpa Awak. Studi awal ini dilakukan untuk melihat pengaruh bentuk sayap terhadap tekanan yang terjadi pada permukaan sayap PTA dan analisis model aliran udara yang terjadi pada permukaan sayap PTA dan sekitarnya yang sangat diperlukan untuk proses perancangan selanjutnya. Studi ini menggunakan pemodelan metode elemen hingga berbantu komputer. Komputasi dinamika fluida memanfaatkan Perangkat lunak Freecad 0.21 melalui workbenches yang tersedia didalamnya yaitu OpenFOAM® Computational Fluid Dynamics. Bentuk sayap yang dimodelkan terdiri dari sayap lurus, sayap tapered dan sayap tapered-lengkung dengan panjang 1000 mm dan profil NACA 6412. Panjang mean chord adalah 100 mm untuk sayap lurus dan 80-120 mm untuk sayap tapered. Kecepatan pesawat tanpa awak dalam pemodelan ini yaitu 20 m/s dengan sudut serang 2 derajat. Hasil pemodelan diproses lebih lanjut menggunakan perangkat lunak Paraview 5.5.2. Hasil menunjukkan bahwa tekanan permukaan maksimum terjadi pada leading edge sayap pesawat yaitu sebesar 190 Pascal pada sayap lurus dan 210 Pascal pada sayap tapered-lengkung. Distribusi aliran udara pada profil sayap menunjukkan aliran laminar tanpa ada aliran pusar setelah meninggalkan sayap. Distribusi tekanan udara pada profil menunjukkan terjadi perbedaan tekanan antara bagian bawah dan bagian atas sayap yang menghasilkan gaya angkat pada sayap sebagaimana yang diinginkan.

Kata Kunci: pesawat tanpa awak, komputasi dinamika fluida, NACA, metode elemen hingga

Abstract

This research is a preliminary study of unmanned aerial vehicle design process. The study is conducted to understand the effect of wing shape on pressure of the wing surface and to analyse air flow model on the wing surface and surround it that is crucial for the next design step. Finite element method has been performed with the aid of computer. Computational fluid dynamics was carried out by using Freecad 0.21 software comes with powerful OpenFOAM® Computational Fluid Dynamics workbench. Straight, tapered and tapered-bend wing shape were simulated with 1000 mm in length and constructed according to NACA 6412 profile. Straight wing had mean chord length of 100 mm while tapered wings were 80-120 mm. Furthermore, 20 m/s of wing speed was involved in simulation with angle of attack of 2 degree. Modeling results were robustly managed by means of Paraview 5.5.2 software. Results revealed that maximum surface pressure was formed on leading edge with 190 Pascals on straight wing and 210 Pascals on tapered-bend wing. Laminar air flow along wing profile was discovered without any vortex shedding occurred after passing the trail edge surface. Finally, simulation results discovered that there is a pressure difference on the top and bottom part of the wing. As the result, lifting force was created as expected.

Keywords: unmanned aerial vehicle, computational fluid dynamics, NACA, finite element method

1. Pendahuluan

Penggunaan Pesawat Tanpa Awak (PTA) yang sangat meluas membuat PTA sangat populer dalam beberapa dekade belakangan. Banyak negara melakukan investasi untuk melakukan pengembangan dan implementasi dengan cepat, sebagian besar pasar PTA berada dalam ranah militer (Nex, dkk 2022)

Pengembangan PTA dilakukan secara berkesinambungan untuk memperoleh suatu rancangan yang lebih baik yang memberikan keuntungan dalam berbagai aspek. Banyak faktor yang dijadikan sebagai acuan didalam meningkatkan kemampuan PTA. Faktor-faktor tersebut yaitu model airfoil sayap, konfigurasi sayap, bentuk sayap, tenaga penggerak, jenis material yang digunakan dan faktor-faktor lainnya.

Pemilihan bentuk sayap dan performa baik secara aerodinamika maupun secara struktur menjadi salah satu hal yang paling krusial dalam merancang suatu pesawat tanpa awak setelah pemilihan airfoil (Ramos, 2015).

Aerodinamika sangat berkaitan dengan prinsip Bernoulli (Currie, 2012). Persamaan Bernoulli dapat diperlihatkan sebagai berikut:

$$V^2/2 + g.z + P/\rho \quad (1)$$

Dimana: V = kecepatan fluida

g = percepatan gravitasi bumi

z = elevasi dari titik referensi

P = tekanan fluida

ρ = densitas fluida

Penelitian ini merupakan kajian awal yang bertujuan untuk mengetahui tekanan pada sayap pesawat dengan berbagai bentuk dan visualisasi model aliran udara yang terjadi pada sayap pesawat. Metode penelitian dilakukan dengan cara pemodelan menggunakan metode elemen hingga berbantu perangkat lunak komputer. Hasil penelitian dapat dijadikan acuan sebelum dilakukan proses perancangan lebih lanjut dan proses pembuatan PTA.

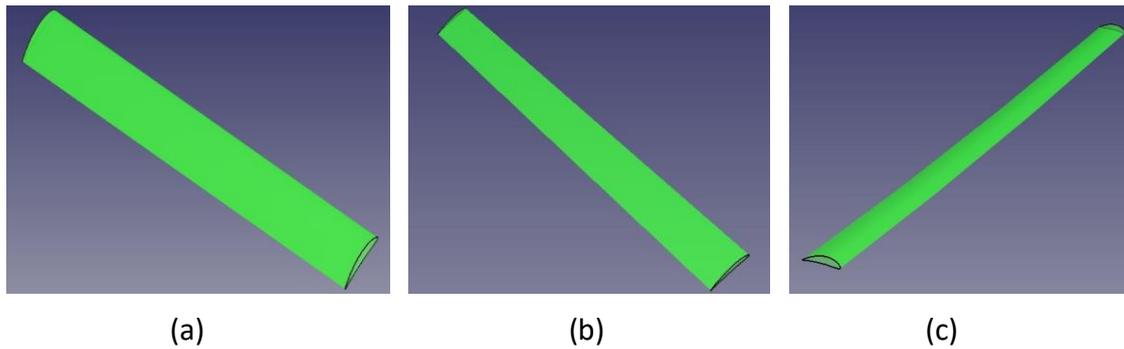
2. Metode

Penelitian ini dilakukan menggunakan pemodelan metode elemen hingga. Sayap pesawat digambar menggunakan workbench Draft dan Part pada perangkat lunak Freecad 0.21. Pemodelan komputasi dinamika fluida dilakukan menggunakan Computational Fluid Dynamic (CFD) for Freecad melalui workbench CfdOF yang merupakan front-end dari perangkat lunak terkenal OpenFOAM® CFD. Sistem operasi yang digunakan yaitu Windows 10 Enterprise pada laptop Lenovo T430 Intel® Core™ i5 dengan kartu memori 8 GB RAM. Hasil simulasi dilihat dan dianalisis lebih lanjut menggunakan piranti lunak Paraview 5.5.2.

Sayap pesawat yang dimodelkan terdiri dari tiga bentuk yaitu bentuk lurus, tapered, dan tapered-lengkung dengan profil sayap yang dipilih yaitu NACA 6412 dapat dilihat pada gambar 1. Panjang sayap adalah 1000 mm dengan panjang chord profil yaitu 100 mm untuk sayap lurus dan 120 mm pada pangkal sayap dan 80 mm pada ujung sayap untuk sayap berbentuk tapered. Sudut serang (angle of attack) sayap digunakan yaitu 2 derajat dengan kecepatan PTA yang digunakan yaitu 20 m/s yang lazim digunakan untuk PTA kecepatan rendah.

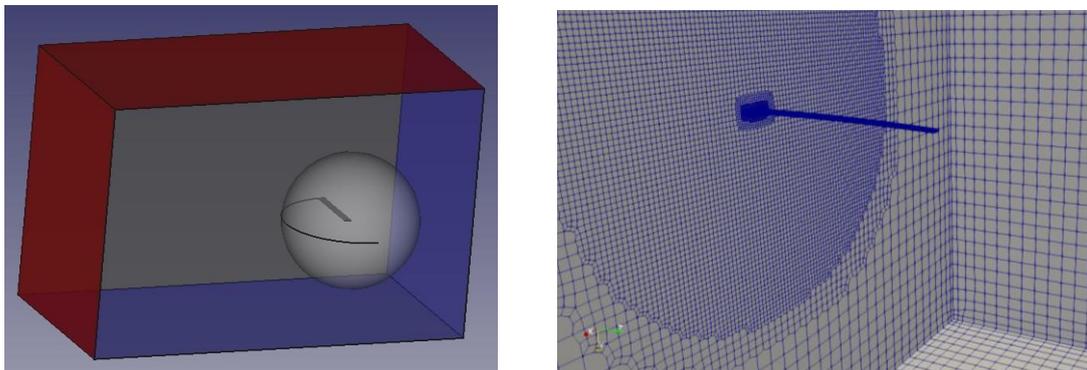
Domain udara sekitar sayap pesawat untuk pemodelan dinamika fluida dibuat dengan bentuk kotak berukuran 3000 mm x 4000 mm x 6000 mm. Mesh diaplikasi pada ruang kotak dengan menggunakan jenis mesh cfmesh dengan ukuran dasar 100 mm. Untuk mesh permukaan sayap digunakan mesh permukaan dengan ukuran 0.02 dari ukuran mesh dasar.

Kemudian daerah penghalusan mesh pada udara sekitar sayap dibuat dalam bentuk ruang berbentuk bola dengan mesh volume yang berukuran 0.25 ukuran mesh dasar.



Gambar 1. Bentuk sayap (a). lurus, (b). tapered, (c). lengkung

Fluida kerja yang digunakan pada pemodelan ini yakni udara. Analisis dinamika fluida menerapkan sistem panel prediksi analisis yang akurat dan handal yaitu Reynolds-average Navier-Stokes (RANS). Kondisi batas yang digunakan yaitu simetri *constraint* pada pangkal sayap dan slip wall pada kondisi batas yang berdekatan dengan ujung sayap.



Gambar 2. Teknik meshing pemodelan sayap

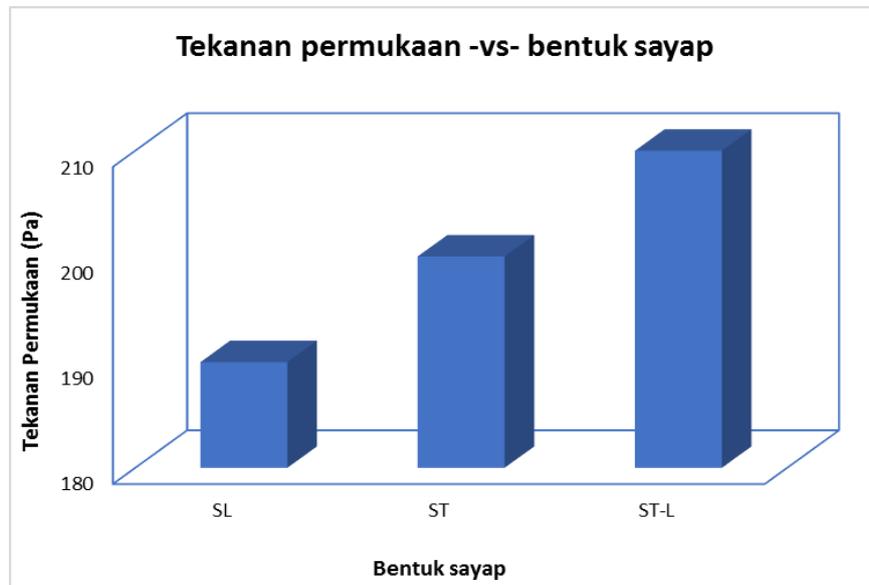
Tabel 1. Parameter rancangan PTA

Parameter	Dimensi (mm)		
	Sayap Lurus	Sayap Tapered	Sayap Tapered-Lengkung
Panjang	1000	1000	1000
Panjang chord	100	120-80	120-80
Kemiringan antara pangkal dan ujung pesawat	-	-	0.05
Kecepatan pesawat	20 m/s		
Sudut serang sayap	2 derajat		

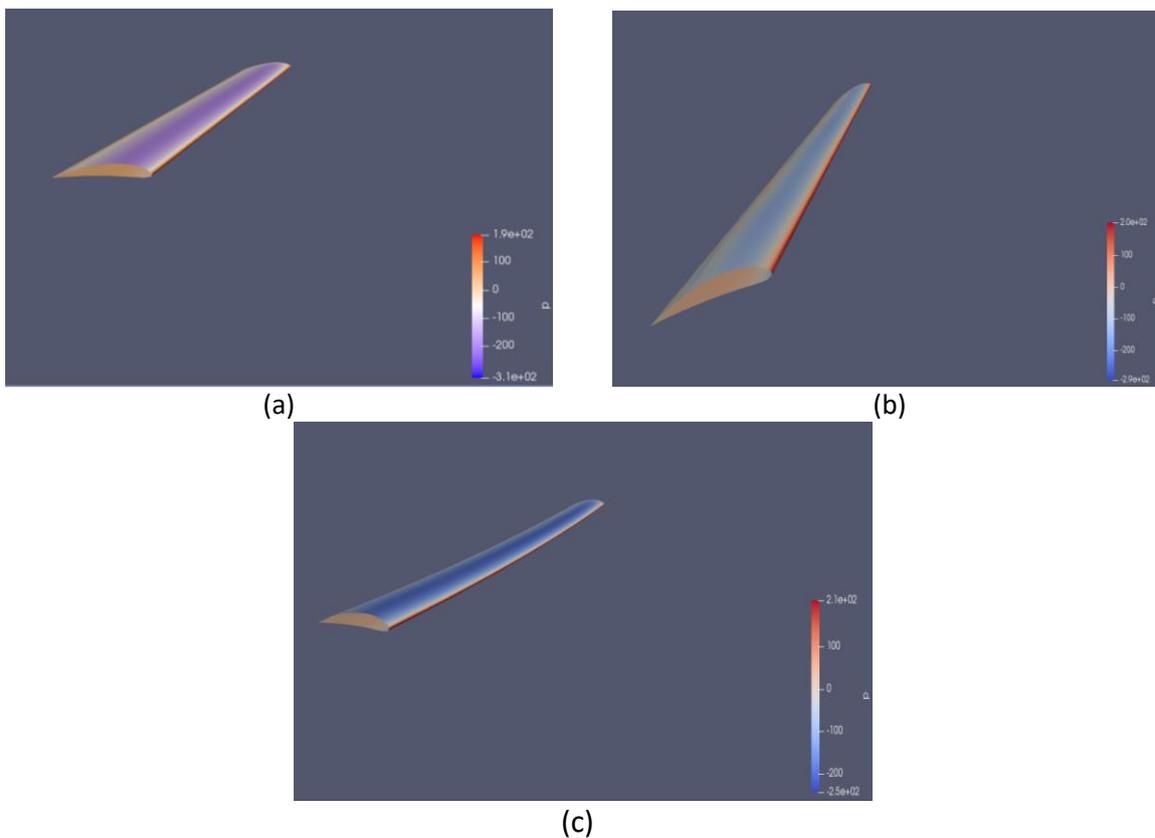
3. Hasil dan Pembahasan

Tekanan permukaan yang terjadi pada sayap pesawat paling tinggi terjadi pada *leading edge* sayap untuk semua bentuk sayap sebagaimana diperlihatkan pada gambar 3. Tekanan tertinggi terjadi pada sayap tapered-lengkung yakni sebesar 210 Pa sedangkan tekanan *leading edge* terkecil terjadi pada sayap lurus. Distribusi tekanan disekeliling profil sayap diperlihatkan

pada Gambar 3. Hasilnya secara konsisten menunjukkan bahwa tekanan udara dibagian sayap bagian bawah lebih besar daripada tekanan udara bagian atas profil sayap. Tekanan bagian atas profil atas sayap merupakan tekanan minimum untuk ketiga bentuk sayap. Hasil ini memberikan hal yang positif dari sisi aerodinamika pesawat karena menghasilkan gaya angkat sebagaimana yang diharapkan.

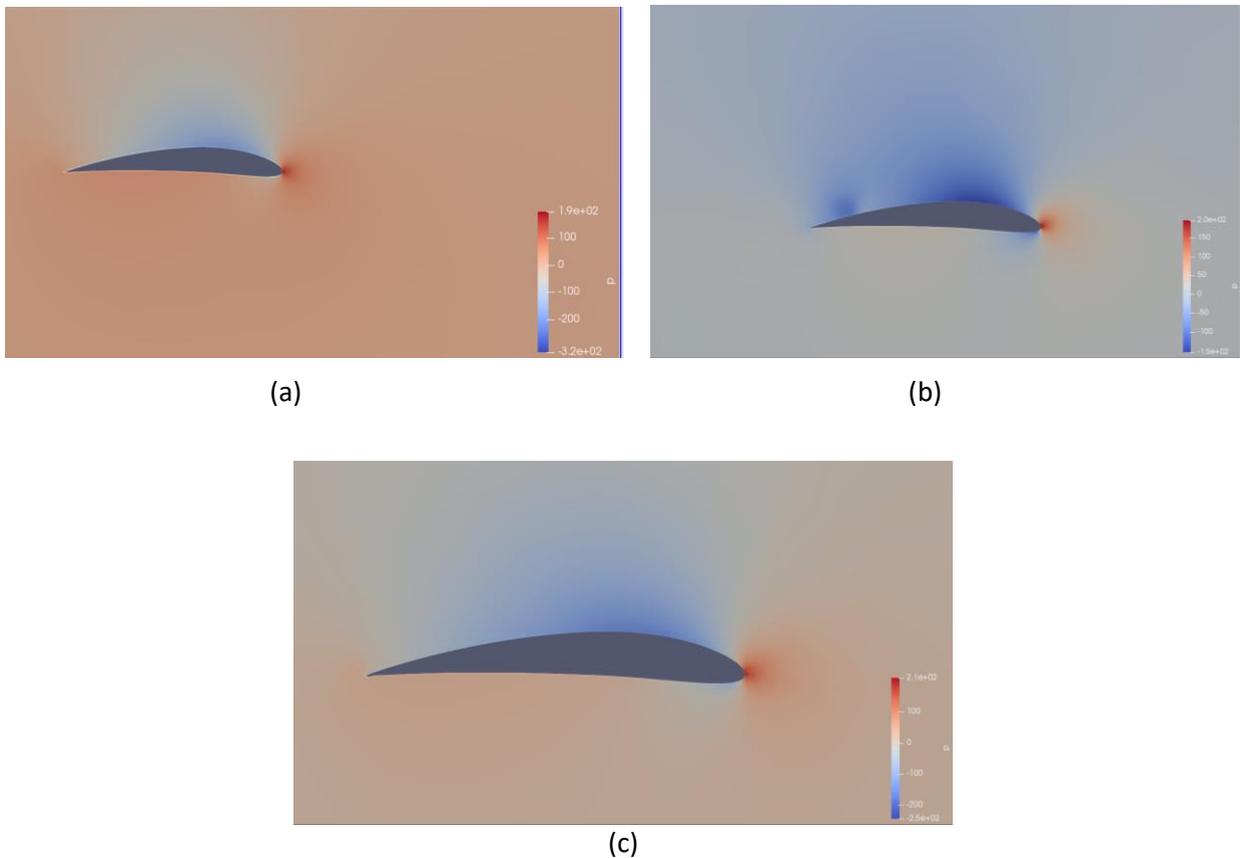


Gambar 3. Tekanan pada leading edge -vs- bentuk sayap (SL = Sayap lurus, ST = Sayap tapered, ST-L = Sayap tapered-lengkung)

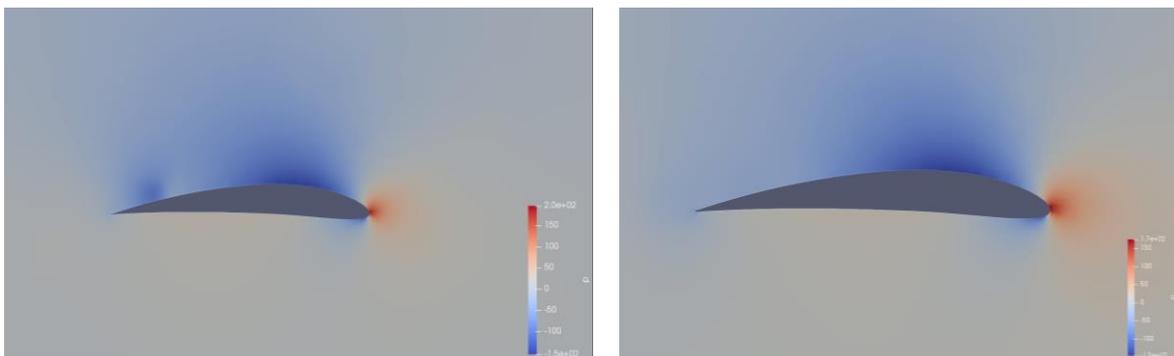


Gambar 4. Distribusi tekanan pada permukaan sayap; (a). Sayap lurus, (b). Sayap tapered, (c). Sayap tapered – lengkung

Distribusi tekanan pada profil sayap tapered diperlihatkan pada Gambar 5. Gambar 5 (a) memperlihatkan distribusi tekanan pada bagian pangkal sayap sedangkan Gambar 5 (b) menunjukkan distribusi tekanan pada bagian ujung sayap. Tekanan pada ujung sayap yang dihasilkan lebih kecil daripada tekanan pada pangkal sayap. Fenomena ini sangat menarik untuk dibahas pada kesempatan lain. Namun hal yang menguntungkan dari sayap tapered ini yaitu momen yang dihasilkan oleh tekanan pada ujung sayap akan menjadi lebih kecil jika dibandingkan dengan sayap lurus. Hal ini sangat menguntungkan dari sisi konstruksi sayap pesawat karena momen gaya yang dihasilkan terhadap pangkal sayap akan menjadi lebih kecil sehingga konstruksi sayap akan lebih aman untuk digunakan.

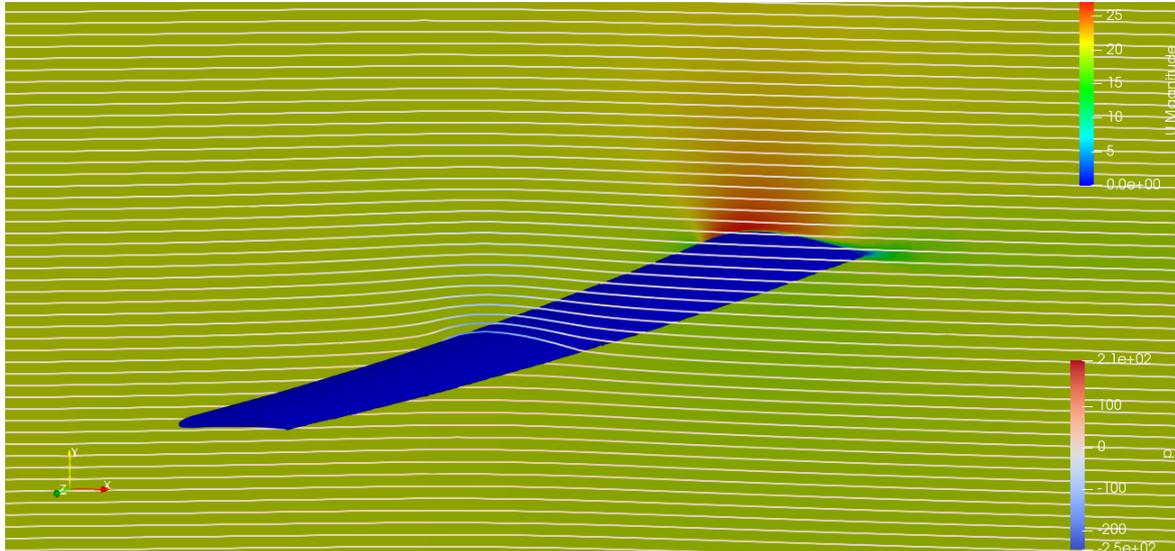


Gambar 5. Distribusi tekanan disekitar profil sayap pesawat; (a) Sayap lurus, (b) Sayap tapered, (c). Sayap tapered-lengkung



Gambar 6. Distribusi tekanan disekitar profil sayap; (a). pangkal sayap, (b). ujung sayap

Aliran udara pada sayap pesawat dapat dilihat pada gambar 7. Posisi bagian yang ditinjau adalah bagian tengah sayap. Aliran menunjukkan tidak adanya aliran pusar setelah udara meninggalkan sayap. Semua aliran yang terbentuk mulai dari pangkal sampai dengan ujung sayap adalah aliran laminar. Ini merupakan pertanda yang baik dalam hal keamanan sayap. Tidak adanya aliran pusar disekitar konstruksi sayap pesawat akan memberikan konsekuensi yang baik yaitu tidak munculnya getaran pada konstruksi sayap.



Gambar 7. Aliran udara pada sayap pesawat tapered-lengkung

Kecepatan aliran udara menunjukkan lebih kecil pada bagian bawah sayap dibandingkan pada bagian atas sayap. Hal ini sangat konsisten dengan hasil tekanan yang diperoleh pada gambar 6 yang merupakan kebalikan dari kecepatan. Bentuk aliran dan besarnya tekanan dan kecepatan pada profil sayap sangat konsisten dengan persamaan Bernoulli yang sangat terkenal tersebut.

4. Kesimpulan

Penelitian yang telah dilakukan memberikan hasil yang merujuk pada suatu kesimpulan yaitu bentuk sayap pesawat sangat berpengaruh terhadap tekanan permukaan yang terjadi pada sayap pesawat. Bentuk sayap yang memberikan tekanan permukaan yang lebih kecil yaitu pesawat lurus akan tetapi memberikan momen gaya yang lebih besar pada sayap pesawat. Perlu dilakukan penelitian yang lebih panjang dan kompleks untuk mendisain sebuah PTA. Penelitian lanjutan sebaiknya memasukkan perhitungan besarnya gaya dan momen yang terjadi pada konstruksi serta besarnya gaya angkat, gaya drag dan sebagainya yang terjadi pada sayap.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Pembinaan Masyarakat Indonesia (UPMI) Medan yang telah memberikan dukungan untuk keberlangsungan penelitian ini. Semoga dukungan yang diberikan dapat memberikan daya dorong lebih bagi penulis untuk penelitian dimasa-masa yang akan datang.

Daftar Pustaka

Aldori, Yopan Rahmad, dan Reno Pangestu. 2022. "Analisa Perilaku Aliran Panas Pada Permukaan Desain Heatsink Dengan Menggunakan Software ANSYS". IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA) 1 (2):11-17. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v1i2.24>.

Currie, I.G. 2012. "Fundamental Mechanics of Fluids". CRC Press.

<https://www.freecad.org/>

<https://www.openfoam.com/>

Mulyadi, Mulyadi. 2022. "Analisa Sifat Mekanis Komposit Epoksi/Partikel Silika Dari Ekstraksi Sekam Padi: Bagian II: Pemodelan". IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA) 1 (1):75-80. <http://e-journals.irapublishing.com/index.php/IRAJTMA/article/view/13>.

Nex, F., Armenakis, C., Cramer, M., Cucci, D.A., Gerke, M., Honkavaara, E., Kukko, A., Persello, C., & Skaloud, J. 2022. "UAV in the advent of the twenties: Where we stand and what is next". ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 184, 215-242. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.12.006>.

Ramos, M.H.S. 2015. "Construction and analysis of a lightweight UAV wing prototype". MSc Thesis. Aerospace Engineering, Técnico Lisboa.