

**STUDI EKSPERIMEN KARAKTERISTIK ALIRAN FLUIDA
PADA *AIRFOIL* NACA 4412 DENGAN PENAMBAHAN
*FORWARD WINGTIP FENCE 75°***

PROYEK AKHIR



Oleh:

GABRIELA RAHMA CHANIAGO
NIT.30421010

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA**

2024

**STUDI EKSPERIMEN KARAKTERISTIK ALIRAN FLUIDA
PADA *AIRFOIL* NACA 4412 DENGAN PENAMBAHAN
*FORWARD WINGTIP FENCE 75°***

PROYEK AKHIR

Diajukan Sebagai Syarat Menempuh Mata Kuliah Tugas Akhir Pada Program Studi
Diploma 3 Teknik Pesawat Udara



PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA

POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA

2024

LEMBAR PERSETUJUAN

STUDI EKSPERIMEN KARAKTERISTIK ALIRAN FLUIDA PADA *AIRFOIL*
NACA 4412 DENGAN PENAMBAHAN *FORWARD WINGTIP FENCE* 75°

Oleh:

Gabriela Rahma Chaniago
NIT.30421010

Disetujui untuk diujikan pada:

Surabaya, 17 Juli 2024

Pembimbing I : Ir. BAMBANG JUNIPITOYO, S.T., M.T.

NIP. 19780626 200912 1 001

Pembimbing II : Dr. SETYO HARIYADI, S.P., S.T., M.T.

NIP. 19790824 200912 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMEN KARAKTERISTIK ALIRAN FLUIDA PADA *AIRFOIL*
NACA 4412 DENGAN PENAMBAHAN *FORWARD WINGTIP FENCE* 75°

Oleh:

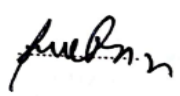
Gabriela Rahma Chaniago
NIT.30421010

Telah dipertahankan dan dinyatakan lulus pada Ujian Tugas Akhir
Program Studi Diploma 3 Teknik Pesawat Udara 7A
Politeknik Penerbangan Surabaya
Pada tanggal : 17 Juli 2024

Panitia Penguji :

1. Ketua : AJENG WULANSARI, S.T., M.T.
NIP. 19890606 200912 2 001
2. Sekretaris : SUSENO, S.T., M.M.
NID. 19680717 201601 08001
3. Anggota : Ir.BAMBANG JUNIPITOYO, S.T., M.T.
NIP. 19780626 200912 1 001

Ketua Program Studi
D3 Teknik Pesawat Udara


Ir.BAMBANG JUNIPITOYO, ST, MT
NIP. 19780626 200912 1 001

ABSTRAK

STUDI EKSPERIMEN KARAKTERISTIK ALIRAN FLUIDA PADA *AIRFOIL* NACA 4412 DENGAN PENAMBAHAN *FORWARD WINGTIP FENCE* 75°

Oleh:

Gabriela Rahma Chaniago
NIT.30421010

Winglet adalah salah satu aksesoris pada sayap pesawat yang memungkinkan penambahan performansi sayap tanpa harus memperlebar *wingspan* (bentangan sayap pesawat). *Winglet* berfungsi untuk meredam pusaran aliran (*vortex*) pada bagian ujung sayap yang disebabkan pertemuan aliran udara dari bagian bawah sayap yang bertekanan tinggi dengan aliran udara bagian atas sayap yang bertekanan rendah, ini akan menghambat gerak laju pesawat dan menurunkan luasan efektif dari sayap akibat pembentukan *tip vortex*.

Metode eksperimen yang akan digunakan pada studi kali ini adalah simulasi eksperimen menggunakan terowongan angin (*wind tunnel*) yang berada di lab *Aerodynamic* hangar prodi teknik pesawat udara (TPU) Politeknik Penerbangan Surabaya. Benda uji ini berupa *airfoil* NACA 4412 dengan panjang *chord* dari *airfoil* adalah 72 mm dan panjang *span* 300 mm. Bilangan Reynolds (Re) yang digunakan adalah $2,3 \times 10^4$ ($U_\infty = 10 \text{ m/s}$) dengan sudut serang (*angle of attack*) 0°, 4°, 10°, 12°, 15°, dan 17°.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *forward wingtip fence* 75° pada metode *oil flow visualization* dan *tuft visualization* dapat meningkatkan performa aerodinamika atau peningkatan gaya *lift* di sekitar *airfoil* NACA 43018 pada sudut 0°, 4°, 10°, 12°, sedangkan pada *plain airfoil* terjadi peningkatan gaya *lift* pada sudut 0°, 4°, 10°. Eksperimen ini juga dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang aliran fluida yang terjadi antara *airfoil* NACA 4412 dan *forward wingtip fence* 75°.

Kata Kunci: *Wingtip fence*, NACA 4412, *wingspan*, *angle of attack*

ABSTRACT

EXPERIMENTAL STUDY OF FLUID FLOW CHARACTERISTICS IN NACA 4412 AIRFOIL WITH THE ADDITION OF FORWARD WINGTIP FENCE 75°

By:

Gabriela Rahma Chaniago
NIT.30421010

Winglet is one of the accessories on the aircraft wing that allows additional wing performance without having to widen the wingspan (stretch of the aircraft wing). Winglets function to reduce the vortex at the tip of the wing caused by the meeting of airflow from the lower part of the wing which is high pressure with the airflow of the upper part of the wing which is low pressure, this will inhibit the motion of the aircraft and reduce the effective area of the wing due to the formation of tip vortex.

The experimental method that will be used in this study is a simulation experiment using a wind tunnel located in the Aerodynamic hangar lab of the aircraft engineering program (TPU) of the Aviation Polytechnic of Surabaya. This test object is a NACA 4412 airfoil with a chord length of 72 mm and a span length of 300 mm. The Reynolds number (Re) used is 2.3×10^4 ($U_\infty = 10$ m/s) with angles of attack of 0°, 4°, 10°, 12°, 15°, and 17°.

The results showed that the addition of a 75° forward wingtip fence in the oil flow visualization and tuft visualization methods can improve aerodynamic performance or increase the lift force around the NACA 43018 airfoil at angles of 0°, 4°, 10°, 12°, while in plain airfoil there is an increase in lift force at angles of 0°, 4°, 10°. This experiment can also provide a deeper understanding of the fluid flow that occurs between the NACA 4412 airfoil and the forward wingtip fence 75°.

Keywords: *Wingtip fence, NACA 4412, wingspan, angle of attack*

PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Gabriela Rahma Chaniago

NIT : 30421010

Program Studi : D3 Teknik Pesawat Udara

Judul Proyek Akhir/Tugas Akhir : “Studi Eksperimen Karakteristik Aliran Fluida Pada *Airfoil* Naca 4412 Dengan Penambahan *Forward Wingtip Fence* 75°.”

dengan ini menyatakan bahwa :

1. Proyek Akhir/Tugas Akhir ini merupakan karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Politeknik Penerbangan Surabaya maupun di Perguruan Tinggi lain, serta dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) kepada Politeknik Penerbangan Surabaya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Politeknik Penerbangan Surabaya berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Proyek Akhir/Tugas Akhir saya dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Politeknik Penerbangan Surabaya.

Surabaya, 17 Juli 2024

Yang membuat pernyataan



Gabriela Rahma Chaniago
NIT. 30421010

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat limpahan rahmat dan hidayahnya, Tugas Akhir yang berjudul “STUDI EKSPERIMEN KARAKTERISTIK ALIRAN FLUIDA PADA *AIRFOIL* NACA 4412 DENGAN PENAMBAHAN *FORWARD WINGTIP FENCE 75°*” ini dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan Tugas Akhir ini dimaksudkan sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya dan memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md.). Selama proses penyusunan tugas akhir ini penulis banyak menerima bantuan, bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Ahmad Barawi, S.E., M.T., selaku Direktur Politeknik Penerbangan Surabaya.
2. Bapak Ir. Bambang Junipitoyo, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Pesawat Udara dan selaku pembimbing I Tugas Akhir, atas bimbingannya.
3. Bapak Setyo Hariyadi, S.P., S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, atas bimbingannya.
4. Kepada Ibu Rahmawati dan Bapak Toni Tanjung selaku orang tua saya yang telah memberikan doa serta bantuan secara materi, dukungan moral dan doa untuk kelancaran Tugas Akhir ini.
5. Kepada Muhammad Yusuf Ardianto selaku abang saya yang telah memberikan dukungan moral dan doa untuk kelancaran Tugas Akhir ini.
6. Seluruh dosen dan civitas akademika Prodi Diploma III Teknik Pesawat Udara Politeknik Penerbangan atas pengajaran dan bimbingannya selama ini.
7. Seluruh rekan-rekan angkatan Diploma III Teknik Pesawat Udara angkatan VII yang selalu memberikan dukungan dan motivasi selama menempuh pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu dengan tangan terbuka penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak agar dapat membantu untuk menjadikan penulisan Tugas Akhir selanjutnya dengan lebih baik.

Surabaya, 17 Juli 2024



Gabriela Rahma Chaniago

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Pembatasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Hipotesis	4
1.6. Manfaat Penelitian	4
1.7. Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1. Dasar Aerodinamika	7
2.2. Teori <i>Airfoil</i>	8
2.3. <i>Airfoil</i> NACA 4412.....	10
2.4. Sudut Serang (<i>Angle of Attack</i>).....	11
2.5 <i>Winglet</i>	12
2.5.1 <i>Split Winglet</i>	13
2.5.2 <i>Blended Winglet</i>	13
2.5.3 <i>Wing Tip</i>	14
2.5.4 <i>Raked Wingtip</i>	15

2.6.	Teori <i>Boundary Layer</i>	16
2.7.	<i>Tip Vortex</i> dan <i>Downwash</i>	17
2.8.	Metode Penelitian	18
2.8.1	Metode <i>Oil Flow Visualization</i>	18
2.8.2	Metode <i>Tuft Flow Visualization</i>	18
2.9.	Koefisien <i>Lift</i> dan Koefisien <i>Drag</i>	19
2.10.	Bilangan <i>Reynolds</i>	20
2.11.	<i>Blockage Effect</i>	20
2.12.	Penelitian Terdahulu	21
2.12.1	Penelitian Mengenai <i>Forward Wingtip Fence Cant Angle 75° Airfoil E562</i>	21
2.12.2	Penelitian Mengenai <i>Whitcomb Winglet</i>	23
2.13	<i>Mind Mapping</i>	29
BAB III METODELOGI PENELITIAN		31
3.1	Rancangan Penelitian.....	31
3.2	Desain Eksperimen	32
3.2.1	Benda Uji Penelitian	32
3.2.2	Parameter yang diukur	32
3.2.3	Parameter <i>Winglet</i> pada <i>Tip</i>	33
3.2.4	Peralatan Penelitian.....	35
3.3	Langkah Kerja.....	37
3.3.1	Persiapan	37
3.3.2	<i>Installing Tested Model</i>	38
3.3.3	<i>Run Wind Tunnel Aerodynamic</i>	38
3.3.4	Pengambilan Data	38
3.4	Metode <i>Tuft Flow Visualization</i> dan <i>Oil Flow Visualization</i>	39
3.4.1	Metode <i>Tuft Flow Visualization</i>	39
3.4.2	Visualisasi <i>Shear Stress Lines</i> dengan Metode <i>Oil Flow Visualization</i>	41
3.5	Validasi Data	42
3.6	Metode Analisis Data.....	43
3.7	Lokasi Dan Waktu Penelitian.....	45

BAB IV PEMBAHASAN.....	47
4.1 Hasil Penelitian	47
4.2 Analisa Karakteristik Aliran Fluida	47
4.2.1 Karakteristik Aliran <i>Plain Airfoil</i> dan <i>Airfoil</i> dengan Penambahan <i>Wingtip Fence 75°</i>	49
4.2.2 Analisis Aliran Fluida	55
4.2.3 Perbandingan <i>Transition Point</i> , <i>Separation Point</i> , Dan <i>Reattachment Point</i>	56
4.2.4 Analisa <i>Airfoil</i> NACA 4412 Tanpa <i>Wingtip Fence 75°</i> Dengan <i>Tuft Visualization</i>	61
4.2.5 Analisa <i>Airfoil</i> NACA 4412 Dengan <i>Wingtip Fence 75°</i>	65
BAB V PENUTUP.....	73
5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA.....	75
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Gaya-gaya pada pesawat terbang	7
Gambar 2. 2 Terminologi <i>Airfoil</i>	9
Gambar 2. 3 <i>Airfoil</i> NACA 4412	10
Gambar 2. 4 Sudut serang (<i>angle of attack</i>) (Kabir, 2019).....	11
Gambar 2. 5 <i>After</i> dan <i>before</i> setelah menggunakan <i>winglet</i> pada ujung sayap	12
Gambar 2. 6 <i>Split winglet</i>	13
Gambar 2. 7 <i>Blended winglet</i>	14
Gambar 2. 8 Bentuk model <i>wing tip fence</i> a) <i>forward wing tip</i> b) <i>rearward wing tip</i> (Setyo Hariyadi, 2020)	15
Gambar 2. 9 <i>Raked Wingtip</i>	16
Gambar 2. 10 <i>Boundary layer</i> (Frank M.White, 1992).....	16
Gambar 2. 11 <i>Wingtip vortices cause downwash</i> (Tony Snyder, 2014).....	17
Gambar 2. 12 Visualisasi <i>tuft flow</i> pada $\alpha = 0^\circ$ (Setyo Hariyadi., 2020).....	22
Gambar 2. 13 Visualisasi <i>tuft flow</i> pada $\alpha = 4^\circ$ (Setyo Hariyadi., 2020)	22
Gambar 2. 14 Visualisasi <i>tuft flow</i> pada $\alpha = 15^\circ$ (Setyo Hariyadi, 2020)	22
Gambar 2. 15 Visualisasi <i>tuft flow</i> pada $\alpha = 17^\circ$ (Setyo Hariyadi, 2020).....	23
Gambar 2. 16 Visualisasi <i>tuft flow</i> pada $\alpha = 12^\circ$ (Setyo Hariyadi., 2020)	23
Gambar 2. 17 Visualisasi <i>tuft flow</i> pada $\alpha = 10^\circ$ (Setyo Hariyadi., 2020).....	23
Gambar 2. 18 Konfigurasi sayap dengan dan tanpa <i>winglet</i> (Weirman dan Jamey, 2010).....	24
Gambar 2. 19 Perbandingan C_L VLM model dengan C_L <i>wind tunnel</i>	24
Gambar 2. 20 C_L/C_D vs α (Weirman dan Jamey, 2010)	25
Gambar 2. 21 C_L vs C_D (Weirman dan Jamey, 2010)	26
Gambar 2. 22 C_L/C_D vs α dengan C_D pada VLM menggunakan C_D pada <i>wind tunnel</i> (Weirman dan Jamey, 2010)	26
Gambar 2. 23 <i>Geometry Winglet</i> dan Tanpa <i>Winglet</i> (Turanoğuz, 2014)	28
Gambar 2. 24 C_L , C_D dan C_L/C_D pada sayap dengan <i>winglet</i> dan tanpa <i>winglet</i> (Turanoğuz, 2014)	28
Gambar 2. 25 <i>Mind Mapping</i>	29
Gambar 3. 1 Rancangan Penelitian.....	31
Gambar 3. 2 Profil <i>airfoil</i> NACA 4412.....	32
Gambar 3. 3 Sketsa pemodelan penelitian pada <i>wind tunnel</i> (Mulvany, dkk, 2004) 34	34
Gambar 3. 4 Model benda uji a) <i>Airfoil</i> dan <i>wingtip fence</i> dengan sudut 75° , b) Sketsa <i>airfoil</i> dengan <i>wingtip fence</i>	34
Gambar 3. 5 Terowongan Angin (<i>Wind Tunnel</i>)	35
Gambar 3. 6 <i>Operation wt-60 subsonic</i> terowongan angin (<i>Wind Tunnel</i>).....	37
Gambar 3. 7 Bagian <i>test section</i> untuk menguji <i>airfoil</i>	37

Gambar 3. 8	<i>Tuft Visualization</i> , a) <i>Tuft Visualization</i> pada <i>wing</i> b) Skema <i>Tuft Visualization</i>	40
Gambar 3. 9	<i>Oil Flow Visualization</i> , a) <i>Oil flow Visualization</i> pada <i>wing</i> b) Skema <i>oil flow Visualization</i>	42
Gambar 3. 10	Karakteristik aliran <i>oil flow visualization</i> di <i>upper surface</i> pada $(\alpha) = 0^\circ$, $Re = 1 \times 10^3$	43
Gambar 3. 11	Macam – macam data penelitian (permata, 2019)	44
Gambar 4. 1	Skematik transisi pada <i>flat plate</i> (Serdar, 2012)	48
Gambar 4. 2	Visualisasi aliran <i>upper surface airfoil</i> dengan $(\alpha) = 0^\circ$	50
Gambar 4. 3	Visualisasi aliran <i>upper surface airfoil</i> dengan $(\alpha) = 4^\circ$	51
Gambar 4. 4	Visualisasi aliran <i>upper surface airfoil</i> dengan $(\alpha) = 10^\circ$	52
Gambar 4. 5	Visualisasi aliran <i>upper surface airfoil</i> dengan $(\alpha) = 12^\circ$	53
Gambar 4. 6	Visualisasi aliran <i>upper surface airfoil</i> dengan $(\alpha) = 15^\circ$	53
Gambar 4. 7	Visualisasi aliran <i>upper surface airfoil</i> dengan $(\alpha) = 17^\circ$	54
Gambar 4. 8	Perbandingan titik separasi (X_s), titik transisi (X_t), titik <i>reattachment</i> (X_r), pada <i>plain airfoil</i> dan <i>airfoil</i> dengan <i>wingtip fence</i> 75°	60
Gambar 4. 9	Visualisasi aliran <i>upper surface plain airfoil</i>	65
Gambar 4. 10	Visualisasi aliran <i>upper surface airfoil</i> dengan <i>wingtip fence</i> 75°	70



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Kondisi Batas (Turanoguz, 2014)	27
Tabel 3. 1 Parameter <i>winglet</i> pada <i>tip</i>	33
Tabel 3. 2 Perancangan tugas akhir	45
Tabel 4. 1 Hasil penelitian pada <i>Aifoil</i> tanpa <i>wingtip fence</i> 75°	56
Tabel 4. 2 Hasil penelitian pada <i>Airfoil</i> dengan <i>wingtip fence</i> 75°	56



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

<u>Singkatan</u>	<u>Nama</u>	<u>Pemakaian pertama kali pada halaman</u>
NACA	<i>Airfoil National Advisory Committee for Aeronautics</i>	2
Re	<i>Reynold's Number</i>	19
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>	22
VLM	<i>Vortex Lattice Method</i>	22
<u>Lambang</u>		
α	<i>Angle Of Attack</i>	1
C_L	<i>Lift Coefficient</i>	2
C_D	<i>Drag Coefficient</i>	2
q	<i>Dynamic pressure</i>	18
F_D	<i>Gaya hambat</i>	18
F_L	<i>Gaya angkat</i>	18
ρ	<i>Densitas fluida</i>	18
V	<i>Kecepatan fluida</i>	18
A	<i>Luas permukaan</i>	18
Re	<i>Bilangan Reynold</i>	19
D	<i>Diameter atau panjang chord airfoil</i>	19
μ	<i>Dynamic Viscosity</i>	19
ν	<i>Kinematic Viscosity</i>	19
h_1	<i>Tinggi winglet atas, m</i>	31
h_2	<i>Tinggi winglet bawah, m</i>	31
δ	<i>Ketebalan boundary layer, m</i>	31
x	<i>Airfoil thickness, m</i>	31
w	<i>Winglet chord, m</i>	31

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson J. (2017). *Fundamentals of Aerodynamics, Sixth Edition, McGraw-Hill series in aeronautical and aerospace engineering* 978-1-259-12991-9.
- Cahyo B.D. (2019). *Experimental Study on the Analysis of the Use of Forward and Rearward Wingtip Fences 90° Cant Angle on Wing Airfoil Eppler 562*. Politeknik Penerbangan Surabaya.
- D. Coles and A. J. Wadcock, “Flying-Hot-Wire Study of Flow Past an NACA 4412 Airfoil at Maximum Lift,” AIAA, vol. 5, no. 4, pp. 321–329, 1979.
- Hanifah, S. 2015. Analisis Distribusi Kecepatan Aliran *Wind Tunnel* Tipe Terbuka. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Diponegoro.
- Harahap, Y. 2003. Analisa Karakteristik Distribusi Tekanan dan Kecepatan Pada Bodi Aerodinamika *Airfoil* dengan Metoda Panel Dalam Fenomena “Flow Around Body.”
- Hariyadi, S. (2016). Dasar-dasar aerodinamika. Akademi Teknik dan Keselamatan Penerbangan. Surabaya, Surabaya, Indonesia.
- Hariyadi, S. 2016. *Numerical Study of Aerodynamic Analysis on Wing Airfoil NACA 43018 with the addition of Forward and Rearward Wingtip Fence*. Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hariyadi, S. dan Wiwid Suryono. (2017). Analisis Aerodinamika Pada *Wingtip Fence* Cessna 172. Politeknik Penerbangan Surabaya.
- Hariyadi, S. 2019. *Study Aerodinamika Shifted Downstream Winglet untuk Wing Airfoil Eppler 562 Pada Unmanned Aerial Vehicle*. Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

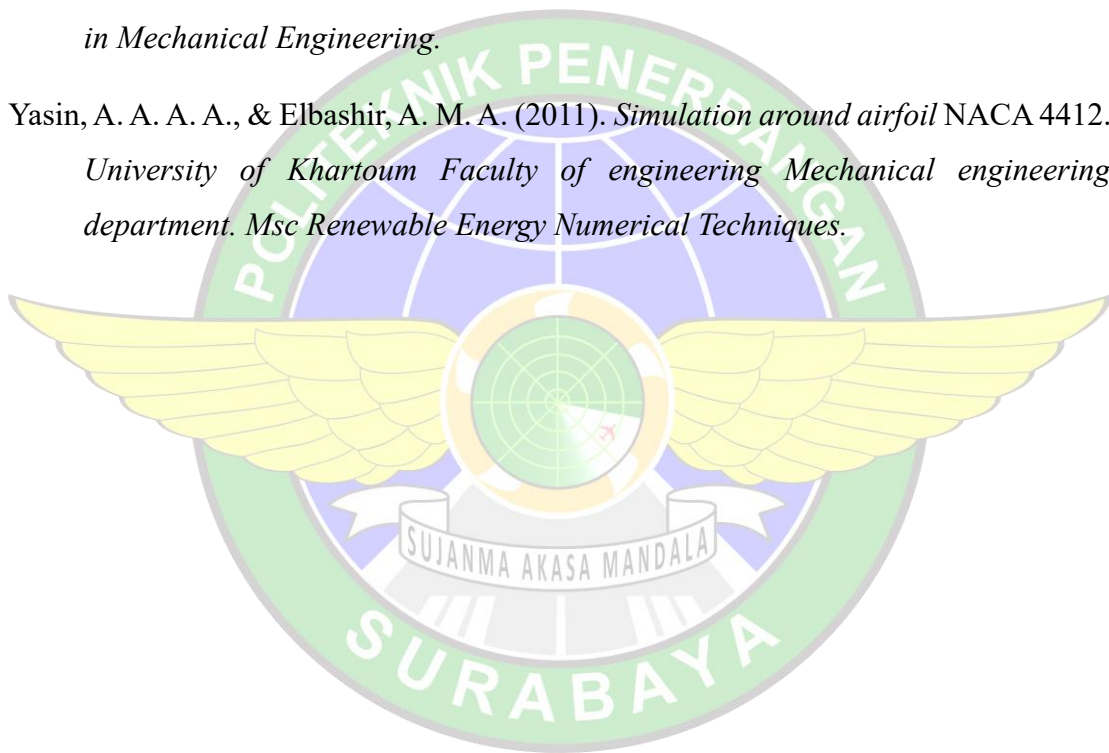
- Hariyadi, S. dan Melando Sagala. (2020). Eksperimen *Tuft Flow Visualization* Pada *Forward Wingtip Fence Cant Angle 75°* Terhadap Kinerja Aerodinamika *Wing Airfoil E562*. Politeknik Penerbangan Surabaya.
- Mccroskey. (2013). *A critical assessment of wind tunnel results for the NACA 0012 airfoil*.
- M. N. Haque, M. Ali, and I. Ara, “*Experimental Investigation on the Performance of NACA 4412 Aerofoil with Curved Leading Edge Planform*,” *Procedia Eng.*, vol. 105, no. Icte 2014, pp. 232–240, 2015.
- Mukhti. (2022). *Computational Fluid Dynamic Simulation Study on NACA 4412 Airfoil with Various Angle of Attacks*. *Universiti Tun Hussein Onn Malaysia*.
- Panjaitan, Anang Saputra (2017) Studi Numerik Karakteristik Aliran Tiga Dimensi di Sekitar *Airfoil Eppler 562* dengan Penambahan *Forward Wingtip Fence Variasi Cant Angle 90°, 85°, 80°*.
- Politeknik Penerbangan Surabaya. (2018). Pedoman Tugas Akhir. Politeknik Penerbangan Surabaya. Surabaya, Indonesia.
- Juniarwanto, P.A. (2021). Studi Eksperimen Analisis Penggunaan *Forward Wingtip Fences Cant Angle 75°* dan *Rearward Wingtip Fences Cant Angle 75°* Pada *Wing Airfoil Eppler E562* (Pengaruh Desain *Wingtip Fences* Jenis *Rearward* dan *Forward Cant Angle 75°*). Politeknik Penerbangan Surabaya.
- Rachmadiyan, A. 2017. Studi Numerik Karakteristik Aliran Yang Melewati *Airfoil Eppler 562* Dengan Variasi *Whitcomb Winglet* (Sudut Serang 0°, 8°, 12°, dan 15°).
- Simon, G.M. 2014. *The Airbus A380 A History*. Barnsley: Pen & Sword Aviation.
- Snyder, T. 2014. *Far- Field Induced Drag Prediction Using Vorticity Confinement Technique*.

Suranto Putro, S., Sutardi, S., and Widodo, W. (2018). *Drag reduction analysis of wing airfoil E562 with forward wingtip fence at cant angle variations of 75° and 90°*. volume 2001, page 050003.

U.S. Department of Transportation. (2018). *Federal Aviation Administration, Airmen Testing Standards Branch*, AFS-630, P.O. Box 25082, Oklahoma City, OK 73125.

White, F. (1998). *Fluid Mechanics Fourth Edition*. United States: McGraw-Hill Series in Mechanical Engineering.

Yasin, A. A. A. A., & Elbashir, A. M. A. (2011). *Simulation around airfoil NACA 4412*. University of Khartoum Faculty of engineering Mechanical engineering department. Msc Renewable Energy Numerical Techniques.



LAMPIRAN

Alat dan Bahan



1. *Titanium Dioxida*



2. *Plain Airfoil*



3. *Korosene*



4. *Oleic Acid Oil*



5. Anemometer



6. Control Panel Wind Tunnel



7. Airfoil dengan Wingtip Fence 75°

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



GABRIELA RAHMA CHANIAGO, lahir di Tangerang pada tanggal 17 Januari 2003, anak kedua dari empat bersaudara pasangan Toni Tanjung dan Rahmawati. Bertempat tinggal di Desa Dramaga Kecamatan Dramaga Kabupaten Bogor. Memulai pendidikan di TK Nurul Falah pada tahun 2007. Melanjutkan pendidikan sekolah dasar SDN 49 Babussalam pada tahun 2008 dan lulus pada tahun 2014.

Setelah itu masuk SMPN 1 Dramaga pada tahun 2014 dan lulus pada tahun 2017. Selanjutnya masuk SMKS Penerbangan Angkasa Bogor pada tahun 2017 dan lulus pada tahun 2020.

Kemudian pada tahun 2021 diterima sebagai taruna di Politeknik Penerbang Surabaya pada Program Studi Diploma III Teknik Pesawat Udara Angkatan VII *Alpha* sampai dengan saat ini. Selama mengikuti pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya, telah mengikuti *On the Job Training* (OJT) pertama di PT. Jackron Cipta Sakina divisi *Base Maintenance* Surabaya pada bulan April hingga Juni 2024.

Setelah menyelesaikan pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya, penulis ingin bekerja di DKPPU dan menjadi seorang insan perhubungan yang bertanggung jawab, disiplin dan bisa berguna bagi Bangsa dan Negara. Kemudian tidak lupa penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT yang selalu memberi rahmat, taufik, dan hidayah-Nya serta tidak lupa kepada orang tua yang selalu mendukung disetiap kegiatan penulis mulai dari awal hingga sekarang.