

**STUDI EKSPERIMEN *OIL FLOW VISUALIZATION*
KARATERISTIK ALIRAN FLUIDA DI *AIRFOIL NACA 43018*
DENGAN PENAMBAHAN *TRIANGULAR VORTEX GENERATOR***

TUGAS AKHIR



Oleh :

IBNU HALIIM RAMADHANI
NIT.30418036

PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA

POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA

2021

**STUDI EKSPERIMEN *OIL FLOW VISUALIZATION*
KARATERISTIK ALIRAN FLUIDA DI *AIRFOIL NACA 43018*
DENGAN PENAMBAHAN *TRIANGULAR VORTEX GENERATOR***

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Ahli Madya
(A.Md.) pada Program Studi Diploma 3 Teknik Pesawat Udara



Oleh :

IBNU HALIIM RAMADHANI
NIT.30418036

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

2021

LEMBAR PERSETUJUAN

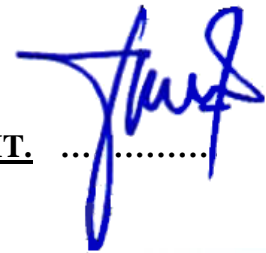
STUDI EKSPERIMEN *OIL FLOW VISUALIZATION*
KARATERISTIK ALIRAN FLUIDA DI *AIRFOIL NACA 43018*
DENGAN PENAMBAHAN *TRIANGULAR VORTEX GENERATOR*

Oleh :

IBNU HALIIM RAMADHANI
NIT. 30418036

Disetujui untuk diuji :
Surabaya, 16 Agustus 2021

Pembimbing I : **Dr.Ir.SETYO HARIYADI S.P,ST.,MT.**
NIP. 19790824 200912 1 001



Pembimbing II : **SUYATMO, S.T, S.Pd., M.T, M.Pd.**
NIP. 19630510 198902 1 001



LEMBAR PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMEN *OIL FLOW VISUALIZATION*
KARATERISTIK ALIRAN FLUIDA DI *AIRFOIL* NACA 43018
DENGAN PENAMBAHAN *TRIANGULAR VORTEX GENERATOR*

Oleh :

IBNU HALIIM RAMADHANI
NIT. 30418036


Telah dipertahankan dan dinyatakan lulus pada ujian tugas akhir
Program Pendidikan Diploma 3 Teknik Pesawat Udara
Politeknik Penerbangan Surabaya
Pada tanggal : 16,Agustus 2021

Panitia Penguji :

1. Ketua : **SUKAHIR, S.SiT.M.T.**
NIP. 19740714 199803 1 001
2. Sekretaris : **RIFDIAN I. S., S.T., M.M.M.T.**
NIP. 19810629 200912 1 002
3. Anggota : **Dr.Ir.SETYO HARIYADI, S.P,S.T.,M.T.**
NIP. 19790824 200912 1 001



Ketua Program Studi
TEKNIK PESAWAT UDARA



BAMBANG JUNIPITOYO, S.T., M.T
NIP. 19780626 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ibnu Haliim Ramadhani
NIT : 30418036
Program Studi : D3 Teknik Pesawat Udara
Judul Tugas Akhir : Studi Eksperimen *Oil Flow Visualization*
Karateristik Aliran Fluida di NACA 43018 dengan
Penambahan *Triangular Vortex Generator*.

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Tugas Akhir yang telah diselesaikan merupakan karya asli 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, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan 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 ketidakbenaran, 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, 16 September 2021
Yang membuat Pernyataan



KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, kami panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya, yang telah melimpahkan hidayah, rahmat dan inayah-nya, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan cukup baik yang berjudul ” *STUDI EKSPERIMEN OIL FLOW VISUALIZATION KARATERISTIK ALIRAN FLUIDA DI AIRFOIL NACA 43018 DENGAN PENAMBAHAN TRIANGULAR VORTEX GENERATOR*” dengan baik dan lancar sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan dan sebagai syarat untuk menyelesaikan program Diploma 3 Teknik Pesawat Udara Angkatan IV di Politeknik Penerbangan Surabaya.

Selama proses pembuatan tugas akhir penulis tentunya banyak menerima masukan, bantuan, pengarahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak M.Andra Adyatawarman, S.T.,M.T selaku Direktur Politeknik Penerbangan Surabaya.
2. Bapak Bambang Junipitoyo, S.T.,MT selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Penerbangan Surabaya.
3. Bapak Dr.Ir.Setyo Hariyadi S.P,S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Bapak Suyatmo,S.T,S.Pd.,M.T.,M.Pd. selaku Dosen Pembimbing Penulisan Tugas Akhir.
5. Seluruh dosen dan instruktur pengajar Politeknik Penerbangan Surabaya yang telah membimbing kami selama ini.
6. Kepada Ibu Yuliatiningsih dan Bapak Abdullah Sahabudin selaku orang tua saya yang telah memberikan doa serta bantuan secara materi,dukungan moral dan doa untuk kelancaran Tugas Akhir ini.
7. Seluruh rekan-rekan angkatan D III Teknik Pesawat Udara angkatan IV yang selalu memberikan dukungan dan motivasi selama menempuh pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya.

8. Seluruh sahabat, senior, junior, mentor, motivator, dan penyemangat dalam menempuh pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis tuliskan satu persatu yang telah membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini bahwa masih terdapat kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu dengan penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak dengan lapang dada agar dapat membantu untuk menjadikan penulisan Tugas Akhir selanjutnya dengan lebih baik.

Akhir kata semoga penelitian dan penulisan ini dapat bermanfaat untuk kedepannya dan dapat dikembangkan, berguna bagi semua pihak dan tidak lupa pula saya ucapkan syukur kepada Allah SWT dimana akhirnya penulis dapat menyelesaikan Program Diploma III Teknik Pesawat Udara.

Surabaya, 16 Agustus 2021



Penyusun

ABSTRAK

STUDI EKSPERIMEN *OIL FLOW VISUALIZATION* KARATERISTIK ALIRAN FLUIDA DI *AIRFOIL NACA 43018* DENGAN PENAMBAHAN *TRIANGULAR VORTEX GENERATOR*

Oleh :

IBNU HALIM RAMADHANI

NIT.30418036

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mempengaruhi semua sektor kehidupan, salah satunya kemajuan teknologi di dunia penerbangan. Berbagai macam perkembangan dan modifikasi diterapkan pada pesawat demi meningkatkan kualitas, keamanan, dan kenyamanan. Salah satunya sayap pesawat hingga kini masih terus berkembang dengan desain sedemikian rupa untuk mendapatkan performa yang baik. Peristiwa pemisahan aliran separasi pada bagian aliran yang menempel pada sayap (*Boundary Layer*) dapat menyebabkan terjadinya *stall*. Pemisahan aliran terjadi ketika sudut serang mulai bertambah. Separasi aliran dapat tertunda dengan adanya penggunaan vortex generator ini dan dapat juga meningkatkan performansi sayap.

Topik yang dikaji dalam penelitian ini adalah karakteristik aliran fluida yang melewati *vortex generator* tipe *triangular* dengan metode *oil flow visualization*. Penelitian bertujuan untuk mengamati secara visual karakteristik aliran fluida pada *upper surface* yang melintasi *airfoil* NACA 43018 dengan posisi *vortex generator* dan *angle of attack* (AoA) yang bervariasi. Profil *vortex generator* $x/c = 20\%$ dari *leading edge*. Variasi dalam penelitian ini adalah *reynolds number* (Re), sudut serang (α) dan peletakan *vortex generator* pada *airfoil*. Kecepatan *freestream* yang digunakan yaitu kecepatan 20 m/s atau $Re = 9,6 \times 10^5$, dan pada sudut serang (α) $0^\circ, 2^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ, 10^\circ, 12^\circ, 15^\circ, 16^\circ, 17^\circ$ dan 19° .

Dari penelitian menunjukkan bahwa penambahan *triangular vortex generator* terbukti meningkatkan performa aerodinamika dan kinerja *airfoil*. *Airfoil* yang ditambahkan *vortex generator* dibanding tanpa *vortex generator* dapat meningkatkan kecepatan transisi dari aliran laminar menjadi aliran turbulensi, berdasarkan eksperimen visual pada *airfoil* yang menggunakan *triangular vortex generator* yang menunjukkan bahwa adanya penundaan aliran separasi di *upper surface* NACA 43018 pada sudut serang 12° sampai 15° .

Kata kunci : *Airfoil* NACA 43018, *Angle of Attack* (AoA), *Vortex Generator*

ABSTRACT

EXPERIMENT STUDY OF OIL FLOW VISUALIZATION OF FLUID FLOW CHARACTERISTICS IN AIRFOIL NACA 43018 WITH ADDITIONAL TRIANGULAR VORTEX GENERATOR

By :

IBNU HALIIM RAMADHANI

NIT.30418036

The development of science and technology affects all sectors of life, one of which is technological advances in the world of aviation. Various developments and modifications were applied to the aircraft in order to improve quality, safety and comfort. One of them is the wing of the aircraft, which is still developing with a design in such a way as to get good performance. The flow separation event on the part of the flow attached to the wing (Boundary Layer) can cause a stall. Separation of flow occurs when the angle of attack begins to increase. Flow separation can be delayed by the use of this vortex generator and can also improve wing performance.

The topic studied in this research is the characteristics of fluid flow that pass through the triangular type vortex generator use methode oil flow visualization. This research aims at the characteristics of fluid flow on the upper surface that crosses the NACA 43018 airfoil with varying vortex generator positions and angle of attack (AoA). $x / c = 20\%$ and 70% of the leading edge. The variations in this study are the Reynolds number (Re), angle of attack (α) and the placement of the vortex generator on the airfoil. The freestream speed used is 20 m / s or $Re = 2.74 \times 10^5$ and $Re = 9.6 \times 10^5$, and at the angle of attack (α) 0° , 2° , 4° , 6° , 8° , 10° , 12° , 15° , 16° , 17° and 19° .

The research shows that the addition of a triangular vortex generator is proven to improve aerodynamic performance and airfoil performance. Airfoils with added vortex generator compared to no vortex generators can increase the speed of transition from laminar flow to turbulent flow, based on visual experiments on airfoils using triangular vortex generators which show that there is a delay in flow separation on the upper surface of NACA 43018 at angles of attack 12° to 15° .

Keywords. Airfoil NACA 43018, Angle of Attack (AoA), Vortex Generator

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA.....	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Dasar Aerodinamika.....	7
2.2 Teori <i>Airfoil</i>	8
2.3 Aliran Laminar, Transisi dan Turbolen.....	10
2.4 Sudut Serang (<i>Angle of Attack</i>).....	11
2.5 <i>Vortex Generator</i>	13
2.6 <i>Wake</i> pada <i>Airfoil</i>	14
2.7 <i>Airfoil NACA 43018</i>	15
2.8 Penelitian Terdahulu.....	16

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Desain Eksperimen	20
3.1.1	Benda Uji Penelitian.....	20
3.1.2	Parameter yang Diukur.....	21
3.1.3	Parameter <i>Vortex Generator</i>	21
3.1.4	Peralatan Penelitian	22
3.1.5	Langkah Kerja	24
3.1.5.1	Persiapan	25
3.1.5.2	<i>Installing Tested Model</i>	25
3.1.5.3	<i>Run Aerodynamic</i>	26
3.1.5.4	Pengambilan Data	26
3.2	Visualisasi <i>Shear Stress Lines</i> dengan Metode OFV.....	27
3.3	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	28
3.4	Metode Analisis Data	28
3.5	Rancangan Penelitian	30

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Penelitian.....	31
4.1.1	Analisa Karakteristik Aliran Fluida.....	31
4.2	Hasil Oil Flow Visualization	35
4.2.1	Karakteristik Plain Airfoil dan Triangular VG pada Airfoil	35

BAB V PENUTUPAN

5.1	Kesimpulan.....	56
5.2	Saran	57

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1.1	Pesawat Glider wright bersaudara	1
Gambar 1.2	Hubungan CL dengan AOA	3
Gambar 2.1	Gaya-gaya pada pesawat terbang	7
Gambar 2.2	Terminologi <i>Airfoil</i>	8
Gambar 2.3	Eksperimen ilustrasi aliran	10
Gambar 2.4	<i>Boundary layer laminar</i> dan <i>turbulen</i>	11
Gambar 2.5	Distribusi Tekanan di <i>Airfoil</i> dengan Variasi (AoA)	12
Gambar 2.6	Variasi CL dengan <i>Angle Of Attack</i> pada <i>Airfoil</i>	12
Gambar 2.7	Geometri dari <i>Vortex Generator</i>	13
Gambar 2.8	Definisi <i>vane-type passive VG devices</i>	14
Gambar 2.9	Kecepatan pada <i>Airfoil</i>	14
Gambar 2.10	Profil <i>airfoil</i> NACA 43018.....	15
Gambar 3.1	<i>Airfoil</i> NACA 43018	20
Gambar 3.2	Posisi peletakan VG $x/c=20\%$ dengan sudut 10^0 pada penelitian eksperimen	22
Gambar 3.3	<i>Triangular vortex generator</i>	22
Gambar 3.4	Terowongan Angin (<i>Wind Tunnel</i>).....	23
Gambar 3.5	<i>Operation WT-60 Subsonic Wind Tunnel</i>	24
Gambar 3.6	Bagian untuk menguji <i>airfoil</i>	25
Gambar 3.7	Macam-macam data penelitian.....	28
Gambar 3.8	Rancangan Penelitian	30
Gambar 4.1	Perbandingan <i>separation point, transition point, reattachment point</i> pada NACA 43018 dengan <i>triangular VG</i> dan tanpa VG.....	34
Gambar 4.2	Karakteristik fluida dengan <i>oil flow visualization</i>	36
Gambar 4.3	Visualisasi fluida di <i>upper surface</i> sudut serang 0^0	38
Gambar 4.4	Visualisasi fluida di <i>upper surface</i> sudut serang 2^0	39
Gambar 4.5	Visualisasi fluida di <i>upper surface</i> sudut serang 4^0	41

Gambar 4.6	Visualisasi fluida di <i>upper surface</i> sudut serang 6°	43
Gambar 4.7	Visualisasi fluida di <i>upper surface</i> sudut serang 8°	44
Gambar 4.8	Visualisasi fluida di <i>upper surface</i> sudut serang 10°	46
Gambar 4.9	Visualisasi fluida di <i>upper surface</i> sudut serang 12°	48
Gambar 4.10	Visualisasi fluida di <i>upper surface</i> sudut serang 15°	49
Gambar 4.11	Visualisasi fluida di <i>upper surface</i> sudut serang 16°	51
Gambar 4.12	Visualisasi fluida di <i>upper surface</i> sudut serang 17°	53
Gambar 4.13	Visualisasi fluida di <i>upper surface</i> sudut serang 19°	54

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	17
Tabel 3.1 Parameter <i>vortex generator</i>	21
Tabel 4.1 Hasil Penelitian pada <i>plain airfoil</i>	32
Tabel 4.2 Hasil Penelitian pada Airfoil dengan <i>vortex generator</i>	33

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Dokumentasi Hasil Eksperiment	
A1. <i>Plain airfoil</i> pada $\alpha = 0^0$	A-1
A2. <i>Plain airfoil</i> pada $\alpha = 2^0$	A-1
A3. <i>Plain airfoil</i> pada $\alpha = 4^0$	A-2
A4. <i>Plain airfoil</i> pada $\alpha = 6^0$	A-2
A5. <i>Plain airfoil</i> pada $\alpha = 8^0$	A-3
A6. <i>Plain airfoil</i> pada $\alpha = 10^0$	A-3
A7. <i>Plain airfoil</i> pada $\alpha = 12^0$	A-4
A8. <i>Plain airfoil</i> pada $\alpha = 15^0$	A-4
A9. <i>Plain airfoil</i> pada $\alpha = 16^0$	A-5
A10. <i>Plain airfoil</i> pada $\alpha = 17^0$	A-5
A11. <i>Plain airfoil</i> pada $\alpha = 19^0$	A-6
A12. <i>Airfoil VG</i> $\alpha = 0^0$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$	A-6
A13. <i>Airfoil VG</i> $\alpha = 2^0$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$	A-7
A14. <i>Airfoil VG</i> $\alpha = 4^0$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$	A-7
A15. <i>Airfoil VG</i> $\alpha = 6^0$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$	A-8
A16. <i>Airfoil VG</i> $\alpha = 8^0$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$	A-8
A17. <i>Airfoil VG</i> $\alpha = 10^0$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$	A-9
A18. <i>Airfoil VG</i> $\alpha = 12^0$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$	A-9
A19. <i>Airfoil VG</i> $\alpha = 15^0$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$	A-10
A20. <i>Airfoil VG</i> $\alpha = 16^0$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$	A-10
A21. <i>Airfoil VG</i> $\alpha = 17^0$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$	A-11
A22. <i>Airfoil VG</i> $\alpha = 19^0$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$	A-11

LAMPIRAN B Alat dan Bahan	Halaman
B1.Pengatur Kecepatan <i>Relative Wind Tunnel</i>	B-1
B2.Triangular <i>Vortex Generator</i>	B-1
B3.Pusat Kontrol <i>Wind Tunnel</i>	B-2
B4.Posisi <i>Vortex Generator</i> terhadap x/c NACA 43018.....	B-2
B5. <i>Oleic Acid Oil</i>	B-3

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

<u>Singkatan</u>	<u>Nama</u>	<u>Pemakaian Pertama Kali pada Halaman</u>
NACA	<i>National Advisory Committee for Aeronautic</i>	i
VG	<i>Vortex Generator</i>	i
AoA	<i>Angle of Attack</i>	vi
RE	<i>Reynolds Number</i>	vi
LAMBANG		
α	<i>Angle of Attack</i> ⁰	i
C_L	<i>Lift coefficient</i>	3
C_p	<i>Pressure Coefisien</i>	13
c	<i>Chord length, mm</i>	20
S	<i>Airfoil span, mm</i>	20
U_∞	<i>Kecepatan Fluida, m/s</i>	20
ρ	<i>Massa jenis fluida, kg/m³</i>	21
δ	<i>Ketebalan boundary layer, m</i>	21
x	<i>Airfoil thickness, m</i>	21
G	<i>Jarak antara dinding plat dengan Airfoil, m</i>	21
h	<i>Tinggi VG, m</i>	21
l	<i>Panjang VG, m</i>	21
t	<i>Jarak antara leading edge dan VG, m</i>	21

DAFTAR PUSTAKA

- Herdiana,D & Hartono,F.(2020). *Analisa Pemilihan Bentuk Vortex Generator untuk sayap Pesawat LSU-05 menggunakan Metode Numerik*. Institut Teknologi Bandung,Bandung,Indonesia.
- Hariyadi,S.(2016). *Dasar-dasar aerodinamika*. Akademi Teknik dan Keselamatan Penerbangan Surabaya.Surabaya,Indonesia.
- Klistafani,Yiyin.(2018). *Karakteristik Aliran Fluida di Dalam Asymmetric dengan Penambahan Vortex Generator*.Politeknik Negeri Ujung Pandang,Makasar , Indonesia.
- Aris W,W dan Hariyadi, S. (2018). *Efek Penggunaan Vortex Generator Terhadap Karakteristik Aliran pada Airfoil NACA 43018* . Surabaya, Indonesia : Politeknik Penerbangan Surabaya
- Hariyadi,S.dkk. (2018). *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan:Studi Numerik dan eksperimental Perbandingan Bentuk Vortex Generator dengan Posisi Straight pada Wing Airfoil NACA 43018: Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP) 2017, 20 September 2018*. Surabaya, Indonesia : Politeknik Penerbangan Surabaya.
- Kumara D,Diana.(2016).*Studi Eksperimen dan Numerik Optimasi Posisi Vortex Generator untuk Mereduksi Aliran Sekunder Dekat Endwall pada Airfoil NACA 0015*.Institut Teknologi Sepuluh November , Surabaya , Indonesia.
- NACA 43018*. (n.d.). Diambil tanggal 08 Desember 2020, dari <http://airfoiltools.com/airfoil/naca5digit>.
- Anderson Jr., Jhon D., (2007). *Fundamental of Aerodinamic (Fourth Edition)*, McGraw -Hill,New York.
- Suseno,M.(2011). *Airfoil*.Diambil dari <http://michael.suseno.blogspot.com/2011/09/airfoil.html>
- Permata, Tandyta.(2018). *Studi Eksperimen Visualisasi Aliran Pada Airfoil NACA 0012 Dengan Vortex Generator*. Politeknik Penerbangan. Surabaya

- Johnson-Laird, iP. iN. i(2005). *iFlying bicycles: How the Wright brothers invented the airplane*. *Mind & Society*, 4(1), 27–48. doi:10.1007/s11299-005-0005-8
- Stall Fluid*.(n.d.). Diambil 05 Februari 2021, dari [https://en.wikipedia.org/wiki/Stall_\(fluid_dynamics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Stall_(fluid_dynamics))
- Wright Flyer*.(n.d.).Diambil 05 Februari 2021,dari https://en.wikipedia.org/wiki/Wright_Flyer
- Mulyadi,Muhamad.(2010). *Analisis Aerodinamika pada Sayap Pesawat Terbang dengan menggunakan Software Berbasis Computational Fluids Dynamics (CFD)*.Gunadarma
- Wicaksono,Willem. (2009). *Karakteristik aliran air pada saluran minichannel*. UI Jakarta
- Shim, Hojoon, (2017). *Wake Characteristics of Vane-Type Vortex Generator*. *Hanwha Corporation Defense R & D Center*. Korea.
- Raharjo, panggih.(2010).”*terminolog airfoil*”.<http://panggih15.wordpress.com/2010/01/28/terminologi-airfoil/>.Yogyakarta
- S. Sudhakar, N. Karthikeyan,dan P. Suriyanarayanan.(2019).Experimental Studies on the Effect of Leading Edga Turbecles on Laminar Separation Bubble : CSIR National Aerospace Laboratories ,Bangalore 560 037.Karnataka,India.
- Natayuda.(2017). *Analisa Koefisien Lift dan Koefisien Drag Terhadap Variasi Jumlah dan Ketebalan Sudu Airfoil NACA*.Surabaya : Indonesia.

LAMPIRAN

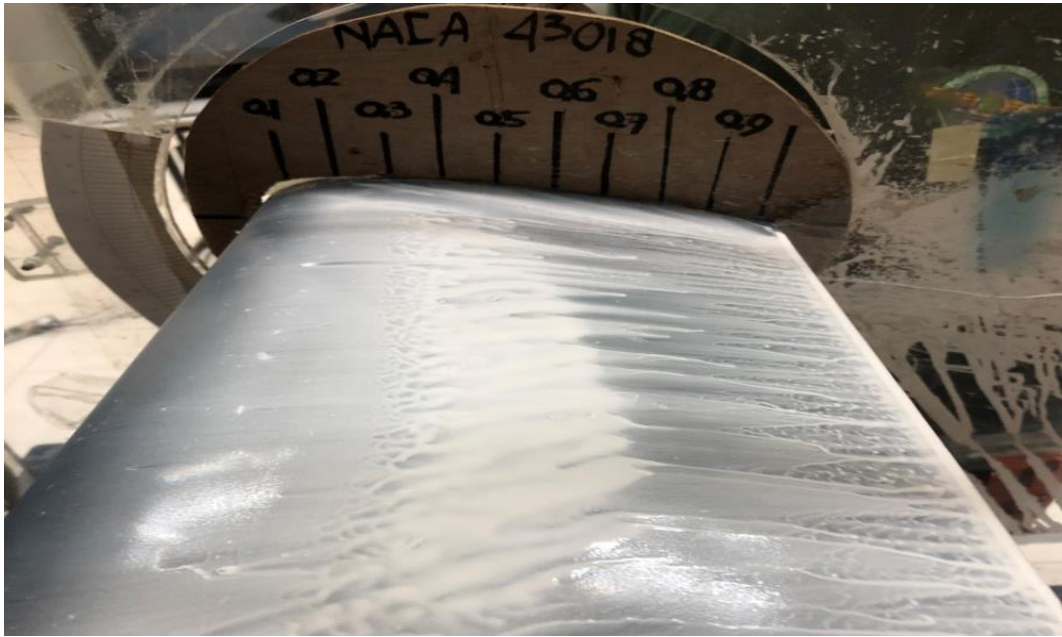
LAMPIRAN A Dokumentasi Hasil Pengujian



A1. Plain Airfoil pada $\alpha = 0^\circ$



A2. Plain Airfoil pada $\alpha = 2^\circ$



A3. Plain Airfoil pada $\alpha = 4^{\circ}$



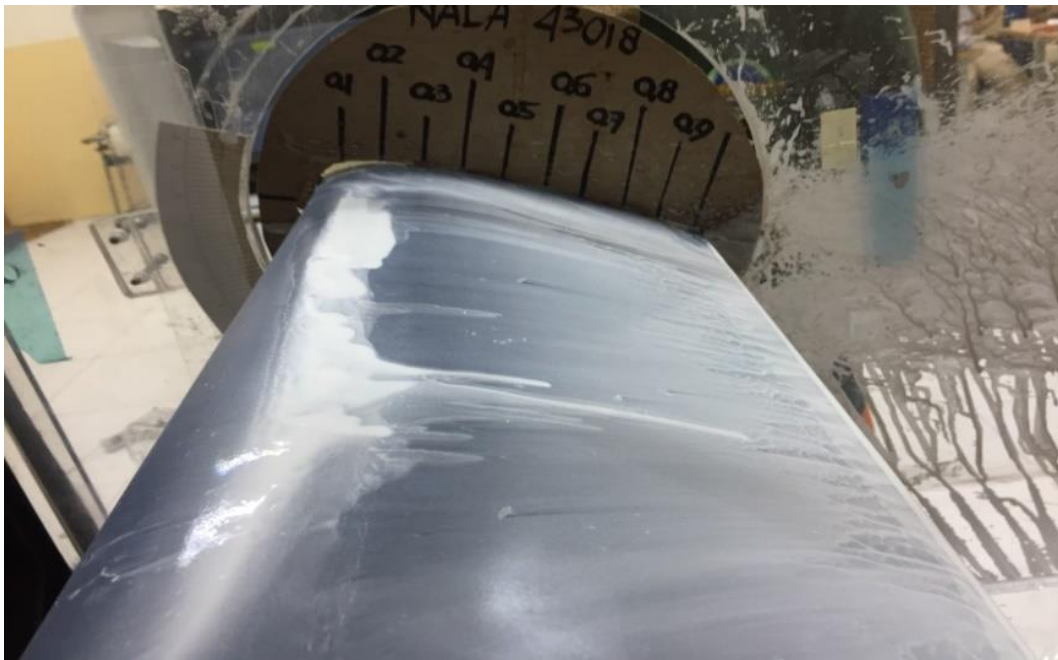
A4. Plain Airfoil pada $\alpha = 6^{\circ}$



A5. Plain Airfoil pada $\alpha = 8^{\circ}$



A6. Plain Airfoil pada $\alpha = 10^{\circ}$



A7. Plain Airfoil pada $\alpha = 12^\circ$



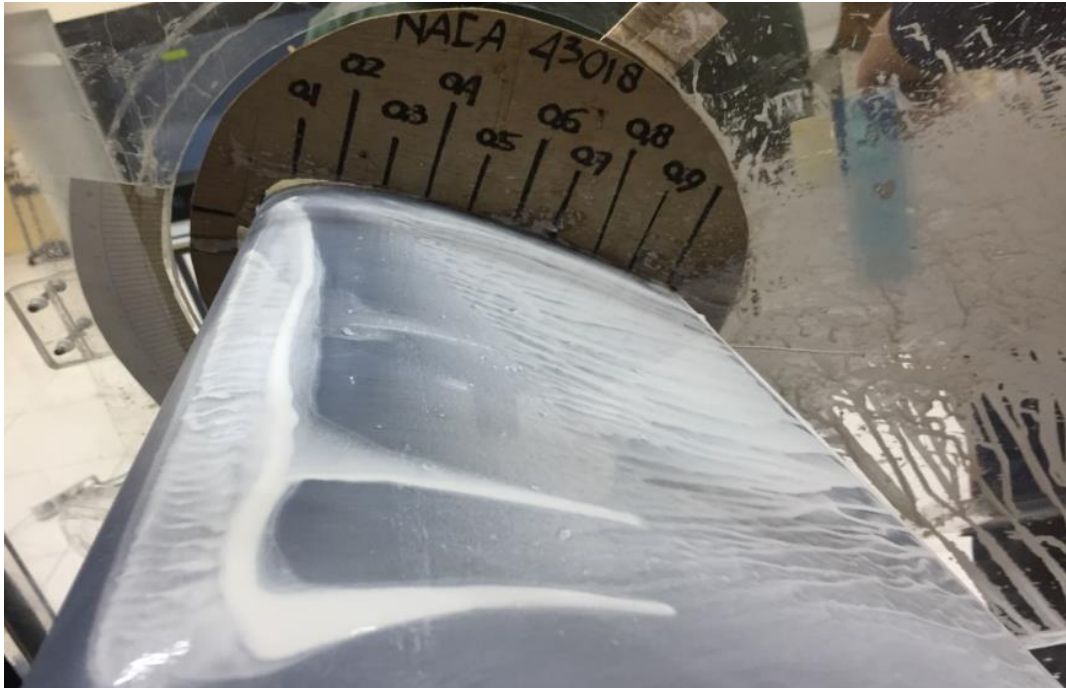
A8. Plain Airfoil pada $\alpha = 15^\circ$



A9. Plain Airfoil pada $\alpha = 16^{\circ}$



A10. Plain Airfoil pada $\alpha = 17^{\circ}$



A11. Plain Airfoil pada $\alpha = 19^\circ$



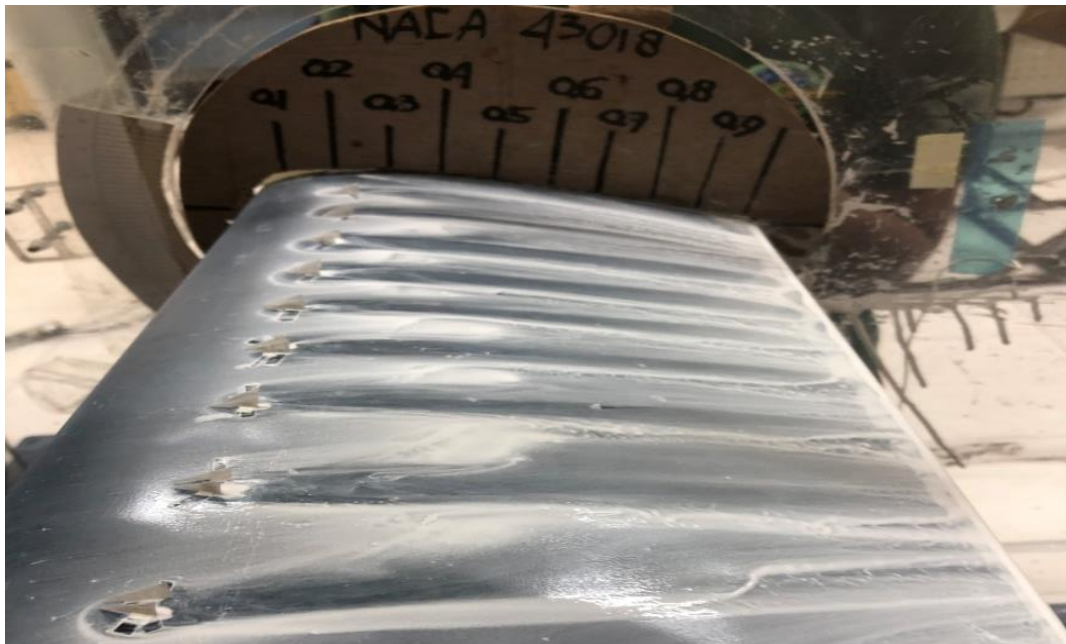
A12. Airfoil VG $\alpha = 0^\circ$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$



A13. Airfoil VG $\alpha = 2^\circ$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$



A14. Airfoil VG $\alpha = 4^\circ$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$



A15. Airfoil VG $\alpha = 6^\circ$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$



A16. Airfoil VG $\alpha = 8^\circ$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$



A17. Airfoil VG $\alpha = 10^\circ$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$



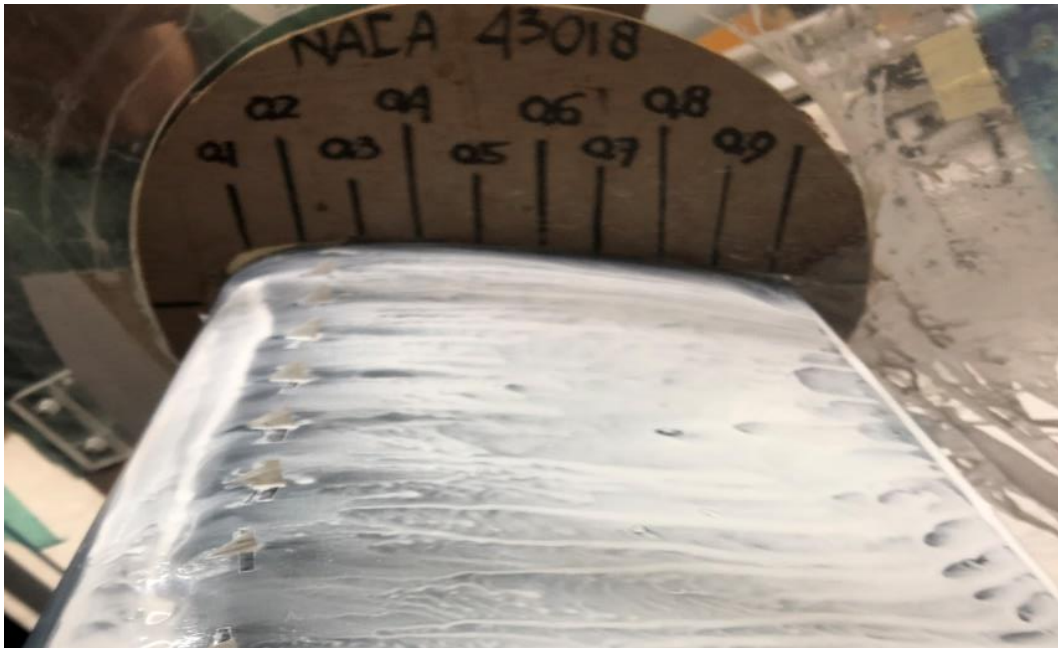
A18. Airfoil VG $\alpha = 12^\circ$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$



A19. Airfoil VG $\alpha = 15^\circ$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$



A20. Airfoil VG $\alpha = 16^\circ$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$

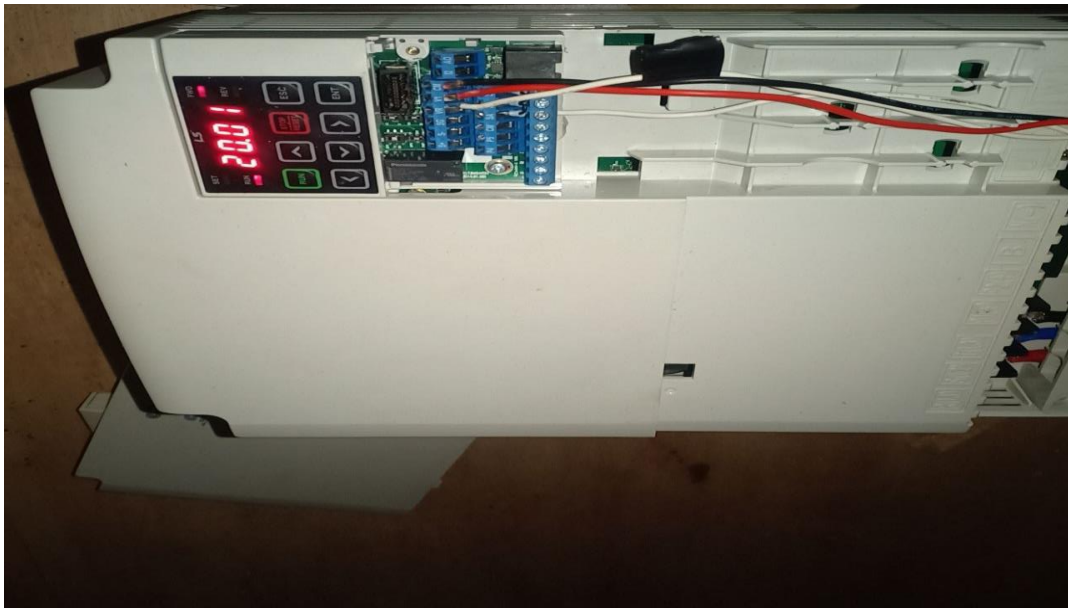


A21.Airfoil VG $\alpha = 17^{\circ}$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$

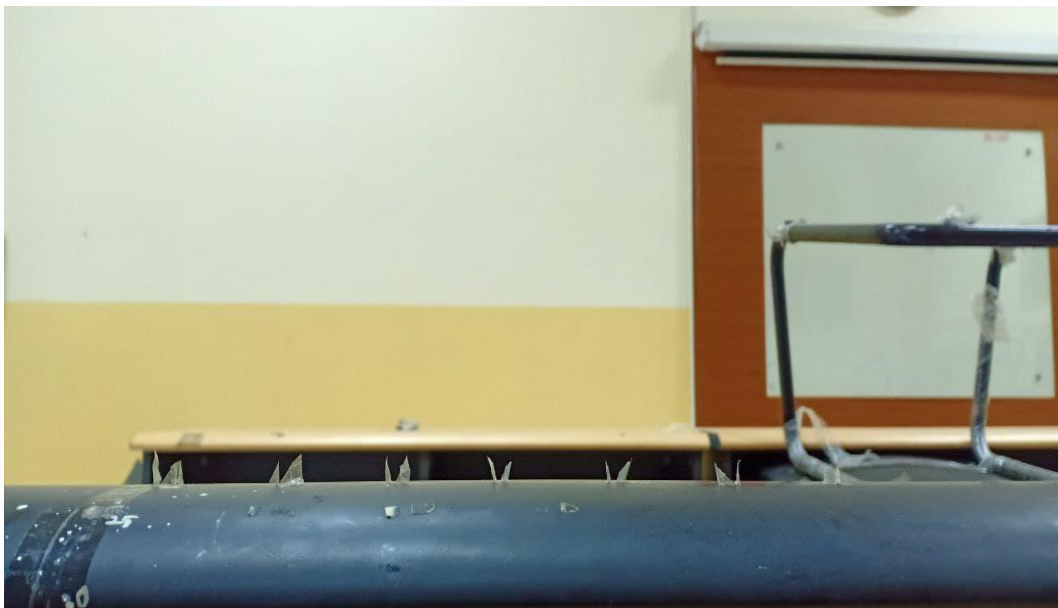


A21.Airfoil VG $\alpha = 19^{\circ}$, $x/c=20\%$ & $RE = 9.6 \times 10^5$

Lampiran B Alat dan Bahan



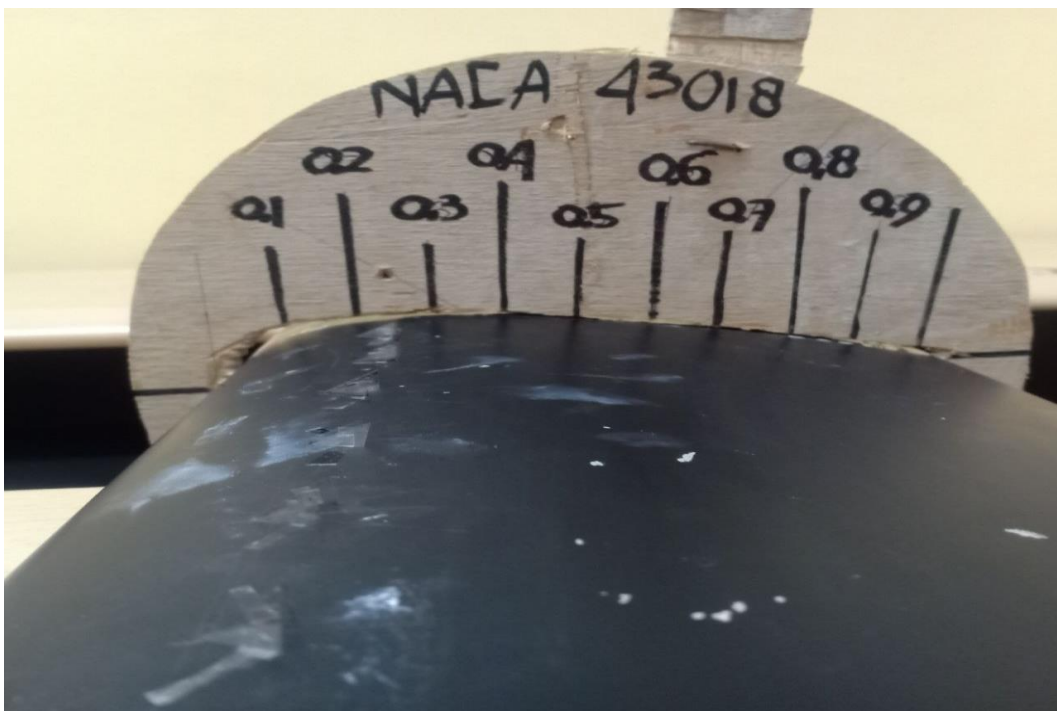
B1. Pengatur kecepatan *relative wind*



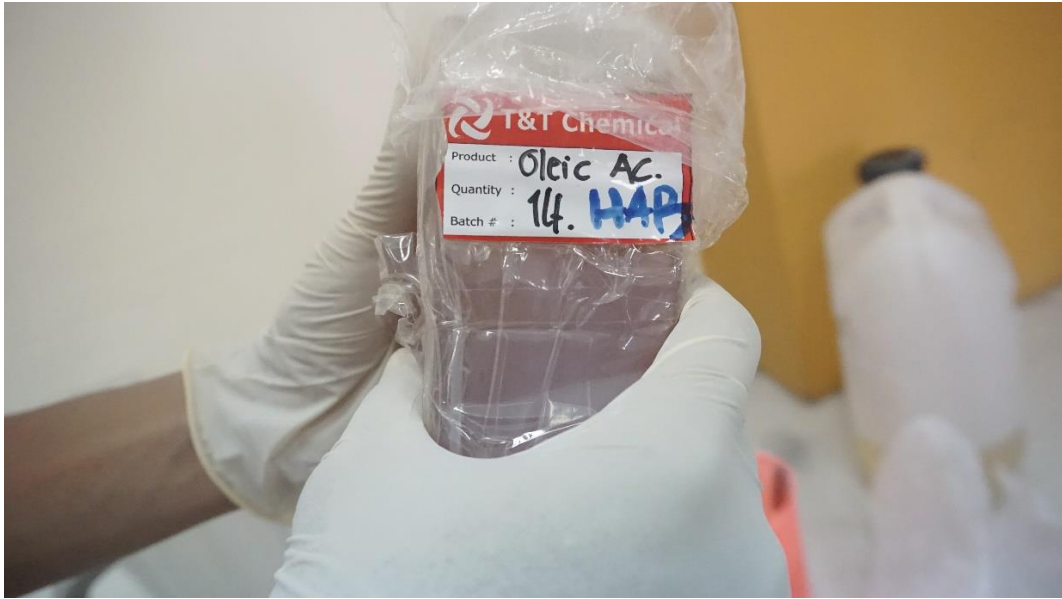
B2. *Triangular Vortex Generator*



B3. Pusat Kontrol *Wind Tunnel*



B4. Posisi *Vortex Generator* terhadap x/c NACA 43018



B.6 Oleic Acid Oil

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



IBNU HALIIM RAMADHANI, Dilahir di Kab. Lumajang pada tanggal 09, Januari 1999. Merupakan anak ketiga dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Abdullah Sahabudin (62) dan Ibu Yuliatiningsih (48). Bertempat tinggal di Dusun Kepuharjo, Kec. Lumajang

Memulai pendidikan dari Taman Kanak- Kanak di TK Pembina tahun 2005 dan lulus pada tahun 2007. Melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri Kepuharjo 02 tahun 2007 dan lulus pada tahun 2012. Kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 01 Sukodono pada tahun 2012 sampai dengan 2015. Kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Lumajang pada tahun 2015 dan lulus pada tahun 2018. Selanjutnya pada tahun 2018 mendaftar di Politeknik Penerbangan Surabaya dengan mengambil jurusan Diploma III Teknik Pesawat Udara angkatan ke-4. Diterima sebagai Taruna Politeknik Penerbangan Surabaya dengan jalur pola pembibitan pusat (POLBIT) pada bulan September tahun 2018 hingga lulus pada bulan September tahun 2021.

Telah mengikuti program Jungle Sea and Survival pada bulan November 2019 dan Pelatihan *On The Job Training* pada bulan April s/d bulan Juni tahun 2021 di Akademi Penerbang Indonesia Banyuwangi.