

**ANALISIS VISUALISASI ALIRAN FLUIDA DENGAN
PENAMBAHAN *GOthic VORTEX GENERATOR* PADA
*AIRFOIL NACA 4412***

TUGAS AKHIR



Oleh:
KRESNO BAYU

NIT: 30421038

**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA
2024**

**ANALISIS VISUALISASI ALIRAN FLUIDA DENGAN
PENAMBAHAN *GOthic VORTEK GENERATOR* PADA
*AIRFOIL NACA 4412***

TUGAS AKHIR

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



**PROGRAM STUDI DIPLOMA 3 TEKNIK PESAWAT UDARA
POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA
2024**

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISIS VISUALISASI ALIRAN FLUIDA DENGAN PENAMBAHAN *GOTHIC* VORTEK GENERATOR PADA AIRFOIL NACA 4412

Oleh :
KRESNO BAYU
NIT. 30421038

Disetujui untuk diajukan pada :
Surabaya, 30 Juli 2024

Pembimbing I : Dr. WILLY ARTHA WIRAWAN, ST,MT
NIP. 19930718 202321 1 02

Pembimbing II : LINDA WINIASRI, S.Psi, M.Sc
NIP. 19781028 200502 2 001



A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Willy', with a dotted line underneath.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Linda', with a dotted line underneath.

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS VISUALISASI ALIRAN FLUIDA DENGAN PENAMBAHAN GHOTIC VORTEK GENERATOR PADA AIRFOIL NACA 4412

Oleh :
KRESNO BAYU
NIT 30421038

Telah dipertahankan dan dinyatakan lulus pada Ujian Proyek Tugas Akhir
Program Pendidikan Diploma III Teknik Pesawat Udara
Politeknik Penerbangan Surabaya
Pada tanggal : 5 AGUSTUS 2024

Panitia Penguji :

1. Ketua : Bambang Bagus H, S.SiT., MM., MT
NIP. 19810915 200502 1 001

2. Sekretaris : Ajeng Wulansari, ST , MT
NIP. 19890606 200912 2 001

3. Anggota : Dr. Willy Artha Wirawan, ST , MT
NIP. 19930718 202321 1 02

Ketua Program Studi
Teknik Pesawat Udara

NYARIS PAMBUDIYATNO, S.SiT, M.MTr
NIP. 19820525 200502 1 001

ABSTRAK
ANALISIS VISUALISASI ALIRAN FLUIDA DENGAN PENAMBAHAN
GOthic VORTEK GENERATOR PADA AIRFOIL NACA 4412

Oleh :
KRESNO BAYU
NIT. 30421038

Seiring terus berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, sektor penerbangan mengalami masalah khususnya pada bagian sayap pesawat yang mengalami *Vortex* saat pesawat melakukan penerbangan. Salah satu inovasi terkini adalah penggunaan *Vortex generator* jenis *Gothic* untuk mengurangi efek dari *turbulen* sehingga dapat mengurangi gaya *drag* pada pesawat. Penelitian bertujuan pada investigasi karakteristik aliran fluida melalui *Vortex generator* jenis *Gothic* pada permukaan atas *airfoil NACA 4412* dengan variasi sudut serang. Metode yang digunakan yaitu *Oil Flow Visualization* dan *Tuft Visualization* digunakan untuk memvisualisasikan interaksi aliran fluida dengan permukaan sayap pesawat secara detail.

Variasi yang diteliti meliputi bilangan *Reynolds (Re)*, sudut serang (α), dan posisi generator pusingan pada sayap. Kecepatan aliran bebas diatur pada 15 m/s, sementara sudut serang divariasikan antara 0°, 2°, 4°, 8°, 10°, 16° dan 17°. Penelitian ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang hasil positif penggunaan *Vortex generator* jenis *Gothic* memengaruhi aliran fluida di sekitar *airfoil* sehingga mampu mengurangi *turbulen*, dengan harapan hasilnya dapat diterapkan dalam perancangan pesawat.

Penelitian ini menunjukkan bahwa *Vortex Generator* jenis *Gothic* meningkatkan performa aerodinamis. Tanpa *Vortex Generator*, koefisien lift (*Cl*) menurun dari 0,4 pada 0° ke 0,35 pada 8°, dan menjadi 0 pada 16°. Dengan *Vortex Generator*, *Cl* meningkat dari 0,35 pada 0° ke 0,39 pada 2°, lalu menurun lebih lambat, mempertahankan 0,3 pada 10° sebelum turun tajam. Koefisien drag (*Cd*) tanpa *Vortex Generator* menurun dari 0,26 pada 0° ke 0,22 pada 8°, lalu naik menjadi 0,2 pada 10°. Dengan *Vortex Generator*, *Cd* stabil antara 0,27-0,25 hingga 8°, sebelum turun cepat setelah 10°. Pada 10°, tanpa *Vortex Generator* *Cl* turun ke 0,22 dan *Cd* naik ke 0,2, sedangkan dengan *Vortex Generator*, *Cl* tetap 0,3 dan *Cd* 0,21. Ini menunjukkan *Vortex Generator* efektif mempertahankan gaya angkat lebih tinggi dan hambatan lebih rendah, terutama pada sudut tinggi.

Kata kunci : *airfoil*, NACA 4412, *gothic vortex generator*

ABSTRACT
VISUALIZATION EXPERIMENT OF FLUID FLOW WITH THE
ADDITION OF GOTHIC VORTEX GENERATOR IN STRAIGHT
CONFIGURATION ON NACA 4412 AIRFOIL

By :
KRESNO BAYU
NIT. 30421038

As science and technology continue to evolve, the aviation sector remains active in its pursuit of innovation. One of the latest advancements is the use of Gothic Vortex generators to enhance aircraft performance. The research is focused on studying the characteristics of fluid flow through Gothic Vortex generators on the upper surface of the NACA 4412 airfoil with variations in angle of attack. Methods such as Oil Flow Visualization and Tuft Visualization are employed to visualize the interaction of fluid flow with the aircraft surface in detail.

The variations under investigation include Reynolds number (Re), angle of attack (α), and the position of the vortex generator on the wing. The free stream velocity is set at 15 m/s, while the angle of attack varies between 0° , 2° , 4° , 8° , 10° , 16° , and 17° . The primary objective of this research is to gain a deeper understanding of how Gothic Vortex generators influence fluid flow around the airfoil, with the hope that the findings can be applied in aircraft design.

This study shows that the Gothic type vortex generator improves aerodynamic performance. Without the vortex generator, the lift coefficient (C_l) decreases from 0.4 at 0° to 0.35 at 8° , and to 0 at 16° . With the Vortex Generator, C_l increased from 0.35 at 0° to 0.39 at 2° , and then decreased more slowly, maintaining 0.3 at 10° before dropping sharply. The coefficient of drag (C_d) without the Vortex Generator decreases from 0.26 at 0° to 0.22 at 8° , then rises to 0.2 at 10° . With the vortex generator, C_d stabilizes between 0.27-0.25 up to 8° , before dropping rapidly after 10° . At 10° , without the Vortex Generator C_l drops to 0.22 and C_d rises to 0.2, while with the Vortex Generator, C_l remains 0.3 and C_d 0.21. This shows the Vortex Generator is effective at maintaining higher lift and lower drag, especially at high angles.

Keyword : airfoil, NACA 4412, gothic vortex generator

PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : KRESNO BAYU
NIT : 30421038
Program Studi : D3 Teknik Pesawat Udara
Judul Tugas Akhir : ANALISIS VISUALISASI ALIRAN
FLUIDA DENGAN PENAMBAHAN *GHOTIC VORTEK GENERATOR* PADA
AIRFOIL NACA 4412
dengan ini menyatakan bahwa :

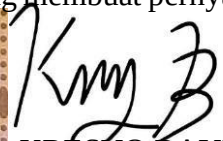
1. Tugas akhir ini adalah karya orisinal yang belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik, baik di Politeknik Penerbangan Surabaya maupun di perguruan tinggi lainnya, dan belum pernah dipublikasikan kecuali bila secara eksplisit disebutkan sebagai referensi dalam naskah ini dengan menyebutkan nama penulis dan tercantum dalam daftar pustaka.
2. Sebagai kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan, saya setuju untuk memberikan Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*) kepada Politeknik Penerbangan Surabaya bersama dengan perangkat yang relevan (jika diperlukan). Dengan hak ini, Politeknik Penerbangan Surabaya berhak untuk menyimpan, mengubah format, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta serta sebagai pemilik Hak Cipta.

Dengan ini, saya menyatakan kebenaran pernyataan ini. Apabila dikemudian hariterjadi penyimpangan atau ketidakbenaran, saya siap menerima konsekuensi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diberikan dan sanksi lain sesuai dengan norma yang berlaku di Politeknik Penerbangan Surabaya.

Surabaya, 5 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan




KRESNO BAYU
NIT. 30421038

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penayang, kami panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya, sehinggadapat memberikan rahmat, hidayah, serta inayah-Nya kepada penulis, sehinggapenulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan cukup baik yang berjudul “ANALISIS VISUALISASI ALIRAN FLUIDA PADA PENAMBAHAN *GHOTIC VORTEK GENERATOR AIRFOIL NACA 4412*” dengan baik dan lancar sesuai dengan waktu yang di tetapkan. Dan sebagai syarat untuk menyelesaikan program Diploma 3 Teknik Pesawat Udara Angkatan VII di Politeknik Penerbangan Surabaya. Selama proses penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan semua pihak yang memberikan arahan dan bimbingannya, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ahmad Bahrawi, S.E, M.T. selaku Direktur Politeknik Penerbangan Surabaya.
2. Bapak Nyaris Pambudiyatno, S.SiT, M.MTr selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Pesawat Udara Politeknik Penerbangan Surabaya.
3. Bapak Dr.Willy Artha Wirawan ST, MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Ibu Linda Winiasri, S.Psi, M,Sc selaku Dosen Pembimbing Penulisan Tugas Akhir.
5. Seluruh dosen dan instruktur pengajar Politeknik Penerbangan Surabaya yang telah membimbing saya selama ini.
6. Kepada orang tua saya yang telah memberikan doa serta bantuan secara materi,dukungan moral dan doa untuk kelancaran Tugas Akhir ini.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis tuliskan satu persatu yang telah membantu saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga penulisan ini dapat bermanfaat dan dapat dikembangkan, berguna bagi semua pihak dan tidak lupa pula saya ucapkan syukur kepada Allah SWT berkat karunia Nya penulis dapat menyelesaikan Program Diploma 3 Teknik Pesawat Udara.

5, AGUSTUS 2024


KRESNO BAYU

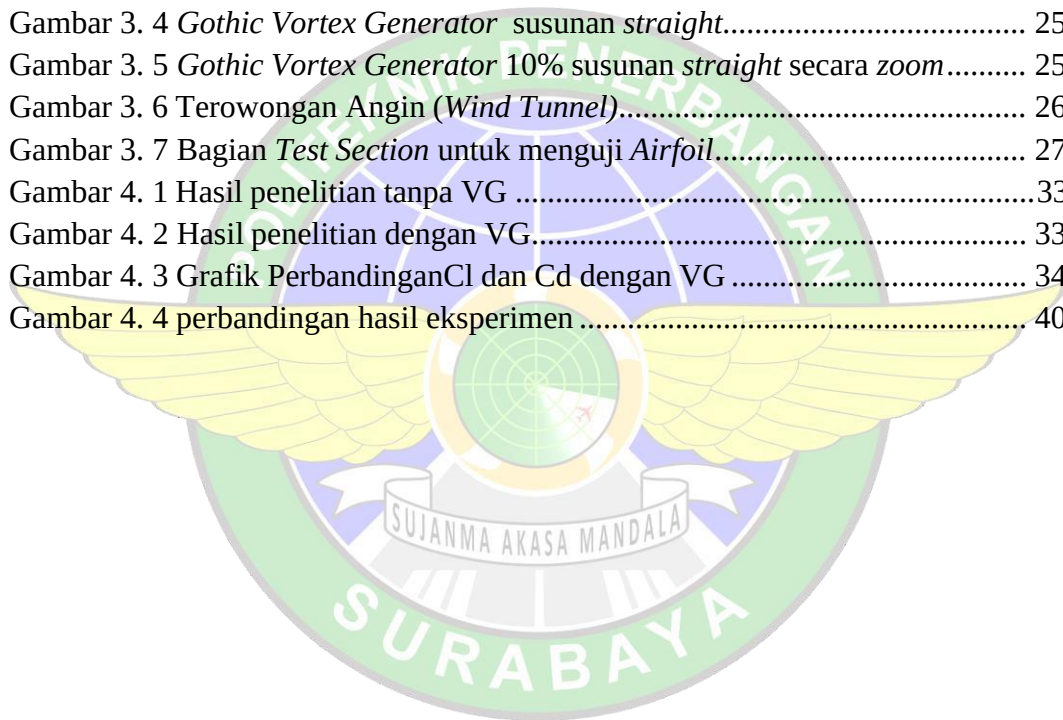
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN SAMPUL	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penelitian.....	4
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Dasar Aerodinamika	5
2.2 Terminologi dan Teori <i>Airfoil</i>	6
2.3 <i>Airfoil NACA 4412</i>	7
2.4 <i>Vortex Generator</i>	9
2.5 <i>Gothic Vortex Generator</i>	10
2.6 Teori <i>Boundary Layer</i>	11
2.7 <i>Wake</i> pada <i>Airfoil</i>	12
2.8 Sudut Serang (<i>Angle Of Attack-AOA</i>).....	13
2.9 Teori <i>Oil Flow Visualization</i>	14
2.10 Teori <i>Tuft Visualization</i>	16
2.11 Penelitian Terdahulu	17

BAB 3 METODE PENELITIAN	20
3.1 Rancangan Penelitian.....	20
3.2 Desain Eksperimen	21
3.3 Benda Uji Penelitian	21
3.4 Parameter Penelitian	24
3.5 Bentuk Dan Letak <i>Ghotic Vortex Generator</i>	25
3.6 Peralatan Penelitian.....	26
3.7 Langkah Kerja.....	27
3.7.1. <i>Persiapan</i>	27
3.7.2. <i>Installing Tested Model</i>	27
3.7.3. <i>Run Aerodynamic pada WT-60</i>	28
3.8 Analisa Profil <i>Upper Surface Airfoil</i>	28
3.9 Perhitungan Koefisien Lift dan Koefisien Drag	28
3.10 Visualisasi Metode Oil Flow Visualization	29
3.11 Visualisasi Metode <i>Tuft Visualization</i>	30
3.12 Lokasi dan Waktu Penelitian Visualisasi	30
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1. Karakteristik Aliran Fluida	32
4.2. Gaya Drag dan Lift	33
4.3. Visualisasi Aliran dengan Tuft	37
4.4. Perbandingan Hasil Eksperimen.....	40
BAB 5 PENUTUP	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN.....	49
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	52

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Gaya-gaya pada pesawat terbang	5
Gambar 2. 2 Terminologi <i>Airfoil</i>	6
Gambar 2. 3 Profil <i>airfoil NACA 4412</i>	7
Gambar 2. 4 <i>Vortex Generator</i>	9
Gambar 2. 5 <i>Distribusi eddy viscosity di upper surface dengan vortex generator</i> 10	10
Gambar 2. 6 Bentuk-bentuk dari <i>vortex generator</i>	10
Gambar 2. 7 <i>Laminar flow dan Turbulence flow</i>	12
Gambar 3. 1 Profil <i>airfoil NACA 4412</i>	21
Gambar 3. 2 Models of airfoil.....	23
Gambar 3. 3 Posisi peletakkan VG pada penelitian eksperimen	24
Gambar 3. 4 <i>Gothic Vortex Generator susunan straight</i>	25
Gambar 3. 5 <i>Gothic Vortex Generator 10% susunan straight secara zoom</i>	25
Gambar 3. 6 Terowongan Angin (<i>Wind Tunnel</i>).....	26
Gambar 3. 7 Bagian <i>Test Section</i> untuk menguji <i>Airfoil</i>	27
Gambar 4. 1 Hasil penelitian tanpa VG	33
Gambar 4. 2 Hasil penelitian dengan VG.....	33
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan C_l dan C_d dengan VG	34
Gambar 4. 4 perbandingan hasil eksperimen	40



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Parameter Eksperimen <i>Vortex Generator</i>	24
Tabel 3. 2 Timeline pengerjaan penelitian	31
Tabel 4. 1 Visualisasi Aliran dengan Oil Flow.....	35
Tabel 4. 2 Visualisasi Aliran dengan Tuft.....	38
Tabel 4. 3 Visualisasi Aliran dengan imagej	41



LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Dokumentasi Alat dan Bahan Pengujian	49



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

<u>Singkatan</u>	<u>Nama</u>	Pemakaian pertama kali pada halaman
NACA	National Advisory Committee for Aeronautic	i
VG	Vortex Generator	i
AoA	Angle of Attack	v
<u>Lambang</u>		
α	Angle, $^{\circ}$	13
C_L	Lift Coefficient	9
C_D	Drag Coefficient	8
c	Chord length, mm	18
ρ	Massa jenis fluida, kg/m^3	18
U_{∞}	Kecepatan fluida, m/s	18
δ	Ketebalan <i>boundary layer</i> , m	18
x	Airfoil thickness, m	18
G	Jarak antara dinding plat datar dengan Airfoil, m	18
h	Tinggi Vortex Generator, m	18
l	Panjang Vortex Generator, m	18
t	Jarak <i>leading edge</i> ke Vortex Generator, m	18

DAFTAR PUSTAKA

- Achterberg, A. (2016). *From Newton to Euler and Navier-Stokes. Gas Dynamics An Introduction with Examples from Astrophysics and Geophysics*. Gelderland, Netherland: Atlantis Press.
- Anderson, J. (2001). *Fundamentals of Aerodynamics, (Thrid Edition,)*. New York USA: Mc Graw Hill, Inc.
- Anderson, J. (2007). *Fundamental of Aerodinamic (Fifth Edition,)*. New York, USA: McGraw-Hill, Inc.
- Abdurahman, Roni. (2012). *Boundary Layer Laminar dan Turbulence*. Politeknik Penerbangan Surabaya, Surabaya, Indonesia. Diambil dari <https://repo.poltekbangsby.ac.id/1358>
- Ardiansyah, L. (2021). *Analisis Penambahan Rectangular dan Gothic Vortex Generator Susunan Co-Rotating Pada Tail Boom Bo 105*. (Disertasi, PoliteknikPenerbanganSurabaya,2021).Diambildari<https://repo.poltekbangsby.ac.id/884/1/30418016-TA-PUB.pdf>
- Cahyo, B., , S. & Hariyadi, S. (2018). Experimental Study on the Analysis of the Use of Forward and Rearward Wingtip Fences 90o Cant Angle on Wing Airfoil Eppler 562. DOI: 10.5220/0008549102060214 In Proceedings of the 3rd International Conference on Marine Technology (SENTA 2018), pages 206-214
- Dhayanti, Z.T. (2022). Studi eksperimen *oil flow visualization* karakteristik aliran fluida di *airfoil NACA 43018* dengan penambahan *parabolic vortex generator*. (Tugas Akhir, Politeknik Penerbangan Surabaya, 2022). Diambil dari <https://repo.poltekbangsby.ac.id/1358/>
- Eliyanto, J. (2019) *Pemodelan Persamaan Navier-Stokes untuk Aliran Fluida Tidak Termampatkan*, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, Indonesia.
- Genc, M. S. (2012). An experimental study on aerodynamics of NACA 2415 aerofoil at low Re numbers. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 252-264.

- Genç, M. S. (2016). Flow characteristic over NACA 4412 airfoil at low reynolds number. *Exp. Therm Fluid Sci.* 44, 749-759.
- Genç, M. S. (2016). Interaction of tip vortex and laminar separation bubble over wings with different aspect ratios under low reynolds number. *Exp. Therm Fluid Sci.* 44, 749-759.
- Kurniawan, I. (2016). *Wreight Bersaudara dan Pesawat Terbang Pertama*. Bandung. Nuansa Cendekia.
- Lillahulhaq, Z. (2016). *Studi Eksperimen Dan Numerik Optimasi Posisi Vortex Generator Untuk Mereduksi Aliran Sekunder Dekat Endwall Pada Aifoil B 9C7/32.5C50 (Studi Kasus pada $\alpha = 12^\circ$ dan 14°)*. (Desertasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember 2016). Diambil dari <https://repository.its.ac.id/76240/>
- Mudawamah. (2009). Analisis Sistem Persamaan *Diferensial* pada Model Fluida Dengan Skema *Implisit*. Undergraduate thesis, (Desertasi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim malang 2009). Diambil dari <http://etheses.uin-malang.ac.id/6387/>
- Maeling, L. K. (2023). Studi eksperimen karakteristik aerodinamika Pengaruh padatrapezoidal vortex generator airfoil NACA 43018 dengan oil flow visualization. (Tesis yang tidak dipublikasikan) Politeknik Penerbangan Surabaya, Surabaya, Indonesia.
- Mulyadi, M. (2010). Analisis Aerodinamika pada Sayap Pesawat Terbang dengan menggunakan Software Berbasis (CFD), (Desertasi Unibversitas Gunadarma). Diambil dari <https://library.gunadarma.ac.id/repository/analisis-aerodinamika-pada-sayap-pesawat-terbangdengan-menggunakan-software-berbasiscomputational-fluid-dynamics-cfd-ssm>
- Nastro, G. (2022). *Sensitivity analysis of the leading global modes of the flow around a NACA 4412 airfoil*. University of Orléans, INSA-CVL, PRISME, EA 4229, 45072 Orléans, France Arts et Métiers Institute of Technology, CNAM, DynFluid, HESAM Université, F-75013 Paris, France.
- Natayuda, G. (2017). Analisa Koefisien *Lift* dan Koefisien *Drag* Terhadap Variasi Jumlah dan Ketebalan Sudu Airfoil NACA. (Desertasi Universitas Jenderal Achmad Yani Bandung 2017). Diambil dari <https://www.researchgate.net/profile/GilarNatayuda>
- Pratama, D. & Hariyadi, S. (Eds.). (2021). *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan: Studi Eksperimen Pengaruh Penggunaan Rectangular Vortex Generator Susunan Counter-Rotating Pada Airfoil Naca 0012 Dengan Smoke*

- Generator. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP) 2021*, Surabaya, 28 September 2021. Surabaya, Indonesia: Politeknik Penerbangan Surabaya.
- Raharjo, P. (2010). *Terminologi Airfoil*. Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto, Yogyakarta, Indonesia.
- Rotorex. Flitetest. Flitetest. 03 12, 2015. <https://www.flitetest.com/articles/vortex-generator-design-tips-and-experimentation> (accessed 12 10, 2018).
- S Vey. (2014). *Extracting quantitative data from tuft flow visualizations on utility scale wind turbines* Ser. 524 012011 DOI 10.1088/1742-6596/524/1/012011.
- SEJATI, L. S. (2023). *Studi Eksperimen Oil Flow Visualization Karakteristik Aliran Fluida Penambahan Gothic Vortex Generator pada Airfoil NACA 43018 dengan Konfigurasi x/c 10%*. (Tesis yang tidak dipublikasikan) Politeknik Penerbangan Surabaya, Surabaya, Indonesia.
- Tebbiche, H. (2016). *Passive Control on the NACA 4412 Airfoil and Effects on the Lift*. Laboratoire d'Energétique, Mécanique et Matériaux –LEMM , Université Mouloud Mammeri, 15 000 Tizi-Ouzou, Algérie
- Yarusevych, S. (2007). *Separated Shear Layer Transition at Low Reynolds Numbers: Experiments and Stability Analysis*, 37th AIAA Fluid Dynamics Conference and Exhibit, 25-28 June, Miami, Florida, USA