

**STUDI *NUMERIK* ALIRAN FLUIDA DENGAN PENAMBAHAN *GHOTIC*
VORTEC GENERATOR PADA *AIRFOIL* NACA SC (2)-0714 DENGAN
KONFIGURASI *STRAIGHT***

PROYEK AKHIR



Oleh :

MUHAMMAD FAAZA FIRDAUS

30421040

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

2024

**STUDI *NUMERIK* ALIRAN FLUIDA DENGAN PENAMBAHAN *GHOTIC*
VORTEC GENERATOR PADA *AIRFOIL* NACA SC (2)-0714 DENGAN
KONFIGURASI *STRAIGHT***

PROYEK 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

LEMBAR PERSETUJUAN

STUDI *NUMERIK* ALIRAN FLUIDA DENGAN PENAMBAHAN *GHOTIC*
VORTEC GENERATOR PADA *AIRFOIL* NACA SC (2)-0714 DENGAN
KONFIGURASI *STRAIGHT*

Oleh :
MUHAMMAD FAAZA FIRDAUS
NIT. 30421040

Disetujui untuk diajukan pada :
Surabaya, 05 Agustus 2024

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

Pembimbing 2 : BAMBANG BAGUS H, S.SIT., MM., MT
NIP. 19810915 200502 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI *NUMERIK* ALIRAN FLUIDA DENGAN PENAMBAHAN *GHOTIC*
VORTEC GENERATOR PADA *AIRFOIL* NACA SC (2)-0714 DENGAN
KONFIGURASI *STRAIGHT*

Oleh :
MUHAMMAD FAAZA FIRDAUS
NIT 30421040

Telah dipertahankan dan dinyatakan lulus pada Ujian Proyek Akhir
Program Pendidikan Diploma III Teknik Pesawat Udara
Politeknik Penerbangan Surabaya
Pada tanggal : 08 Agustus 2024

Panitia Penguji :

1. Ketua : DWIYANTO ST., M.Pd
NIP. 19690420 199103 1 004
2. Sekretaris : NYARIS PAMBUDIYATNO, S.SiT, M.MTr
NIP. 19820525 200502 1001
3. Anggota : Dr WILLY ARTHA WIRAWAN ST. MT
NIP. 19930718 202321 1 02

Ketua Progam Studi
Teknik Pesawat Udara



NYARIS PAMBUDIYATNO, S.SiT, M.MTr
NIP. 19820525 200502 1001

ABSTRAK

STUDI *NUMERIK* ALIRAN FLUIDA DENGAN PENAMBAHAN *GHOTIC VORTEC GENERATOR* PADA *AIRFOIL* NACA SC (2)-0714 DENGAN KONFIGURASI *STRAIGHT*

Oleh :

MUHAMMAD FAAZA FIRDAUS
NIT. 30421040

Aerodinamika pesawat terbang pada prinsipnya, pada saat pesawat mengudara, terdapat 4 gaya utama yang bekerja pada pesawat, yakni gaya dorong (*thrust*) yang dihasilkan dari mesin pesawat membuat pesawat maju, gaya hambat (*drag*) yang dihasilkan oleh gesekan udara terhadap permukaan pesawat, gaya angkat (*lift*) yang mengangkat pesawat, dan berat pesawat (*weight*) .

Perkembangan teknologi di dunia penerbangan telah mengalami kemajuan dan berkembang pesat serta inovasi baru dalam berbagai aspek yang bertujuan untuk meningkatkan efisien, kenyamanan dan keamanan penerbangan. Salah satunya yaitu penambahan *ghotic vortec generator* pada *airfoil* di bagian *upper surface* merupakan kemajuan dan modifikasi untuk menunda separasi aliran fluida pada sayap pesawat yang disebabkan meningkatnya *angle of attack* yang dapat mengakibatkan *stall* pada pesawat dan pesawat akan kehilangan gaya *lift*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada sudut serang 16° , *airfoil* tanpa *vortec generator* mengalami separasi aliran udara. Sebaliknya, ketika *vortec generator* ditambahkan, separasi aliran udara semakain menjauh dan aliran menjadi laminar. Ini menunjukkan bahwa *vortec generator* mampu menunda separasi aliran udara di permukaan sayap. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan *vortec generator* berbentuk *ghotic* dengan konfigurasi *straight* dan posisi pemasangan 20% pada *airfoil* NACA SC(2)-0714 mengurangi *coefficient drag* dan meningkatkan *coefficient lift*. Maka dengan penambahan *vortec generator* pada *airfoil* NACA SC(2)-0714 meningkatkan performa aerodinamisnya secara signifikan dan meningkatkan efisiensi aerodinamis sayap pesawat.

Kata kunci: aerodinamika, NACA SC(2)-0714, CFD, *Ghotic Vortec Generator*

ABSTRACT

NUMERICAL STUDY ON THE NACA SC(2) - 0714 AIRFOIL WITH THE ADDITION OF A STRAIGHT GHOTIC TYPE VORTEC GENERATOR

By :

MUHAMMAD FAAZA FIRDAUS

NIT. 30421040

Aerodynamics of aircraft in principle, when the aircraft is in the air, there are 4 main forces acting on the aircraft, namely the thrust force generated from the aircraft engine that makes the aircraft go forward, the drag force generated by air friction against the surface of the aircraft, the lift force that lifts the aircraft, and the weight of the aircraft.

Technological developments in the world of aviation have progressed and developed rapidly as well as new innovations in various aspects that aim to increase efficiency, comfort and flight safety. One of them is the addition of a ghotic vortec generator on the airfoil at the upper surface is an advancement and modification to delay the separation of fluid flow on the wing of the aircraft due to the increase in angle of attack which can cause a stall on the aircraft and the aircraft will lose lift.

The results show that at an angle of attack of 16° , the airfoil without a vortec generator experiences airflow separation. In contrast, when the vortec generator is added, the airflow separation is further away and the flow becomes laminar. This indicates that the vortec generator is able to delay airflow separation at the wing surface. Simulation results show that the use of a ghotic-shaped vortec generator with a straight configuration and 20% installation position on the NACA SC(2) - 0714 airfoil reduces the drag coefficient and increases the lift coefficient. So the addition of vortec generator on NACA SC(2) – 0714 airfoil improves its aerodynamic performance significantly and increases the aerodynamic efficiency of the aircraft wing.

Keywords: aerodynamics, NACA SC(2)-0714, CFD, Ghotic Vortec Generator

PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Faaza Firdaus
NIT : 30421040
Program Studi : D3 Teknik Pesawat Udara
Judul Tugas Akhir : STUDI NUMERIK ALIRAN FLUIDA DENGAN
PENAMBAHAN *GHOTIC VORTEC GENERATOR* PADA *AIRFOIL*
NACA SC (2)-0714 DENGAN KONFIGURASI *STRAIGHT*

dengan ini menyatakan bahwa :

1. 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, mengalihmedia/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 ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Perguruan Tinggi dan Akademi Penerbangan.

Surabaya, 08 Agustus 2024
Yang membuat pernyataan



Muhammad Faaza Firdaus
NIT. 30421020

KATA PENGANTAR

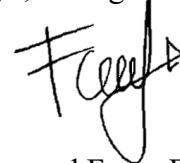
Dengan menyebut nama Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, kami panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan cukup baik yang berjudul “ STUDI NUMERIK ALIRAN FLUIDA DENGAN PENAMBAHAN *GHOTIC VORTEC GENERATOR* PADA *AIRFOIL* NACA SC (2)-0714 DENGAN KONFIGURASI *STRAIGHT* ” dengan baik dan lancar sesuai dengan waktu yang ditetapkan dan sebagai syarat untuk menyelesaikan program DIPLOMA-III Teknik Pesawat Udara Angkatan VII B di Politeknik Penerbangan Surabaya dan memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md.).

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada segenap pihak yang telah membantu selama proses penyusunan Proyek Akhir/Tugas Akhir ini, terutama 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 3 Teknik Pesawat Udara di Politeknik Penerbangan Surabaya.
3. Alm. Bapak Bayu Dwi Cahyo ST, MT dan Bapak Dr Willy Artha Wirawan S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing Materi.
4. Bapak Bambang Bagus H, S.SiT., MM., MT selaku Dosen Pembimbing Penulisan.
5. Seluruh dosen pengajar program studi Diploma 3 Teknik Pesawat Udara serta seluruh civitas akademika Politeknik Penerbangan Surabaya yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat.
6. Ibu UmiYatun dan Bapak Marwoto selaku Orang Tua saya yang telah memberikan doa serta bantuan secara materi, dukungan moral dan doa untuk kelancaran Tugas Akhir ini.
7. Kepada Azhar Mannika Arbia yang selalu memberikan dukungan moral dan doa untuk kelancaran Tugas Akhir .
8. Seluruh sahabat, senior, junior, mentor, motivator, dan penyemangat dalam menempuh pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya

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.

Surabaya, 08 Agustus 2024



Muhammad Faaza Firdaus

DAFTAR ISI

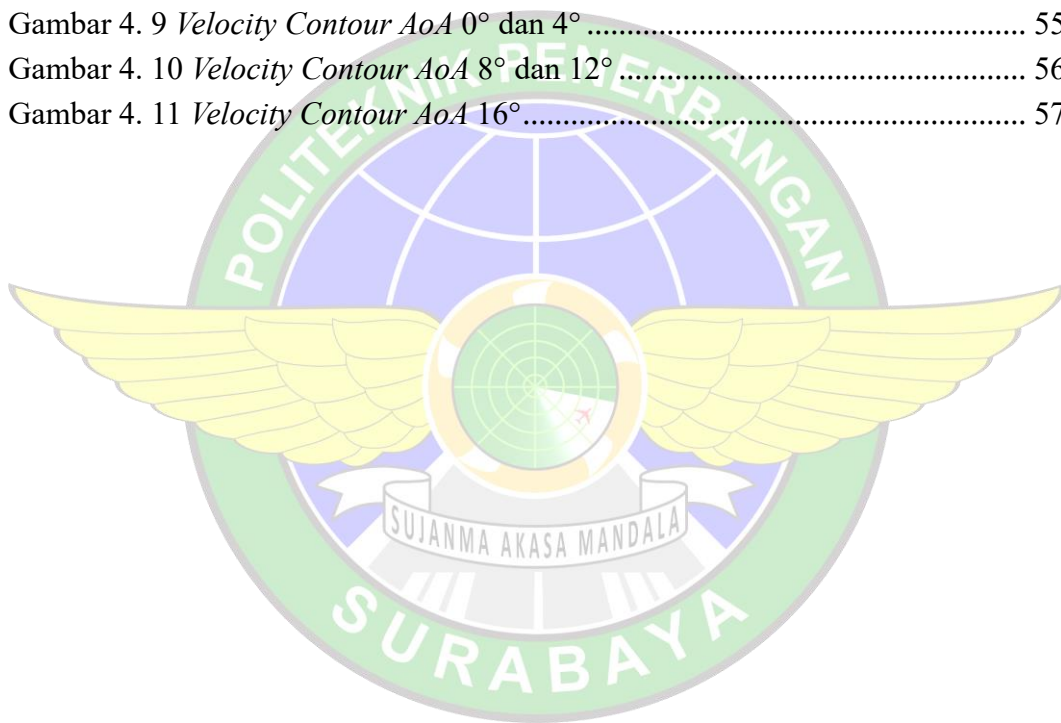
	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SAMPUL.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Sistematika Penelitian	6
BAB 2 LANDASAN TEORI	8
2.1 Dasar Aerodinamika	8
2.2 Terminologi dan Teori <i>Airfoil</i>	9
2.2.1 <i>Airfoil</i> NACA.....	10
2.3 <i>Angle of attack</i> (<i>Angle of attack</i>).....	16
2.4 <i>Vortec Generator</i>	17
2.5 Teori <i>Boundary Layer</i>	18
2.6 Aliran Fluida.....	20
2.6.1. Massa jenis.....	20
2.6.2. Tekanan.....	20
2.6.3. Viskositas	21
2.7 Karakteristik Aliran	21
2.7.1. Aliran Laminar dan <i>Turbulance</i> pada <i>Boundary Layer</i>	21
2.7.2. Aliran <i>Compressible</i> dan <i>Incompressible</i>	22
2.7.3. Aliran <i>Steady</i> dan <i>Unsteady</i>	23
2.8 <i>Reynold Number</i>	24
2.9 <i>Computational Fluid Dynamics</i>	25
2.10 <i>ANSYS FLUENT</i>	26
2.11 Penelitian Terdahulu	27

BAB 3 METODE PENELITIAN	33
3.1 Desain penelitian	33
3.2 Objek Penelitian	34
3.2.1. Konfigurasi <i>Vortec Generator</i>	35
3.3 Variable Penelitian.....	36
3.2.2. Variabel terikat.....	36
3.2.3. Variabel Bebas	36
3.4 Teknik Pengumpulan data	36
3.5 Teknik Analisa Data	42
3.6 Tempat dan Waktu Penelitian	45
3.6.1. Tempat penelitian.....	45
3.6.2. Waktu penelitian	45
BAB 4 HASIL PENELITIAN	47
4.1 Hasil Penelitian.....	47
4.1.1. Perbandingan <i>Coefficient Lift</i>	47
4.1.2. Perbandingan <i>Coefficient Drag</i>	49
4.1.3. <i>Lift to Drag Ratio (CL/CD)</i>	51
4.1.4. Visualisasi <i>Pressure Contour</i>	52
4.1.5. Visualisasi <i>Velocity Contour</i>	55
BAB 5 PENUTUP.....	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA.....	60
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	63

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. 1 Pesawat Glider	1
Gambar 2. 1 Gaya – gaya pada pesawat terbang	8
Gambar 2. 2 Terminologi <i>Airfoil</i>	9
Gambar 2. 3 NACA 4 digit	11
Gambar 2. 4 NACA 5 digit	11
Gambar 2. 5 NACA 5 digit	13
Gambar 2. 6 NACA 7 digit	14
Gambar 2. 7 Supercritical <i>airfoil</i> dan Conventional <i>airfoil</i> (<i>Wing design</i>).....	15
Gambar 2. 8 <i>Schematic of the flow field over supercritical Airfoil</i>	15
Gambar 2. 9 <i>Angle of Attack</i>	16
Gambar 2. 10 Distribusi Tekanan dengan Variasi <i>Angle of attack</i>	16
Gambar 2. 11 Variasi C_L dengan <i>Angle of attack</i> pada <i>airfoil</i>	17
Gambar 2. 12 Bentuk dari <i>vortec generator</i>	18
Gambar 2. 13 Boundary Layer and turbulent	19
Gambar 2. 14 <i>Boundary layer laminar and turbulent flow</i>	19
Gambar 2. 15 Fenomena aliran Boundary Layer pada Pelat datar	22
Gambar 2. 16 0.7 Mach and 0° <i>Angle of attack</i> (AOA)	27
Gambar 2. 17 <i>Static Pressure and velocity contours of 0714 at 0.7 Mach</i>	28
Gambar 2. 18 <i>Static Pressure and velocity contours of 0414 at 0.7 Mach</i>	29
Gambar 2. 19 C_l and C_d for SC-0714 and camber with 12° change in tail CW ..	31
Gambar 2. 20 Contours of static pressure in <i>airfoil</i> supercritical	32
Gambar 2. 21 Contours of static pressure in simple <i>airfoil</i>	32
Gambar 3. 1 Diagram alur penelitian.....	33
Gambar 3. 2 Skema Penelitian Simulasi.....	34
Gambar 3. 3 <i>Airfoil NASA SC(2) – 0714</i>	35
Gambar 3. 4 <i>Wing Airfoil NASA SC(2) – 0714</i>	35
Gambar 3. 5 Skema Penempatan <i>Ghotic Vortec Generator</i>	35
Gambar 3. 6 <i>Ghotic Vortec Generator</i>	36
Gambar 3. 7 <i>Wing Airfoil NASA SC(2) – 0714</i> tanpa <i>Vortec generator</i>	38
Gambar 3. 8 <i>Wing Airfoil NASA SC(2) – 071</i> dengan <i>Ghotic Vortec generator</i> ...	38
Gambar 3. 9 Dimensi permodelan dan <i>Boundary condition</i>	39
Gambar 3. 10 Penampang bagian <i>inlet</i>	39
Gambar 3. 11 Penampang bagian <i>outlet</i>	39
Gambar 3. 12 Penampang bagian <i>wall</i>	40
Gambar 3. 13 Penampang bagian <i>airfoil</i>	40
Gambar 3. 14 Hasil <i>Meshing</i> secara global.....	41

Gambar 3. 15 Hasil <i>Meshing</i> sekitar <i>airfoil</i>	41
Gambar 3. 16 <i>Number of Iterations</i>	42
Gambar 3. 17 Grafik <i>Coefficient Drag</i>	45
Gambar 4. 1 Grafik <i>Coefficient Lift</i> Terhadap <i>Angle of attack</i>	47
Gambar 4. 2 Validasi Grafik <i>coefficient lift</i> terhadap <i>AoA</i>	48
Gambar 4. 3 Grafik <i>Coefficient Drag</i> Terhadap <i>Angle of attack</i>	49
Gambar 4. 4 Validasi Grafik <i>coefficient drag</i> terhadap <i>AoA</i>	50
Gambar 4. 5 Grafik <i>Lift to Drag</i> terhadap <i>Angle of attack</i>	51
Gambar 4. 6 <i>Coefficient Pressure</i> <i>AoA</i> 0° dan 4°	52
Gambar 4. 7 <i>Coefficient Pressure</i> <i>AoA</i> 8° dan 12°	53
Gambar 4. 8 <i>Coefficient Pressure</i> <i>AoA</i> 16°	54
Gambar 4. 9 <i>Velocity Contour</i> <i>AoA</i> 0° dan 4°	55
Gambar 4. 10 <i>Velocity Contour</i> <i>AoA</i> 8° dan 12°	56
Gambar 4. 11 <i>Velocity Contour</i> <i>AoA</i> 16°	57



DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2. 1 <i>Parametric values for aero foils at Mach number 0.7 and 0° AoA</i>	29
Tabel 2. 2 <i>Comparison of coefficient of lift on two different velocities</i>	31
Tabel 3. 1 <i>Data airfoil NACA SC(2)-0714 pada Microsoft excel</i>	37
Tabel 3. 2 <i>Hasil Grip Independet Test</i>	44
Tabel 3. 3 <i>Waktu Penelitian</i>	46
Tabel 4. 1 <i>Perbandingan coefficient lift</i>	47
Tabel 4. 2 <i>Perbandingan coefficient drag</i>	49
Tabel 4. 3 <i>Lift to Drag Ratio</i>	51



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
C_d	<i>Coefficient Drag</i>	3
FEA	<i>Finite Element Analysis</i>	4
NACA	<i>National Advisory Committee For Aeronautics</i>	10
SST	<i>Supersonic Transport</i>	14
C_p	<i>Coefficient Pressure</i>	16
CL_{MAX}	<i>Coefficient Lift Maximal</i>	17
 <u>Lambang</u>		
ρ	massa jenis	21
P	tekanan	21
μ	viskositas aliran udara	21
M	massa fluida	21
A	volume fluida	21
M	bilangan <i>mach</i>	24
V	kecepatan aliran (m/s)	24
C	kecepatan suara (m/s)	24
Re	reynold number	25
L	panjang benda	25
Tn	waktu selesai pengambilan data pada grafik coefisient <i>lift</i> (detik)	44
Tl	waktu mulai pengambilan data pada grafik coefficient <i>lift</i> (detik)	44
f	frekuensi (hz)	44
St	strouhal number	44
U	kecepatan freestream (m/s)	44

DAFTAR PUSTAKA

- Alifaputra. Zidhane N (2022) Analisis Pengaruh *Gothic Vortec generator* Menggunakan *Computational Fluid Dynamic* Pada Naca 2412, Politeknik Penerbangan Surabaya
- Aprilian Vendi P (2022) Studi Eksperimen *Oil Flow Visualization* Karakteristik Aliran Fluida Di *Airfoil* NACA 0012 Dengan Penambahan *Rectangular Vortec generator*, Politeknik Penerbangan Surabaya
- Arum, W. F., & Fahmi Dzikirillah, E. (2023). ANALISIS PENGARUH VORTEC GENERATOR TERHADAP ALIRAN UDARA. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 9(1), 55–64.
<https://doi.org/10.56521/teknika.v9i1.793>
- Halim, Ibnu (2021) Studi Eksperimen *Oil Flow Visualization* Karakteristik Aliran Fluida Di *Airfoil* Naca 43018 Dengan Penambahan *Tringular Vortec Generator*. Politeknik Penerbangan Surabaya
- Hariyadi, Setyo. 2015. Studi Numerik Efek Penggunaan *Vortec Generator* terhadap *Boundary Layer Airfoil NACA 23018* (Studi Kasus Peletakan *Vortec Generator* $x/c = 10\%$, *Rectangular Straight Flat Plate*). Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- Jenkins, R. v. (n.d.) (1989). *Off ice of Management Scientific and Technical Information Division NASA SC(2)-07 14 Airfoil Data Corrected for Sidewall Boundary-Layer Effects in the Langley 0.3-Meter Transonic Cryogenic Tunnel*.
- Kauser, S., Swamy, K., & Guptha, M. (2015). *Aerodynamics Analysis Of Naca Sc (2)-0714 Supercritical Airfoil Using Computational Fluid Dynamics*. www.ijres.com
- Lubis, M. M. (2012). Analisis Aerodinamika *Airfoil* Naca 2412 Pada Sayap Pesawat Model Tipe Glider Dengan Menggunakan Software Berbasis *Computational Fluid Dinamic (CFD)* Untuk Memperoleh Gaya Angkat Maksimum. *Jurnal E-Dinamis*, II(2). Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik

- Mulyadi, M (2010) Analisis Aerodinamika Pada Sayap Pesawat Terbang Dengan Menggunakan Software Berbasis *Computational Fluid Dynamics (Cfd)* Universitas Guna Darma : Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin
- Nur Fikir W (2022) .,Studi Eksperimen Karakteristik Aliran Udara Di Airfoil NACA 43018 dengan Penambahan *Gothic Vortec Generator* Menggunakan Visualisasi *Smoke Generator*, Politeknik Penerbangan Surabaya
- Nuranto, Z. A., Putro, S. H. S., & Pambudiyatno, N. (2023). Analysis of the Effect of Gothic *Vortec generator* Using Computational Fluid Dynamic on Naca 2412. In *Proceedings of the International Conference on Advance Transportation, Engineering, and Applied Science (ICATEAS 2022)* (pp. 26–39). Atlantis Press International BV.
- Panggih Raharjo. (2010). Terminologi *Airfoil*. Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto.
- Pratama, Diyon (2021) Studi Eksperimen Pengaruh Penggunaan *Rectangular Vortec Generator* Susunan *Counter Rotating* Pada *Airfoil* NACA 0012 Dengan *Smoke Generator*. Politeknik Penerbangan Surabaya
- Romadhon, A., Dana Herdiana,. (2017). (*Analysis Of Cfd Aerodynamic Characteristics At The Wing Of Aircraft Lsu-05 With The Addition Of Vortec Generator*). Fakultas Teknik Universitas Nurtanio Bandung
- Ryan Hilmi W (2023) Analisis Performa Aerodinamika Dengan Menambahkan V-*Groove Riblets* Pada Flap Dengan *Airfoil* NACA 43018, Politeknik Penerbangan Surabaya
- Sendy Levia (2023) Studi Eksperimen *Oil Flow Visualization* Karakteristik Aliran Fluida Penambahan *Gothic Vortec Generator* Pada *Airfoil* Naca 43018 Dengan Konfigurasi x/c 10%, Politeknik Penerbangan Surabaya
- Sri, M., Sri, M., Murthy, R., & Rambabu, K. (n.d.). *Aerodynamic analysis of NACA SC (2)-0714 and NACA SC (2)-0414 super critical aero foils-a comparative study*. Professor, Department of Mechanical Engineering, Sir C.R.Reddy College of Engineering, India <https://doi.org/10.35629/6734-11110814>

Tjipto W, (2017). Gaya-gaya pada pesawat terbang.

<https://tahupenerbangan.blogspot.com/2017/03/gaya-lift-weight-thrust-dr-ag.htm>

Tris Sugiarto. (2010). Analisa Karakteristik *Airfoil* Naca 4412 Dengan Metode Wind Tunnel. Intuisi Teknologi dan Seni.

