

**OPTIMALISASI PERFORMA AERODINAMIKA
PADA *FLAP AIRFOIL* NACA 2412
DENGAN PENAMBAHAN RIBLETS**

PROYEK AKHIR



Oleh:

ALMER FAADIHILAH

NIT. 30421004

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

2024

**OPTIMALISASI PERFORMA AERODINAMIKA
PADA FLAP AIRFOIL NACA 2412
DENGAN PENAMBAHAN RIBLETS**

PROYEK AKHIR

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



Oleh:

ALMER FAADIHILAH

NIT. 30421004

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

2024

LEMBAR PERSETUJUAN

OPTIMALISASI PERFORMA AERODINAMIKA PADA *FLAP AIRFOIL* NACA 2412 DENGAN PENAMBAHAN RIBLETS



Oleh:

Almer Faadihilah

NIT. 30421004

Disetujui untuk diujikan pada:

Pembimbing I : Dr. Ir. SETYO HARIYADI S.P., ST., MT.

NIP. 19790824 200912 1 001

Pembimbing II : AJENG WULANSARI, ST., MT.

NIP. 19890606 200912 2 001

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMALISASI PERFORMA AERODINAMIKA PADA *FLAP AIRFOIL* NACA 2412 DENGAN PENAMBAHAN RIBLETS

Oleh:

Almer Faadihilah

NIT. 30421004

Telah dipertahankan dan dinyatakan lulus pada Ujian Tugas Akhir Program
Pendidikan Diploma 3 Teknik Pesawat Udara Politeknik Penerbangan Surabaya
Pada tanggal:

Panitia Penguji:

1. Ketua : AHMAD BAHRAWI, S.E., M.T.
NIP. 19800517 200012 1 003
2. Sekretaris : CHOLIK SETIJONO, S.SiT., M.M.
NID. 19870624 200912 1 003
3. Anggota : Dr. SETYO HARIYADI, S.P., S.T., M.T.
NIP. 19790824 200912 1 001



Ketua Program Studi
TEKNIK PESAWAT UDARA

NYARIS PAMBUDIYATNO, S.SiT, M.MTr

NIP. 19820525 200502 1 001

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir guna melakukan penelitian lanjutan tentang “**OPTIMALISASI PERFORMA AERODINAMIKA PADA FLAP AIRFOIL NACA 2412 DENGAN PENAMBAHAN RIBLETS**” Tidak lupa, penulis panjatkan sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga dan para sahabatnya yang telah membimbing kita dari jalan kegelapan menuju jalan yang terang.

Penyusunan proyek akhir ini disusun sebagai syarat pemenuhan studi bagi Taruna Diploma III Teknik Pesawat Udara Angkatan VII. Dalam penyusunannya begitu banyak pihak yang membantu serta membimbing penulis proyek akhir ini. Melalui kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak yang telah mendukung dalam terselesaikannya laporan ini, diantaranya:

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 Teknik Pesawat Udara Politeknik Penerbangan Surabaya
3. Bapak Dr. Ir. Setyo Hariyadi S.P., S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pematics materi dalam penyusunan proposal tugas akhir ini.
4. Ibu Ajeng Wulansari, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing penulisan dalam penyusunan proposal tugas akhir ini.
5. Seluruh dosen dan staff Politeknik Penerbangan Surabaya yang telah membantu dan penyusunan proposal tugas akhir ini.
6. Keluarga, sahabat, senior, junior, dan segenap pihak yang penulis tidak dapat menyebutkan satu – persatu.

Penulis menyadari dalam melakukan penyusunan tugas akhir ini penulis tidak bekerja sendiri, melainkan berkat bantuan dari berbagai pihak yang telah mendukung penulis baik secara moril maupun materil. Dikarenakan keterbatasan ilmu dan kemampuan yang penulis miliki, maka tentunya tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Maka dari itu, penulis mengharapkan masukan dari berbagai pihak guna kesempurnaan di masa yang akan datang. Atas segala bantuan yang telah diberikan, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan hanya rahmat Allah SWT yang dapat membalasnya.

Surabaya, 23 Agustus 2024

Penyusun



Almer Faadihilah

NIT. 30421004

ABSTRAK

OPTIMALISASI PERFORMA AERODINAMIKA PADA *FLAP AIRFOIL* NACA 2412 DENGAN PENAMBAHAN RIBLETS

Oleh:

Almer Faadihilah

NIT. 30421004

Perkembangan teknologi dalam dunia aerodinamika salah satunya penelitian tentang *airfoil*. Telah banyak berbagai penelitian yang telah digunakan untuk meneliti *airfoil* dalam berbagai konfigurasi *flap* sesuai dengan penggunaannya. seiring dengan semakin berkembangnya zaman, penelitian semakin mudah dilakukan tanpa menyita banyak waktu dan menghabiskan banyak biaya.

Karakteristik aerodinamika merupakan suatu hal yang sangat penting dalam bidang ilmu aplikasi aerodinamika yang ditujukan untuk mendapatkan performansi maksimum dari suatu bentuk *airfoil*. Oleh karena itu dalam hal ini penelitian terhadap karakteristik aerodinamika suatu *airfoil* sangat diperlukan adanya guna mendapatkan hasil berupa perkembangan konfigurasi *airfoil* dengan hasil *output* gaya untuk performa yang lebih baik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan performansi dari *airfoil* NACA 2412 dengan penambahan *v-groove riblets* dibandingkan dengan tanpa *v-groove riblets*. Adanya *v-groove riblets*, dapat menunda terjadinya separasi. Dari simulasi tersebut menunjukan peningkatan *coefficient lift* tertinggi terjadi pada $\alpha = 14^\circ$ dengan peningkatan sebesar 3% *coefficient lift* dan dapat mengurangi *drag* sebesar 7.3% pada $\alpha = 2^\circ$ sehingga dapat disimpulkan dengan menambahkan *riblets* pada *airfoil* dapat meningkatkan *performance* dari *Airfoil*.

Kata kunci: *Airfoil*, NACA 2412, *Riblets*.

ABSTRACT

AERODYNAMIC PERFORMANCE OPTIMIZATION ON NACA 2412 AIRFOIL FLAPS WITH THE ADDITION OF RIBLETS

Almer Faadihilah

NIT. 30421004

The development of technology in the world of aerodynamics, one of which is research on airfoils. There have been many various studies that have been used to examine airfoils in various flap configurations according to their use. along with the development of the times, research is increasingly easy to do without taking up a lot of time and spending a lot of money..

Aerodynamic characteristics are very important in the field of aerodynamic application science aimed at obtaining the maximum performance of an airfoil shape. Therefore, in this case, research on the aerodynamic characteristics of an airfoil is very necessary to obtain results in the form of airfoil configuration development with force output results for better performance..

The results of this study indicate that there is an increase in the performance of the NACA 2412 airfoil with the addition of v-groove riblets compared to that without v-groove riblets. The existence of v-groove riblets, can delay the occurrence of separation. The simulation shows that the highest lift coefficient increase occurs at $\alpha = 14^\circ$ with an increase of 3% lift coefficient and can reduce drag by 7.3% at $\alpha = 2^\circ$ so it can be concluded by adding riblets to the airfoil can improve the performance of the Airfoil.

Keywords: Airfoil, NACA 2412, Riblets.

PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Almer Faadihilah
NIT : 30421004
Program Studi : D3 Teknik Pesawat Udara
Judul Proyek Akhir : Optimalisasi Performa Aerodinamika Pada Flap Airfoil NACA 2412 Dengan Penambahan Riblets

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 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, 23 Agustus 2024
Yang membuat pernyataan



Almer Faadihilah
NIT. 30421004

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xvii
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Hipotesis	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
 BAB 2 LANDASAN TEORI.....	 7
2.1 Aliran Udara	7
2.1.1 Sifat Aliran Udara	7
2.1.2 Jenis Aliran Udara.....	9
2.2 Aerodinamika	10
2.3 Airfoil	13
2.3.1 Airfoil NACA	14
2.4 Angle of Attack	15
2.5 Koefisien Lift dan koefisien Drag	16

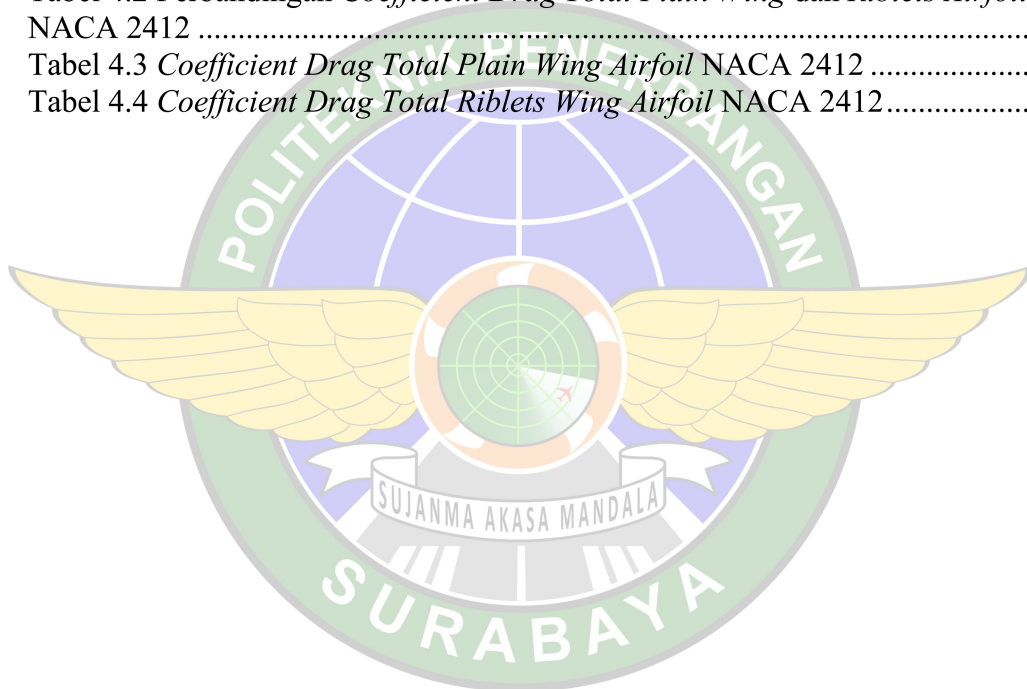
2.5.1 Koefisien Lift	16
2.5.2 Koefisien Drag	16
2.6 Bilangan Reynolds (Reynolds Number).....	17
2.7 Bilangan Strouhal (Strouhal number).....	18
2.8 Stall.....	19
2.9 Separasi	20
2.10 Teori Boundary Layer	20
2.10.1 Trailling Edge Device (Flap).....	21
2.11 Riblets	22
2.12 Computational Fluid Dynamics (CFD)	24
2.13 Penelitian Terdahulu.....	25
2.14 Mental Map.....	29
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	31
3.1 Desain Penelitian	31
3.2 Variabel Penelitian	33
3.2.1 Variabel Terikat	33
3.2.2 Variabel Bebas	33
3.3 Objek Penelitian	33
3.4 Teknik Pengumpulan Data dan Instrumen Penelitian	34
3.4.1 Teknik Pengumpulan Data.....	34
3.4.2 Instrumen Penelitian	42
3.5 Teknik Analisis Data	43
3.6 Tempat dan Waktu Penelitian	47
3.6.1 Tempat Penelitian	47
3.6.2 Waktu Penelitian	47
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	51
4.1 Hasil Penelitian.....	51
4.1.1 Visualisasi Pressure Contour Plain Airfoil NACA 2412	51
4.1.2 Visualisasi Velocity Contour Plain Airfoil NACA 2412	62
4.1.3 Visualisasi Pressure Contour dengan Riblets Airfoil NACA 2412.....	70
4.1.4 Visualisasi Velocity Contour dengan Riblets Airfoil NACA 2412	81

BAB 5 PENUTUP	99
5.1 Kesimpulan.....	99
5.2 Saran	99
 DAFTAR PUSTAKA.....	100
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	103



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan <i>Coefficient lift</i> and <i>Coefficient drag</i> pada <i>Flap Airfoil</i> NACA 43018 with <i>Riblets</i>	28
Tabel 2.2 Perbandingan Hasil Peneltian Terdahulu	29
Tabel 3.1 Spesifikasi perangkat penunjang penelitian	43
Tabel 3.2 <i>Minimum requirement software ansys</i>	43
Tabel 3.3 Hasil <i>Grid Independence Test</i>	46
Tabel 3.4 Rincian Waktu dan Jenis Kegiatan Penelitian	47
Tabel 4.1 Perbandingan <i>Coefficient Lift Plain Wing</i> dan <i>Riblets Airfoil</i> NACA 2412	93
Tabel 4.2 Perbandingan <i>Coefficient Drag Total Plain Wing</i> dan <i>Riblets Airfoil</i> NACA 2412	94
Tabel 4.3 <i>Coefficient Drag Total Plain Wing Airfoil</i> NACA 2412	95
Tabel 4.4 <i>Coefficient Drag Total Riblets Wing Airfoil</i> NACA 2412	96



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Penampang <i>Airfoil</i>	1
Gambar 2.1 Gaya pada pesawat terbang (Hidayat, 2014).....	11
Gambar 2.2 Terminologi <i>airfoil</i> (Pangih Raharjo, 2010)	13
Gambar 2.3 <i>Airfoil</i> NACA 2412 (Diakses pada 21 Mei 2024).....	14
Gambar 2.4 <i>Angle of Attack Representation</i>	15
Gambar 2.5 Visualisasi sudut <i>Stall</i> Cessna 172 (aeroengineering.co.id diakses tanggal 1 Januari 2023)	19
Gambar 2.6 Boundary Layer laminar dan turbulen (Talay, 1975).....	19
Gambar 2.7 Jenis – Jenis <i>Flap</i> (Sari, Mirna, 2018)	20
Gambar 2.8 Kondisi plain <i>flap</i> (Triawan Ramadhan,2016).....	21
Gambar 2.9 Penampang <i>Riblets</i> (Houghton, 2017).....	22
Gambar 2.10 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap with Riblets</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 20^\circ$ pada sumbu z-x (Juanda Lefran Tonapa,2023)	24
Gambar 2.11 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> pada <i>mid span with Riblets</i> $\alpha = 20^\circ$ pada sumbu y-x (Juanda Lefran Tonapa,2023)	25
Gambar 2.12 Perbandingan <i>Cl /Cd</i> (Juanda Lefran Tonapa,2023)	25
Gambar 2.13 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap with Riblets</i> $\alpha = 15^\circ$ pada sumbu z-x (Hilmy Ryan Wicaksono,2023)	26
Gambar 2.14 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap with Riblets</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 15^\circ$ pada sumbu z-x (Hilmy Ryan Wicaksono,2023)	26
Gambar 2.15 <i>Velocity Magnitude Airfoil</i> NACA 2412 dengan <i>V-groove riblets</i> pada Sudut Serang 15° (Nadira Wahyu Arianti,2020)	27
Gambar 2.16 <i>Velocity Pathline Airfoil</i> NACA 2412 dengan <i>V-groove riblets</i> pada Sudut Serang 15° (Nadira Wahyu Arianti,2020)	28
Gambar 2.17 Mental Map	30
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian	31
Gambar 3.2 Skema Penelitian Simulasi	32
Gambar 3.3 <i>flap with riblets and flap without riblets</i>	33
Gambar 3.4 Permodelan Geometri <i>V-Groove Riblets</i>	34
Gambar 3.5 Data <i>Airfoil</i> NACA 2412.....	35
Gambar 3.6 Data <i>Airfoil</i> NACA 2412 pada Microsoft Excel	35
Gambar 3.7 Data <i>Airfoil</i> NACA 2412 Pada Solidwork	35
Gambar 3.8 Penggabungan <i>Flap</i> dan <i>Span</i>	36
Gambar 3.9 <i>Extrude Airfoil</i> NACA 2412	36
Gambar 3.10 Pembentukan <i>Riblets</i>	37
Gambar 3.11 Duplikat <i>Riblets</i>	37
Gambar 3.12 Penggabungan <i>Flaps</i> dan <i>Riblets</i>	38
Gambar 3.13 <i>Wing and Flap</i>	39
Gambar 3.14 <i>Wing, Flap, and Riblets</i>	39
Gambar 3.15 Dimensi permodelan dan <i>Boundary condition</i>	40
Gambar 3.16 Penampang Bagian <i>Inlet</i>	40
Gambar 3.17 Penampang Bagian <i>Outlet</i>	40
Gambar 3.18 <i>Detail of Mesh</i>	41

Gambar 3.19 Hasil <i>Meshing</i> Secara Global	41
Gambar 3.20 Hasil <i>Meshing</i> Sekitar <i>Wing</i>	42
Gambar 3.21 <i>Number of Iterations</i>	44
Gambar 3.22 Perbandingan <i>Nodes</i>	46
Gambar 4.1 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 0^\circ$ pada sumbu z-X.....	52
Gambar 4.2 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 1^\circ$ pada sumbu z-X.....	52
Gambar 4.3 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 2^\circ$ pada sumbu z-X.....	53
Gambar 4.4 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 3^\circ$ pada sumbu z-X.....	53
Gambar 4.5 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 4^\circ$ pada sumbu z-X.....	54
Gambar 4.6 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 5^\circ$ pada sumbu z-X.....	54
Gambar 4.7 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 6^\circ$ pada sumbu z-X.....	55
Gambar 4.8 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 7^\circ$ pada sumbu z-X.....	55
Gambar 4.9 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 8^\circ$ pada sumbu z-X.....	56
Gambar 4.10 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 9^\circ$ pada sumbu z-X.....	56
Gambar 4.11 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha =$ 10° pada sumbu z-X.....	57
Gambar 4.12 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha =$ 11° pada sumbu z-X.....	57
Gambar 4.13 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha =$ 12° pada sumbu z-X.....	58
Gambar 4.14 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha =$ 13° pada sumbu z-X.....	58
Gambar 4.15 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha =$ 14° pada sumbu z-X.....	59
Gambar 4.16 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha =$ 15° pada sumbu z-X.....	59
Gambar 4.17 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha =$ 16° pada sumbu z-X.....	60
Gambar 4.18 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha =$ 17° pada sumbu z-X.....	60
Gambar 4.19 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha =$ 18° pada sumbu z-X.....	61
Gambar 4.20 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha =$ 19° pada sumbu z-X.....	61
Gambar 4.21 Visualisasi <i>Pressure Contour PlainWing</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha =$ 20° pada sumbu z-X.....	62

Gambar 4.22 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 0^\circ$ pada sumbu y-x ...	63
Gambar 4.23 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 1^\circ$ pada sumbu y-x ...	63
Gambar 4.24 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 2^\circ$ pada sumbu y-x ...	64
Gambar 4.25 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 3^\circ$ pada sumbu y-x ...	64
Gambar 4.26 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 4^\circ$ pada sumbu y-x ...	64
Gambar 4.27 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 5^\circ$ pada sumbu y-x ...	64
Gambar 4.28 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 6^\circ$ pada sumbu y-x ...	65
Gambar 4.29 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 7^\circ$ pada sumbu y-x ...	65
Gambar 4.30 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 8^\circ$ pada sumbu y-x ...	66
Gambar 4.31 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 9^\circ$ pada sumbu y-x ...	66
Gambar 4.32 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 10^\circ$ pada sumbu y-x ...	67
Gambar 4.33 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 11^\circ$ pada sumbu y-x ...	67
Gambar 4.34 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 12^\circ$ pada sumbu y-x ...	67
Gambar 4.35 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 13^\circ$ pada sumbu y-x ...	67
Gambar 4.36 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 14^\circ$ pada sumbu y-x ...	68
Gambar 4.37 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 15^\circ$ pada sumbu y-x	68
Gambar 4.38 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 16^\circ$ pada sumbu y-x ...	69
Gambar 4.39 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 17^\circ$ pada sumbu y-x ...	69
Gambar 4.40 Visualisasi <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 18^\circ$ pada sumbu y-x ...	69
Gambar 4.41 <i>Velocity Contour Plain Wing</i> $\alpha = 19^\circ$ pada sumbu y-x	69
Gambar 4.42 <i>Magnitude Velocity Contour</i>	70
Gambar 4.43 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 0^\circ$ pada sumbu z-x	71
Gambar 4.44 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 1^\circ$ pada sumbu z-x	71
Gambar 4.45 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 2^\circ$ pada sumbu z-x	72
Gambar 4.46 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 3^\circ$ pada sumbu z-x	72
Gambar 4.47 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 4^\circ$ pada sumbu z-x	73
Gambar 4.48 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 5^\circ$ pada sumbu z-x	73
Gambar 4.49 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 6^\circ$ pada sumbu z-x	74
Gambar 4.50 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 7^\circ$ pada sumbu z-x	74
Gambar 4.51 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 8^\circ$ pada sumbu z-x	75
Gambar 4.52 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 9^\circ$ pada sumbu z-x	75
Gambar 4.53 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 10^\circ$ pada sumbu z-x	76
Gambar 4.54 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 11^\circ$ pada sumbu z-x	76
Gambar 4.55 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper Surface</i> $\alpha = 12^\circ$ pada sumbu z-x	76

<i>Surface</i> $\alpha = 12^\circ$ pada sumbu z-x	77
Gambar 4.56 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper</i>	
<i>Surface</i> $\alpha = 13^\circ$ pada sumbu z-x	77
Gambar 4.57 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper</i>	
<i>Surface</i> $\alpha = 14^\circ$ pada sumbu z-x	78
Gambar 4.58 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper</i>	
<i>Surface</i> $\alpha = 15^\circ$ pada sumbu z-x	78
Gambar 4.59 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper</i>	
<i>Surface</i> $\alpha = 16^\circ$ pada sumbu z-x	79
Gambar 4.60 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper</i>	
<i>Surface</i> $\alpha = 17^\circ$ pada sumbu z-x	79
Gambar 4.61 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper</i>	
<i>Surface</i> $\alpha = 18^\circ$ pada sumbu z-x	80
Gambar 4.62 Visualisasi <i>Pressure Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> pada <i>Upper</i>	
<i>Surface</i> $\alpha = 20^\circ$ pada sumbu z-x	81
Gambar 4.63 <i>Pressure coefficient legend contour</i>	81
Gambar 4.64 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 0^\circ$ pada sumbu y-x	82
Gambar 4.65 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 1^\circ$ pada sumbu y-x	82
Gambar 4.66 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 2^\circ$ pada sumbu y-x	83
Gambar 4.67 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 3^\circ$ pada sumbu y-x	83
Gambar 4.68 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 4^\circ$ pada sumbu y-x	84
Gambar 4.69 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 5^\circ$ pada sumbu y-x	84
Gambar 4.70 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 6^\circ$ pada sumbu y-x	85
Gambar 4.71 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 7^\circ$ pada sumbu y-x	85
Gambar 4.72 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 8^\circ$ pada sumbu y-x	86
Gambar 4.73 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 9^\circ$ pada sumbu y-x	86
Gambar 4.74 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 10^\circ$ pada sumbu y-x.....	87
Gambar 4.75 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 11^\circ$ pada sumbu y-x.....	87
Gambar 4.76 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 12^\circ$ pada sumbu y-x.....	88
Gambar 4.77 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 13^\circ$ pada sumbu y-x.....	88
Gambar 4.78 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 14^\circ$ pada sumbu y-x.....	89

Gambar 4.79 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 15^\circ$ pada sumbu y-x.....	89
Gambar 4.80 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 16^\circ$ pada sumbu y-x.....	90
Gambar 4.81 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 17^\circ$ pada sumbu y-x.....	90
Gambar 4.82 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 18^\circ$ pada sumbu y-x.....	91
Gambar 4.83 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 19^\circ$ pada sumbu y-x.....	91
Gambar 4.84 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 19^\circ$ pada sumbu y-x.....	91
Gambar 4.85 Visualisasi <i>Velocity Contour Flap</i> dengan <i>Riblets</i> $\alpha = 20^\circ$ pada sumbu y-x.....	91
Gambar 4.86 Perbandingan <i>Coefficient Lift</i> dari <i>Riblets</i> dan <i>Plain Wing</i>	97
Gambar 4.87 Perbandingan <i>Coefficient Drag</i> dari <i>Riblets</i> dan <i>Plain Wing</i>	97
Gambar 4.88 Perbandingan <i>Induce Drag</i> dari <i>Riblets</i> dan <i>Plain Wing</i>	98
Gambar 4.89 Perbandingan <i>Friction Drag</i> dari <i>Riblets</i> dan <i>Plain Wing</i>	98
Gambar 4.90 Perbandingan <i>Pressure Drag Coefficient</i> dari <i>Riblets</i> dan <i>Plain Wing</i>	99



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

<u>Singkatan</u>	<u>Nama</u>	<u>Pemakaian Pertama</u> <u>Kali pada Halaman</u>
TKE	<i>Turbulent Kinetic Energy</i>	1
NACA	<i>National Advisory Committee for Aeronautic</i>	2
CFD	<i>Computational Fluid Dynamic</i>	2
AoA	<i>Angle of Attack</i>	3
C	<i>Chord</i>	14

Lambang

CL	<i>Lift coefficient</i>	vi
CD	<i>Drag coefficient</i>	vi
ρ	Massa jenis fluida, kg/m ³	8
m	Massa, kg	8
v	Volume, m ³	8
μ	Viskositas Dinamis	8
V	Viskositas Kinematis satuan	8
S	Luas Planform Sayap	16
L	Gaya Angkat	17
D	Gaya Hambat	17
A	Luas Frontal	17

DAFTAR PUSTAKA

- Baljit Singh Sidhu. (2016). *Riblets For Airfoil Drag Reduction In Subsonic Flow*. *Journal of Engineering and Applied Sciences* Vol. 11(12), 7697. Diambil dari <http://www.arpnjournals.com/>
- Batchelor, G.K. (1967). *An Introduction to Fluid Dynamics*. Great Britain: Cambridge University Press. reprint Publisher 2000.
- Dr. P. Maniirasan. (2015). *Reduction of Skin Friction Drag in Wings by Employing Riblets*. *International Journal of Engineering Research & Technology* Vol. 4(07), 47-50. doi: 10.17577/IJERTV4IS070025
- Dwisantoso D. (2011). Berat Jenis, 12–19.
- Hidayat, M Fajri. (2014). *Analisa Aerodinamika Airfoil NACA 0012 Dengan ANSYS FLUENT*. (Skripsi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, 2014). Diambil dari <https://docplayer.info/35373218-Analisa-aerodinamika-airfoil-naca-0012-dengan-ansys-fluent-abstrak.html>
- Houghton, E. ., Carpenter, P., Collicott, Steven, & Valentine. (2013). *Aerodynamics for Engineering Students (Sixth Edition)*. Amsterdam:Elsevier.
- Houghton, E. ., Carpenter, P., Collicott, Steven, & Valentine. (2017). *Aerodynamics for Engineering Students (Seventh Edition)*. Amsterdam:Elsevier.
- Kurniawan, Dicky. (2018). *Analisis Aerodinamika pada Sayap V-Tail UAV MALE (Unmanned Aerial Vehicle Medium Altitude Long Endurance) Akibat Laju Aliran Udara Dengan Menggunakan Software Computational Fluid Dynamic (CFD)*. (Tugas Akhir, Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri UII Yogyakarta, 2018).
- Lubis, M. Mirsal. (2012). *Analisis Aerodinamika Airfoil Naca 2412 Pada Sayap Pesawat Model Tipe Glider Dengan Menggunakan Software Berbasis Computational Fluid Dynamic Untuk Memperoleh Gaya Angkat Maksimum*. Departemen Teknik Mesin. Jurnal e-Dinamis, Vol. 2(02).

- Setyo Hariyadi S.P, Achmad Setiyo Prabowo. (2019). Studi Numerik Penggunaan *Vortex Generator* Pada *Wing Airfoil* NACA 43018. Diambil dari <https://ejournal.poltekbangsby.ac.id/index.php/jurnalpenelitian/article/view/303>
- O.A. El-Samni. (2007). *Drag Reduction of Turbulent Flow Over Thin Rectangular Riblets*. *International Journal of Engineering Science* Vol. 45(2-8), <https://doi.org/10.1016/j.ijengsci.2007.03.002>
- Rajagopal, Kousik Kumaar. (2015). *Reduction of Skin Friction Drag in Wings by Employing Riblets*. *International Journal of Engineering Research & Technology* Vol. 4(07), 47-50. doi: 10.17577/IJERTV4IS070025
- Putro, Setyo Hariyadi Suranto (2019) *Studi aerodinamika shifted downstream winglet untuk wing airfoil eppler 562 pada unmanned aerial vehicle*. Doctoral thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Tris Sugiarto. (2010). Analisa Karakteristik Airfoil Naca 4412 Dengan Metode Wind Tunnel. Intuisi Teknologi dan Seni.
- UIUC (Universitas Illinois Urbana-Champaign) Airfoil Data Site. Diambil 03 Januari 2020, dari http://mselig.ae.illinois.edu/ads/coord_database.html
- White T.F. (1998). *Fluid Mechanics Fourth Edition*. United States: McGraw-Hill *Series in Mechanical Engineering*.
- Wibisono, 2013. "Studi Karakteristik Aliran Tiga Dimensi Dan Perpindahan Panas Pada *Cascade Airfoil* Dengan Pengaruh *Clearance*". *JURNAL TEKNIK POMITS*, 2(1), pp.110–115.
- Sari, Mirna. (2018) *Optimasi Coefficient Lift (cl) Single Slotted Flap dan Double Slotted Flap Pada Pesawat N219 Menggunakan Simulasi Computational Fluid Dynamic*.
- Ryan Wicaksono, H., Hariyadi, S. ., & Bagus Harianto, B. (2023). ANALYSIS PERFORMANCE ADDING V-GROOVE RIBLETS ON FLAP WITH NACA 43018 AIRFOIL. *Proceeding of International Conference of Advance Transportation, Engineering, and Applied Social Science*, 2(1), 436–440. <https://doi.org/10.46491/icateas.v2i1.1688>
- Juanda Lefran Tonapa. (2023). Analisis Performa Aerodinamika Dengan

- Menambahkan U-Groove Riblets Pada Flap Dengan Airfoil NACA 43018.
- Sulton Hidayat, Setyo Hariyadi Suranto Putro, & Linda Winiasri. (2022). ANALISIS PERFORMA AERODINAMIKA PENAMBAHAN V-GROOVE RIBLETS PADA FLAP DENGAN AIRFOIL NACA 2414. *Prosiding SNITP (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)*, 5(2). <https://doi.org/10.46491/snitp.v5i2.1008>
- Hariyadi, setyo, & Arianti, N. W. (2020). ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN RECTANGULAR RIBLETS DAN V-GROOVE RIBLETS TERHADAP PERFORMA AERODINAMIK AIRFOIL NACA 2412. *Jurnal Penelitian*, 5(3), 203–213. <https://doi.org/10.46491/jp.v5i3.505>
- Tullis, S., & Pollard, A. (1993). The Time Dependent Flow Over V- And U-Groove Riblets Of Different Sizes. Canada, Department of Mechanical Engineering, Queen's University at Kingston.
- Saravi, S. S., & Cheng, P. K. (2013). A Review Of Drag Reduction By Riblets And Micro-Textures In The Turbulent Boundary Layers. London, School of Engineering and Design, Brunel University.
- Viswanath, P. R. (2002). Aircraft Viscous Drag Reduction Using Riblets. Bangalore, Experimental Aerodynamics Division, National Aerospace Laboratories.
- Mulvany, Nicholas et. Al. Steady State Evaluation of Two Equation RANS Turbulence Models for High Reynolds Number Hydrodynamic Flow Simulations, 2004.
- Ramadhan, Triawan (2016) *Analisa Performansi Flap Pesawat N-2XX Terhadap Perubahan Gap Dan Overlap Di PT. Dirgantara Indonesia*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Yustisia Firdaus. (2010). Analisa Pengaruh Bentuk Oscillating Part Pada Konversi Energi Vorteks Dengan Pemodelan Numerik. Institut Teknologi Sepuluh November