

**STUDI EKSPERIMEN *OIL FLOW VISUALIZATION* PADA AIRFOIL
NACA 4412 DENGAN PENAMBAHAN *WINGLET 90°***

PROYEK AKHIR



oleh:

MUHAMMAD AKBAR ANSOR

30421039

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

**STUDI EKSPERIMEN *OIL FLOW VISUALIZATION* PADA AIRFOIL NACA
4412 DENGAN PENAMBAHAN *WINGLET 90°***

PROYEK AKHIR

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



oleh:

MUHAMMAD AKBAR ANSOR

30421039

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

LEMBAR PERSETUJUAN

STUDI EKSPERIMEN *OIL FLOW VISUALIZATION* PADA AIRFOIL NACA 4412
DENGAN PENAMBAHAN *WINGLET 90°*

Oleh:

Muhammad Akbar Ansor
NIT.30421039

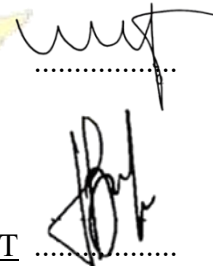
Disetujui untuk diujikan pada:
Surabaya, 15 Agustus 2024

Pembimbing I

: Dr. WILLY ARTHA W., ST, MT.
NIP. 19930718 202321 1 02

Pembimbing II

: BAMBANG BAGUS H, S.SiT., MM., MT
NIP. 19810915 200502 1 001



.....

.....

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMEN *OIL FLOW VISUALIZATION* PADA AIRFOIL NACA 4412 DENGAN PENAMBAHAN *WINGLET 90°*

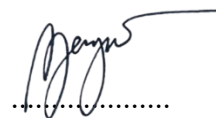
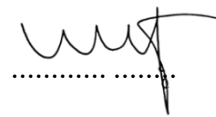
Oleh:

Muhammad Akbar Ansor
NIT.30421039

Telah dipertahankan dan dinyatakan lulus pada Ujian Tugas Akhir
Program Studi Diploma 3 Teknik Pesawat Udara 7 Bravo
Politeknik Penerbangan Surabaya
Pada tanggal 15 Agustus 2024

Panitia Penguji :

1. Ketua : DWIYANTO, ST, M.Pd
NIP. 19690420 199103 1 004
2. Sekretaris : AJENG WULANSARI S.T.,M.T
NIP. 19890606 200912 2 001
3. Anggota : Dr. WILLY ARTHA W., ST, MT
NIP. 19930718 202321 1 02


.....

.....

.....

Ketua Program Studi
D3 Teknik Pesawat Udara



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

ABSTRAK

STUDI EKSPERIMEN OIL *FLOW VISUALIZATION* PADA AIRFOIL NACA 4412 DENGAN PENAMBAHAN *WINGLET 90°*

Oleh :

Muhammad Akbar Ansor
NIT. 304421039

Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan terciptanya teknologi serta inovasi baru, seluruh aspek dunia terus mengalami kemajuan, tanpa terkecuali dunia penerbangan. Inovasi baru di bidang penerbangan ialah penambahan *winglet* untuk meningkatkan performa pada pesawat. Stabilitas karakteristik pesawat bisa didapatkan untuk memperkirakan manuver yang dilakukan oleh pesawat dari beberapa metode analisa aerodinamis, penelitian yang berguna memprediksi beban aerodinamis juga bisa diuji dengan menggunakan metode *wind tunnel*. Bagian dari pesawat yang juga harus diperhatikan dalam desain pembuatannya yaitu pemilihan *airfoil*.

Winglet adalah penambahan surface pada tip sayap pesawat yang dapat mengurangi aliran turbulen yang dihasilkan oleh wing tip. Airfoil NACA 4412 dengan penambahan *winglet* dengan sudut 90° dengan pengujian menggunakan *wind tunnel* laboratorium Aerodynamic hangar prodi teknik pesawat udara (TPU) Politeknik Penerbangan Surabaya. *Airfoil NACA 4412*, airfoil yang digunakan dengan wing span 300 mm yang di eksperimenkan pada variabel sudut serang (α) 0° , 4° , 10° , 12° , 15° , dan 17° dengan kecepatan 10 m/s.

Dari hasil eksperimen ini bisa memberikan informasi mengenai pengaruh penambahan *Forward Wingtip Fence* sepanjang 90° bahwa meningkatkan performa aerodinamis. Tanpa *winglet 90°*, koefisien lift (Cl) menurun dari 0,1231 pada 0° ke 0,0973 pada 4° . Dengan *winglet 90°*, Cl meningkat dari 0,1543 pada 0° ke 0,1212 pada 4° . Koefisien drag (Cd) tanpa *winglet 90°* menurun dari 0,0717 pada 0° ke 0,0661 pada 4° . Dengan *winglet 90°*, Cd stabil antara 0,0073 pada 10° hingga 17° . Ini menunjukkan *winglet 90°* efektif mempertahankan gaya angkat lebih tinggi dan hambatan lebih rendah, terutama pada sudut tinggi.

Kata kunci : *airfoil*, NACA 4412, *winglet 90°*

ABSTRACT

EXPERIMENTAL STUDY OF OIL FLOW VISUALIZATION ON NACA 4412 AIRFOIL WITH THE ADDITION OF WINGLET 90°

By :

Muhammad Akbar Ansor
NIT. 304421039

With the development of science and the creation of new technologies and innovations, all aspects of the world continue to progress, without exception the world of aviation. A new innovation in the field of aviation is the addition of winglets to improve the performance of the aircraft. Stability characteristics of the aircraft can be obtained to estimate the maneuvers performed by the aircraft from several aerodynamic analysis methods, research that is useful for predicting aerodynamic loads can also be tested using the wind tunnel method. Part of the aircraft that must also be considered in the design of its manufacture is the selection of airfoils.

Winglet is the addition of a surface on the tip of an aircraft wing that can reduce the turbulent flow generated by the wing tip. NACA 4412 airfoil with the addition of winglets with an angle of 90 ° with testing using the wind tunnel Aerodynamic laboratory hangar aircraft engineering program (TPU) Aviation Polytechnic Surabaya. NACA 4412 airfoil airfoil used with a wing span of 300 mm experimental at variable angle of attack (α) 0 °, 4 °, 10 °, 12 °, 15 °, and 17 ° with a speed of 10 m/s.

The experimental results can provide information on the effect of adding a 90° forward wingtip fence that improves aerodynamic performance. Without the 90° winglet, the lift coefficient (Cl) decreased from 0.1231 at 0° to 0.0973 at 4°. With the 90° winglet, Cl increases from 0.1543 at 0° to 0.1212 at 4°. The coefficient of drag (Cd) without the 90° winglet decreases from 0.0717 at 0° to 0.0661 at 4°. With the 90° winglet, Cd stabilizes between 0.0073 at 10° to 17°. This shows the 90° winglet effectively maintains higher lift and lower drag, especially at high angles.

Keywords: airfoil NACA 4412, winglet 90°

PERNYATAAN KEASLIAN DAN HAK CIPTA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Akbar Ansor
NIT : 30421039
Program Studi : D3 Teknik Pesawat Udara
Judul Tugas Akhir : STUDI EKSPERIMEN OIL *FLOW*
VISUALIZATION PADA AIRFOIL NACA 4412 DENGAN PENAMBAHAN
WINGLET 90°

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 ketidak benaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Politeknik Penerbangan Surabaya.

Surabaya, 15 Agustus 2024
Yang membuat pernyataan



Muhammad Akbar Ansor
NIT. 30421039

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penayang, kami panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya, sehingga dapat memberikan rahmat, hidayah, serta inayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan cukup baik yang berjudul “Studi Eksperimen Karakteristik Aerodinamika *Airfoil* NACA 4412 Dengan Penambahan *Winglet* 90° Dengan *Oil Visualization*” dengan baik dan lancar sesuai dengan waktu yang ditetapkan. 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 3 Teknik Pesawat Udara Politeknik Penerbangan Surabaya.
3. Bapak Dr. Willy Artha W., ST, MT, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Bapak Bambang Bagus H, S.SiT., MM., MT 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.

Surabaya, 15, Agustus 2024



MUHAMMAD AKBAR ANSOR

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika penulisan	5
BAB 2	6
2.1 Dasar Aerodinamika	6
2.2 Teori <i>Airfoil</i>	7
2.3 <i>Airfoil</i> NACA 4412	8
2.4 <i>Winglet</i>	8
2.5 Teori <i>Boundary Layer</i>	9
2.6 Teori Sudut Serang (<i>Angle Of Attack</i>)	10
2.7 Teori <i>Oil flow visualization</i>	11
2.8 Bilangan Reynolds	13
2.9 Blockage <i>Ratio</i>	13
2.10 <i>Wind Tunnel</i>	14
2.11 Penelitian Terdahulu	15
BAB 3	21
3.1. Desain Eksperimen	22
3.2. Benda Uji Eksperimen	22
3.3. Parameter Penelitian	23
3.4. Variabel Penelitian	25
3.3 Peralatan Penelitian	26
3.4 Langkah kerja	27
3.5 Teknik <i>oil flow visualization</i>	29
3.6 Pengambilan Data	30
3.7 Analisa Profil Upper Surface Airfoil	30
3.8 Perhitungan Koefisien Lift dan Koefisien Drag	31
3.9 Metode penggunaan imageJ	31
3.10 Lokasi dan Waktu penelitian	32

3.12.1 Tempat penelitian	32
3.12.2 Waktu penelitian.....	32
BAB 4.....	34
4.1 Gaya <i>Lift</i> dan <i>Drag</i>	34
4.2 Visualisasi Aliran dengan Oil Flow.....	38
4.3 Hasil Perbandingan Eksperimen.....	40
BAB 5.....	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA.....	45



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. 1 pesawat pertama	1
Gambar 1. 2 Bentuk airfoil.....	2
Gambar 2. 1 Gaya dalam pesawat terbang.....	6
Gambar 2. 2 bagian bagian airfoil.....	7
Gambar 2. 3 Airfoil NACA 4412.....	8
Gambar 2. 4 pengaruh winglet.....	9
Gambar 2. 5 Laminar Boundary Layer	10
Gambar 2. 6 Distribusi tekanan dengan variasi sudut serang	11
Gambar 2. 7 oil flow visualization.....	12
Gambar 2. 8 wind tunnel	14
Gambar 2. 9 Kontur Tekanan Surface Plain 15°	15
Gambar 2. 10 Kontur Tekanan Surface dengan forward winglet 15°	16
Gambar 2. 11 karakteristik aliran disekitar airfoil 0°	17
Gambar 2. 12 karakteristik aliran disekitar airfoil 5°	17
Gambar 2. 13 karakteristik aliran disekitar airfoil 10°	17
Gambar 2. 14 karakteristik aliran disekitar airfoil 15°	17
Gambar 3. 1 Flowchart rancangan penelitian	21
Gambar 3. 2 airfoil NACA 4412	22
Gambar 3. 3 model airfoil	24
Gambar 3. 4 wind tunnel	26
Gambar 3. 5 wind tunnel	28
Gambar 3. 6 skema peletakan airfoil pada wind tunnel	29
Gambar 4. 1 grafik Analisa plain airfoil NACA 4412	35
Gambar 4. 2 grafik Analisa airfoil NACA 4412 dengan winglet 90°	36
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan CL Plain Airfoil dengan winglet 90°	37
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan CD plain Airfoil dengan winglet 90°	38
Gambar 4. 5 Hasil visualisasi <i>oil flow</i>	39
Gambar 4. 6 Visualisasi menggunakan software imgeJ.....	41

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Parameter airfoil.....	24
Tabel 3. 2 Tabel yang akan digunakan untuk hasil dari penelitian yang dilakukan ...	30
Tabel 3. 3 Timeline pengerjaan penelitian.....	33
Tabel 4. 1 Hasil analisa plain airfoil NACA 4412	34
Tabel 4. 2 Hasil analisa airfoil NACA 4412 dengan winglet 90°	35



DAFTAR PUSTAKA

- Azmi, A. A., Wahyudi, & Nugroho, A. W. (2019). Simulasi Penerapan End Plate Wing Tip Devices pada Pesawat Model Unmanned Aerial Vehicle Jenis Fixed Wing Glider. *JMPM | Jurnal Material dan Proses Manufaktur* Vol.3, No.2, 66-74, Desember 2019.
- Effendy, M., & Muchlisin. (2019). Studi Eksperimental dan Simulasi Numerik Karakteristik Aerodinamika Airfoil NACA 4412. Effendy dan Muchlisin / *ROTASI*, Vol. 21 No. 3 (Juli 2019) Hal. 147-154.
- Firmansyah, O. A. (2017). STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PERBESARAN DIMENSI DAN KONFIGURASI COUNTER-ROTATING TURBIN TERHADAP PERFORMANSI TURBIN ARUS LAUT VERTICAL AXIS STRAIGHT BLADE CASCADE. DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS Faculty of Industrial Technology Sepuluh Nopember Institute of Technology Surabaya 2017.
- Hariyadi, S. (2016). STUDI NUMERIK EFEK PERBANDINGAN PENAMBAHAN WINGTIP FENCE DAN BLENDED WINGLET TERHADAP PERFORMA AERODINAMIKA AIRFOIL NACA 23018. Hariyadi, S., *Jurnal ROTOR*, Edisi Khusus No. 2, Desember 2016.
- Hariyadi, S., & Sagala, M. (2020). STUDI EKSPERIMEN TUFT FLOW VISUALIZATION PADA FORWARD WINGTIP FENCE CANT ANGLE 75o TERHADAP KINERJA AERODINAMIKA WING AIRFOIL E562. *Approach : Jurnal Teknologi Penerbangan*, ISSN : 2548 – 8090 e – ISSN : 2548 – 8104 VOL. 4 No. 1 April 2020.
- Hariyadi, S., Suryono, W., Junipitoyo, B., & Supriadi. (2017). Analisis Aerodinamika Pada Wingtip Fence Cessna 172 di Laboratorium Teknik Pesawat Udara ATKP Surabaya. Volume 01 Nomor 02 Tahun 2017.
- Kusumaningrum, S. S., Marausna, G., Jayadi, F., & Soemaryanto, A. R. (2021). Analisis Aerodinamika Penambahan Winglet Pada Sayap Pesawat LSU-02 Ngld Dengan Variasi Canted Angle. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 7(2), 247-254.
- Nugroho, E. A. (2021). STUDI EKSPERIMEN PENGARUH PENGGUNAAN RECTANGULAR VORTEX GENERATOR SUSUNAN COUNTER-ROTATING PADA AIRFOIL EPPLER 562 DENGAN OIL VISUALIZATION (Doctoral dissertation, POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA).
- Karthikeyan, N. (2021). Experimental Studies on the effect of Leading edge Tubercles on Laminar Separation Bubble
- Jumini, S. (2018). Gaya aerodinamik dalam penerbangan perspektif QS An-Nahl: 79. *Syariati: Jurnal Studi Al-Qur'an dan Hukum*, 4(02), 143-152.

- Wicaksono, M. F. A., Pohan, G. A., & Hidayath, I. T. (2022). Analisa aerodinamika airfoil pesawat dengan pendekatan computational fluid dynamic dan wind tunnel. *Jurnal Flywheel*, 13(1), 21-35.
- Rahmawan, E. (2017). Analisis Kestabilan Aerodinamika Pada Rudder Pesawat Terbang N2Xx Pada Kondisi Left Engine Inoperatif (Lei). *ROTOR*, 53-57.
- Whindrachaya, A. A. M., & Sutardi, S. (2016). Studi Numerik Karakteristik Boundary Layer Turbulen pada Pelat Datar dengan Alur Melintang Tipe-D (Doctoral dissertation, Sepuluh Nopember Institute of Technology).
- Hidayat, M. F. (2014). Analisa Aerodinamika Airfoil NACA 0012 dengan Ansys Fluent. *Jurnal Kajian Teknologi*, 10(2).
- Whindrachaya, A. A. M., & Sutardi, S. (2016). Studi Numerik Karakteristik Boundary Layer Turbulen pada Pelat Datar dengan Alur Melintang Tipe-D (Doctoral dissertation, Sepuluh Nopember Institute of Technology).
- Fitrikananda, B. P. (2020). Studi Pengembangan Dan Pemanfaatan Winglet Untuk Meningkatkan Performansi Pesawat. *Jurnal: Industri Elektro dan Penerbangan*, 4(1).
- Genç, M. S., Koca, K., Açikel, H. H., Özkan, G., Kırış, M. S., & Yıldız, R. (2016). Flow characteristics over NACA4412 airfoil at low Reynolds number. In *EPJ web of conferences* (Vol. 114, p. 02029). EDP Sciences.
- Fakhrudin, M., Wicaksono, H., Baananto, F., Firmansyah, H. I., Sari, N. P., Muzaki, M., & Hardyanto, N. D. (2021). OPTIMASI AERODINAMIKA BODI MOBIL HEMAT ENERGI KEN DEDES ELECTRIC EVO 3 MENGGUNAKAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD). *Eksergi: Jurnal Teknik Energi*, 17(1), 36-45.
- Dhakal, S., Bhattarai, K. R., & Sanjay, M. (2023). Computational Analysis of the Aerodynamic Performance of NACA 4412 and NACA 23012 Airfoils.
- Fadholi, A. (2013). Studi Pengaruh Suhu Dan Tekanan Udara Terhadap Daya Angkat Pesawat Di Bandara S. Babullah Ternate. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*.
- Vey, S., Lang, H. M., Nayeri, C. N., Paschereit, C. O., & Pechlivanoglou, G. (2014, June). Extracting quantitative data from tuft flow visualizations on utility scale wind turbines. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 524, No. 1, p. 012011). IOP Publishing.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



MUHAMMAD AKBAR ANSOR, lahir di SIDOARJO, 15 Maret 2003, anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Abdul Kholiq dan Ibu Yenny Raicha . Bertempat tinggal di Desa Bebekan Kecamatan Taman Kabupaten Sidoarjo. Memulai Pendidikan di TK Aisyiah Bebekan pada tahun 2007 dan lulus pada tahun 2009. Melanjutkan Pendidikan sekolah dasar di SD DARUL ILMI Surabaya pada tahun 2009 dan lulus pada tahun 2015. Setelah itu masuk SMP ULUL ALBAB pada tahun 2015 dan lulus pada tahun 2018. Selanjutnya masuk ke SMA WACHID HASYIM 2 TAMAN pada tahun 2018 dan lulus pada tahun 2021.

Kemudian pada tahun 2021 diterima sebagai taruna Politeknik Penerbangan Surabaya pada Progam Studi Diploma III Teknik Pesawat Udara Angkatan VII Bravo sampai dengan saat ini. Selama mengikuti pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya, mengikuti *On the Job Training* (OJT) pertama di AKADEMI PENERBANG INDONESIA Banyuwangi pada 1 APRIL hingga 30 JUNI 2024.

Setelah menyelesaikan pendidikan di Politeknik Penerbangan Surabaya, penulis ingin bekerja di Airlines dan menjadi seorang insan perhubungan yang bertanggung jawab, disiplin dan bisa berguna bagi Bangsa dan Negara. Kemudian tidak lupa penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT yang selalu memberikan rahmat,taufik, dan hidayah-Nya serta tidak lupa kepada orang tua yang selalu mendukung dan mendoakan di setiap kegiatan penulis mulai dari awal hingga sekarang. Tidak ada nafas sedikitpun tanpa ada ridho dan izin Allah. Begitupun dengan musibah, tidak ada satupun tanpa kehendak-Nya. Allah tidak semata-mata mendatangkan cobaan dan musibah tanpa ada suatu pembelajaran dan sesuaidengan kemampuan hamba-Nya.