



**ANALISIS PENGARUH *WINGLET* PADA SAYAP PESAWAT T-34C-1 DENGAN VARIASI SUDUT TEKUK MENGGUNAKAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS***

**SKRIPSI**

**RISKIATI IHSANI**

**1810311011**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**2022**



**ANALISIS PENGARUH *WINGLET* PADA SAYAP PESAWAT T-34C-1 DENGAN VARIASI SUDUT TEKUK MENGGUNAKAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS***

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**RISKIATI IHSANI**

**1810311011**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**2022**

## PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh:

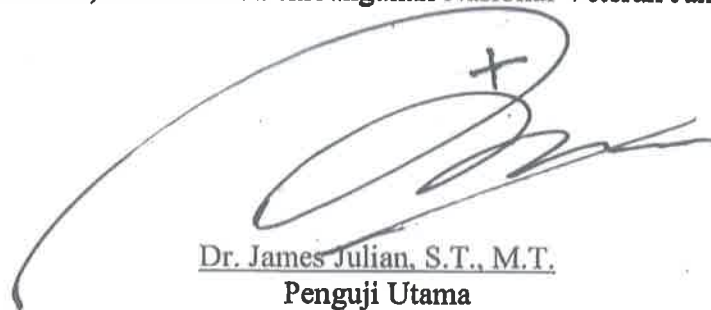
Nama : Riskiati Ihsani

NIM : 1810311011

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Winglet Pada Sayap Pesawat T-34C-1  
Dengan Variasi Sudut Tekuk Menggunakan Metode  
*Computational Fluid Dynamics*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Dr. James Julian, S.T., M.T.  
Penguji Utama



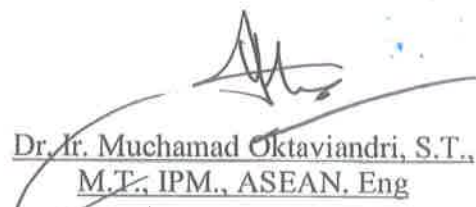
Dr. Fayza Yulia, S.T., M.T.  
Penguji Lembaga



Dr. Damora Rakhasywi, M.T.  
Penguji/Pembimbing I



Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc, M.Si., IPU  
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T.,  
M.T., IPM., ASEAN. Eng  
Ka. Program Studi

Ditetapkan di: Jakarta

Tanggal Ujian: 29 Juni 2022

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Riskiati Ihsani

NIM : 1810311011

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Winglet Pada Sayap Pesawat T-34C-1  
Dengan Variasi Sudut Tekuk Menggunakan Metode  
*Computational Fluid Dynamics*

Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai arahan oleh dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui

**Pembimbing I**



Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T., IPP.

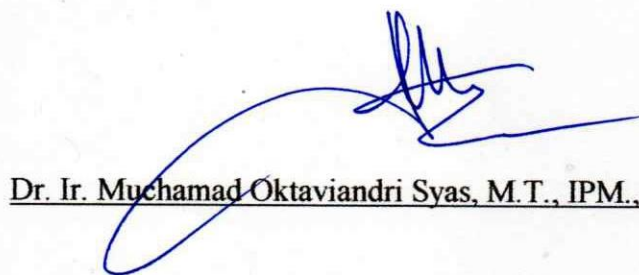
**Pembimbing II**



Fahrudin, S.T., M.T

Mengetahui

Kepala Progam Studi Teknik Mesin



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri Syas, M.T., IPM., P.Eng., ASEAN.Eng.

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Riskiati Ihsani  
NIM : 1810311011  
Program Studi : Teknik Mesin

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 08 Juli 2022

Yang menyatakan



(Riskiati Ihsani)

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta,  
Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Riskiati Ihsani  
NIM : 1810311011  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Rights*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

ANALISIS PENGARUH WINGLET PADA PESAWAT T-34C-1 DENGAN VARIASI SUDUT TEKUK MENGGUNAKAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mengaplikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada Tanggal : 08 Juli 2022

Yang menyatakan,



(Riskiati Ihsani)

# ANALISIS PENGARUH WINGLET PADA SAYAP PESAWAT T-34C-1 DENGAN VARIASI SUDUT TEKUK MENGUNAKAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*

**Riskiati Ihsani**

## ABSTRAK

Peningkatan harga bahan bakar berdampak pada dunia penerbangan yang menyebabkan banyak pihak berusaha meningkatkan efisiensi bahan bakar dengan cara meningkatkan efektivitas penerbangan. Sebagai salah satu inovasi yang dilakukan dengan modifikasi pada sayap seperti *winglet*. *Winglet* merupakan perangkat tambahan yang dipasang pada ujung sayap untuk meredam *vortex* dan meningkatkan gaya angkat. Penelitian ini membahas pengaruh penambahan *winglet* dengan variasi sudut tekuk pada sayap pesawat T-34C-1 terhadap gaya angkat dan gaya hambat pada kondisi terbang jelajah. Penelitian dilakukan dengan pendekatan secara simulasi numerik dengan memvariasikan sudut tekuk *winglet* sebesar 15°, 30°, 45°, 60°, 75° dengan kecepatan konstan dan menghitung efisiensi bahan bakar setelah penambahan *winglet* menggunakan persamaan breguet. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada sayap dengan *winglet* menghasilkan unjuk kerja terbaik pada sudut serang 9° sedangkan sayap tanpa *winglet* menghasilkan unjuk kerja terbaik pada sudut serang 3°. Dari analisis data  $C_L$  dan  $C_D$  diketahui penambahan *winglet* berpengaruh terhadap penurunan *induced drag* hingga 53% dan efisiensi bahan bakar yang terjadi mengalami kenaikan mulai dari 57,9% sebagai kenaikan terbesar dan 6,72% sebagai kenaikan bahan bakar terkecil. Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan *winglet* pada sayap pesawat mempengaruhi efisiensi aerodinamis, efisiensi bahan bakar dan tingkat *induced drag* pada sayap.

Kata Kunci : *Winglet*, Sayap, Bahan Bakar dan *Computational Fluid Dynamics*.

# ANALYSIS OF THE EFFECT OF WINGLET ON T-34C-1 AIRCRAFT WINGS WITH VARIATIONS OF CANT ANGLE USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS APPROACH

**Riskiati Ihsani**

## **ABSTRACT**

*The increase in fuel prices has an impact on the world of aviation, which causes many parties to try to improve fuel efficiency by increasing flight effectiveness. As one of the innovations made with modifications on the wings, such as winglets. A Winglet is an additional device that is put on the wingtip to reduce the vortex and increase lift. This research discussed the effect of winglet addition with variations of cant angle on the wings of the T-34C-1 aircraft to lift and drag forces in cruise conditions. The research was conducted using a numerical simulation approach by varying the winglet cant angle were 15°, 30°, 45°, 60°, 75° at constant speed and calculating fuel efficiency after winglet addition using the Breguet equation. The simulation results indicated that the wing with winglets produced the best performance at an angle of attack of 9° while the wing without winglets produced the best performance at an angle of attack 3°. From the  $C_L$  and  $C_D$  data analysis, it was known that winglet addition effected induced drag decrease to 53% and the fuel efficiency that happened increased from 57.9% as the highest increase and 6.72% as the lowest increase in fuel. Based on the results of the research, it can be concluded that winglet addition on aircraft wings affects aerodynamic efficiency, fuel efficiency and the level of induced drag on the wings.*

**Keywords :** *Winglet, Wing, Fuel and Computational Fluid Dynamics.*



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ **Analisis Pengaruh Winglet Pada Sayap Pesawat T-34C-1 Dengan Variasi Sudut Tekuk Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics**” dapat diselesaikan dengan baik. Pembuatan skripsi ini bertujuan dalam rangka memenuhi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di jurusan Teknik Mesin Universitas Pembangunan Veteran Jakarta (UPNVJ).

Penulis menyadari bahwa penelitian ini dapat terwujud dan selesai karena banyak-nya dukungan, bimbingan, dorongan dan bantuan baik dari segi material maupun nonmaterial dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung sehingga laporan ini dapat terselesaikan dengan baik dalam waktu yang telah ditentukan. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT atas segala rahmat dan karunianya penulis diberikan kemudahan untuk dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.
2. Kedua Orang Tua, Adik saya Laura dan keluarga yang selalu memberikan dukungan disegala kondisi.
3. Bapak Dr. Damora Rhakasywi, ST, MT dan Bapak Fahrudin, ST, MT selaku dosen pembimbing 1 dan dosen pembimbing 2 yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan ini.
4. Bapak Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
5. Seluruh teman-teman Teknik Mesin 2018 yang selalu memberikan dukungan serta motivasi dalam penulisan skripsi ini.
6. Serta semua pihak lainnya yang tidak bisa dituliskan penulis satu per satu yang telah membantu selama pembuatan skripsi ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis memohon maaf kepada para pembaca jika terdapat kekurangan atau kesalahan, dan penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan semua pihak pada umumnya.

Jakarta, 29 Juni 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	v
ABSTRAK .....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	<i>vii</i>
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
NOMENKLATUR .....	xvii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Airfoil .....	5
2.1.1 Karakteristik Airfoil .....	7
2.1.2 Gaya-Gaya Pada Airfoil.....	8
2.2 <i>Winglet</i> .....	9

2.2.1	Tipe-Tipe <i>Winglet</i> .....	13
2.3	<i>Reynold Number</i> .....	13
2.4	Konsumsi Bahan Bakar .....	14
2.5	<i>Computational Fluid Dynamics</i> .....	15
2.5.1	Proses CFD .....	16
<b>BAB 3</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>19</b>
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian .....	19
3.2	Alat dan Bahan .....	19
3.2.1	Alat yang digunakan .....	19
3.2.2	Bahan Penelitian.....	20
3.3	Diagram Alir.....	20
3.4	Definisi Geometri Parameter Sayap dan <i>Winglet</i> .....	21
3.5	Geometri Sayap dan <i>Winglet</i> .....	23
3.6	Metode Simulasi.....	24
3.6.1	<i>Pre-Processing</i> .....	24
3.6.2	<i>Processing</i> .....	29
3.6.3	<i>Post-Processing</i> .....	31
3.7	Diagram Simulasi .....	32
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>33</b>
4.1	<i>Mesh Indenpedence Test</i> .....	33
4.2	Data Hasil Simulasi .....	34
4.2.1	Sayap Tanpa Modifikasi Penambahan <i>Winglet</i> .....	34
4.2.2	Analisis Pengaruh Penambahan <i>Winglet</i> pada Sayap dengan variasi sudut tekuk terhadap Koefisien gaya angkat dan Koefisien gaya hambat .....	35
4.2.3	Perbandingan Unjuk Kerja Sayap Pesawat .....	37
4.3	Analisis Pengaruh <i>Winglet</i> .....	40

4.4	Konsumsi Bahan Bakar .....	41
4.4.1	Validasi Perhitungan Efek Penambahan Winglet terhadap Konsumsi Bahan Bakar .....	43
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>45</b>
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>RIWAYAT HIDUP</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Definisi Airfoil .....	5
Gambar 2.2 Nomenclature Airfoil .....	6
Gambar 2.3 NACA 23012 dalam 2D .....	7
Gambar 2.4 Skematik antara variasi $C_L$ angkat dengan $\alpha$ pada airfoil .....	7
Gambar 2.5 Gaya pada Airfoil .....	8
Gambar 2.6. Ilustrasi hubungan <i>vortex</i> dengan <i>downwash</i> .....	10
Gambar 2.7 Perbedaan <i>vortex</i> pada ujung sayap pesawat.....	11
Gambar 2.8 Ilustrasi <i>Induced Drag</i> .....	11
Gambar 2.9 Tipe <i>Wing Tip Devices</i> .....	13
Gambar 2.10 Tiga disiplin ilmu dalam CFD.....	15
Gambar 2.11 Tiga pendekatan dasar penyelesaian masalah dinamika fluida .....	16
Gambar 2.12 Hubungan 3 proses analisis CFD .....	17
Gambar 3.1 <i>Dashboard</i> perangkat lunak CAD .....	19
Gambar 3.2. Perangkat Lunak CFD .....	20
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian .....	21
Gambar 3.4 Parameter geometri sayap .....	21
Gambar 3.5 <i>Morphing Geometry Definition</i> .....	22
Gambar 3.6 Model geometri sayap 3D menggunakan CAD .....	23
Gambar 3.7 Geometri <i>Winglet</i> oleh Whitcomb.....	23
Gambar 3. 8 Model geometri sayap 3D menggunakan CAD .....	24
Gambar 3.9 Pemodelan domain dan sayap 3D pada sayap perangkat lunak CFD. .....	25
Gambar 3.10 <i>Meshing</i> geometri .....	26
Gambar 3.11 <i>Named Selection</i> .....	27
Gambar 3.12 <i>Mesh Metric Orthogonal Quality</i> .....	27
Gambar 3.13 Kondisi batas .....	28
Gambar 3.14 <i>Launcher double precision</i> .....	29
Gambar 3.15 <i>General Set Up</i> yang digunakan.....	30
Gambar 3.16 <i>Set Up Parameter Model</i> .....	30
Gambar 3.17 Diagram Alir Simulasi .....	32

Gambar 4.1 Grafik <i>Mesh Independent Test</i> .....	34
Gambar 4.2 Grafik CL dan CD sayap tanpa <i>winglet</i> terhadap AoA .....	34
Gambar 4.3 Grafik Koefisien <i>lift</i> terhadap AoA .....	35
Gambar 4.4 Koefisien <i>drag</i> terhadap AoA .....	36
Gambar 4.5 Perbandingan Unjuk Kerja Sayap .....	38
Gambar 4.6 Perbandingan CL simulasi dengan penelitian M. Jalu.....	38
Gambar 4.7 Perbandingan Hasil CD dengan Penelitian M.Jalu .....	39
Gambar 4.8 Hasil penelitian Sormin.....	43

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data geometri sayap T-34C-1 .....	22
Tabel 3.2 Data Geometri <i>Winglet</i> .....	23
Tabel 3.3 Properti Atmosfer.....	28
Tabel 4.1 Tabel <i>Element Size</i> .....	33
Tabel 4.2 <i>Induced Drag</i> pada AoA 3° .....	40
Tabel 4.3. Material dan Massa <i>Winglet</i> .....	41
Tabel 4.4 Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar.....	41
Tabel 4.5 Konsumsi Bahan Bakar Penelitian Sebelumnya.....	43



## **DAFTAR LAMPIRAN**

**LAMPIRAN 1.** Koordinat Airfoil 23012

**LAMPIRAN 2.** Tabel Properti *Atmosphere*

**LAMPIRAN 3.** Koefisien Gaya Pada Penelitian M.Jalu

**LAMPIRAN 4.** Kontur Kecepatan AoA 18°

**LAMPIRAN 5.** Kontur Tekanan AoA 18°

**LAMPIRAN 6.** Kontur *Streamline*

**LAMPIRAN 7.** Geometri Sayap Tanpa *Winglet*

**LAMPIRAN 8.** Geometri Sayap Dengan *Winglet*

## NOMENKLATUR

$C_L$	Koefisien gaya angkat
$C_D$	Koefisien gaya hambat
$C_{DI}$	Koefisien <i>induced drag</i>
$F_L$	Gaya angkat
$F_D$	Gaya hambat
$V$	Kecepatan
$U$	Kecepatan karakteristik fluida
$L$	Panjang Chord
$sfc$	<i>Specific fuel Consumption</i>
$B$	<i>Breguet Fuel Consumption</i>
$AoA$	<i>Angle of attack</i>
$\rho$	Densitas
$g$	Gravitasi
$P$	Tekanan
$A$	Luas permukaan
$\mu$	Viskositas
$\nabla$	Operator gradien
$\partial$	Turunan
$Re$	<i>Reynold number</i>
$W_{inial}$	Berat Maksimum pesawat diizinkan terbang
$W_{final}$	Berat maksimum <i>take off</i> dikurang dengan bahan bakar