

**ANALISIS PENGARUH *WINGLET* TIPE *SHARKLET* TERHADAP GAYA  
AERODINAMIKA DAN ALIRAN *VORTEX* PADA SAYAP PESAWAT  
AIRBUS A320 MENGGUNAKAN *COMPUTATIONAL FLUID  
DYNAMICS (CFD)***



PUJI ADI PRABOWO  
41318120060

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2020

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH *WINGLET* TIPE *SHARKLET* TERHADAP GAYA  
AERODINAMIKA DAN ALIRAN *VORTEX* PADA SAYAP PESAWAT  
AIRBUS A320 MENGGUNAKAN *COMPUTATIONAL FLUID  
DYNAMICS* (CFD)



Disusun oleh:

Nama : Puji Adi Prabowo  
NIM : 41318120060  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
SEPTEMBER 2020

## HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH *WINGLET* TIPE *SHARKLET* TERHADAP GAYA  
AERODINAMIKA DAN ALIRAN *VORTEX* PADA SAYAP PESAWAT  
AIRBUS A320 MENGGUNAKAN *COMPUTATIONAL FLUID  
DYNAMICS (CFD)*



Disusun oleh:

Nama : Puji Adi Prabowo

NIM : 41318120060

Program Studi : Teknik Mesin


Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing

Pada tanggal: 09 Maret 2021

Mengetahui

Dosen Pembimbing

Koordinator Tugas Akhir

  
Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng  
NIP. 216910097

  
  
Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng  
NIP. 216910097

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Puji Adi Prabowo

NIM : 41318120060

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Kerja Praktik : Analisis Pengaruh *Winglet* Tipe *Sharklet* terhadap Gaya Aerodinamika dan Aliran *Vortex* pada Pesawat Airbus A320 Menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD)

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 09 Maret 2021



Puji Adi Prabowo

## PENGHARGAAN

Alhamdulillah segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala karunia dan ridho-NYA, sehingga tugas akhir dengan judul **“Analisis Pengaruh Winglet Tipe Sharklet terhadap Gaya Aerodinamika dan Aliran Vortex pada Pesawat Airbus A320 Menggunakan Computational Fluid Dynamics (CFD)”** ini dapat diselesaikan. Tugas akhir ini disusun guna sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana teknik dalam bidang keahlian Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Nanang Ruhyat, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin.
2. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
3. Orang tua yang senantiasa memberikan semangat dan doa.
4. Istriku tercinta yang selalu memberi dukungan dan motivasi dalam proses pembuatan tugas akhir ini.
5. Kawan-kawan seperjuangan Teknik Mesin Kelas Karyawan Universitas Mercu Buana.

Akhir kata penulis menyadari banyak kekurangan dan kelemahan dalam penyajian tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak yang sifatnya membangun demi perbaikan dimasa yang akan datang dan mohon maaf jika banyak kesalahan di dalam pembuatan tugas akhir ini. Semoga bermanfaat.

Penulis



Puji Adi Prabowo

## ABSTRAK

Aerodinamika pada pesawat merupakan hal yang wajib diperhatikan dalam mendesain pesawat terbang pada umumnya, salah satunya adalah mendesain sayap pesawat. *Winglet* merupakan desain bentuk khusus pada ujung sayap untuk mengurangi pengaruh putaran udara (*vortex*) di ujung sayap. Semakin besar *vortex* semakin besar pula gaya hambatnya, tentunya hal ini sangat merugikan kinerja pesawat dimana pesawat memerlukan gaya angkat setinggi-tingginya dan gaya hambat serendah-rendahnya. Untuk mengatasi masalah tersebut para perancang sayap pesawat mulai mendesain *winglet*. Setiap tipe *winglet* memiliki pengaruh tersendiri terhadap nilai koefisien *lift* (CL) dan koefisien *drag* (CD). Diperlukan analisis desain terlebih dahulu untuk mengetahui tipe *winglet* yang sesuai untuk peningkatan pada pesawat. Dalam penelitian ini, *winglet* yang akan dianalisis adalah *winglet* yang terpasang pada pesawat Airbus A320 yaitu, *winglet* tipe *sharklet*. *Sharklet* merupakan standar *winglet* yang digunakan pada semua model baru pesawat Airbus A320. Penelitian ini akan menganalisis desain sayap pesawat Airbus A320 dengan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD) terhadap variasi sudut serang dari sayap yang menggunakan *winglet* tipe *sharklet* dan sayap tanpa *winglet*. Analisis ini dilakukan untuk menganalisis gaya aerodinamika yang di timbulkan yaitu, perbedaan koefisien *lift*, koefisien *drag* dan aliran *vortex* pada model 3D satu sisi sayap pesawat Airbus A320 dengan kondisi kecepatan lepas landas yang sama menggunakan software ANSYS. Dari hasil analisis efisiensi suatu sayap berdasarkan nilai *lift/drag ratio* didapatkan sayap dengan *winglet* tipe *sharklet* lebih baik dari pada sayap tanpa *winglet*.

**Kata kunci:** Airbus A320, *winglet*, *sharklet*, *vortex*, *Computational fluid dynamic* (CFD)

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

**ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF SHARKLET TYPE WINGLET ON  
AERODYNAMIC FORCES AND VORTEX FLOW ON AIRCRAFT  
WINGS AIRBUS A320 USES COMPUTATED LIQUID  
DYNAMICS (CFD)**

**ABSTRACT**

*Aerodynamics in aircraft is something that must be considered in designing an airplane in general, one of which is designing the aircraft wings. Winglet is a special shape design on the wing tip to reduce air rotation (vortex) at the wing tip. The bigger the vortex the greater the drag force, of course this is very detrimental to the performance of the aircraft where the aircraft requires high lift and lowest drag. To overcome this problem, aircraft wing designers began designing winglets. Each type of winglet has an influence on the value of the lift coefficient (CL) and the drag coefficient (CD). Analysis is needed beforehand to determine the type of winglet that is suitable for upgrading the aircraft. In this study, the winglets to be analyzed are the winglets installed on the Airbus A320, namely the sharklet type winglet. The Sharklet is the standard winglet used on all new Airbus A320 models. This study will analyze the wing design of the Airbus A320 aircraft with the Computational Fluid Dynamic (CFD) method on the variation of the angle of attack of the wing using the sharklet type winglet and wingless wing. This analysis is carried out to analyze the aerodynamic force that is generated, namely, the lift coefficient, the drag coefficient and the vortex flow in a 3D model of a wing of an Airbus A320 aircraft with takeoff speed conditions using ANSYS software. From the results of the analysis of the efficiency of a wing based on the value of lift / drag ratio, the wing with the sharklet type winglet is better than the wing without winglet.*

**Keywords:** Airbus A320, winglet, sharklet, vortex, Computational Fluid Dynamic (CFD)

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>iii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN	3
1.4. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.5. SISTEMATIKA PENULISAN	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1. AIRBUS A320	5
2.2. GAYA AERODINAMIKA	6
2.2.1. Gaya Angkat ( <i>Lift</i> )	7
2.2.2. Gaya Hambat ( <i>Drag</i> )	8
2.2.3. Gaya Berat ( <i>Weight</i> )	11
2.2.4. Gaya Dorong ( <i>Thrust</i> )	11
2.2.5. <i>Lift/Drag Ratio</i>	12
2.3. GEOMETRI SAYAP	14
2.3.1. <i>Gross Wing Area</i> (S)	14
2.3.2. <i>Net Wing Area</i>	14



2.3.3. <i>Wing Span</i> (b)	15
2.3.4. <i>Average Chord</i> (Cav)	16
2.3.5. <i>Aspect Ratio</i> (AR)	16
2.4. <i>AIRFOIL</i>	16
2.4.1. Terminologi Airfoil	16
2.4.2. Bentuk <i>Airfoil</i>	18
2.5. <i>WINGLET</i>	20
2.5.1. Tipe-Tipe <i>Winglet</i>	20
2.5.2. Kelebihan dan Kekurangan <i>Winglet</i>	22
2.6. <i>COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC</i> (CFD)	23
2.6.1. <i>Grid</i>	25
2.6.2. Langkah-Langkah CFD	26
2.7. PERSAMAAN KONTINUITAS	29
2.8. PENELITIAN TERDAHULU	30
<b>BAB III METODOLOGI</b>	<b>38</b>
3.1. METODOLOGI PENELITIAN	38
3.1.1. Sistematika Penelitian	38
3.1.2. Pengambilan Data	43
3.1.3. Pelaksanaan Simulasi CFD	49
3.1.4. Proses Analisis Data	59
3.2. ALAT DAN BAHAN	63
3.2.1 Alat Penelitian	63
3.2.2 Bahan Penelitian	64
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>65</b>
4.1. PENDAHULUAN	65

4.2. HASIL PENELITIAN	66
4.2.1. Analisis Koefisien <i>Lift</i>	67
4.2.2. Analisis Koefisien <i>Drag</i>	69
4.2.3. Analisis <i>Lift/Drag Ratio</i>	71
4.2.4. Analisis Simulasi Aliran <i>Vortex</i>	73
4.3. PEMBAHASAN	74
4.3.1. Pembahasan Perbandingan Koefisien <i>Lift</i>	74
4.3.2. Pembahasan Perbandingan Koefisien <i>Drag</i>	76
4.3.3. Pembahasan Perbandingan <i>Lift/Drag Ratio</i>	77
4.3.4. Pembahasan Perbandingan Aliran <i>Vortex</i>	80
<b>BAB V PENUTUP</b>	<b>82</b>
5.1. KESIMPULAN	82
5.2. SARAN	83
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>84</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>87</b>
LAMPIRAN A. DIMENSI SAYAP AIRBUS A320	87
LAMPIRAN B. DIMENSI SHARKLET AIRBUS A320	89
LAMPIRAN C. TABEL PEMILIHAN HIPOTESIS	91
LAMPIRAN D. LANGKAH ANALISIS <i>INDEPENDENT SAMPLE T-TEST</i> MENGUNAKAN SPSS	92
LAMPIRAN E. LANGKAH ANALISIS REGRESI LINEAR SEDERHANA MENGUNAKAN <i>MICROSOFT EXCEL</i>	96

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. <i>Sharklet</i>	2
Gambar 2.1. Pesawat AirAsia Jenis Airbus A320	5
Gambar 2.2. Gaya Aerodinamika Pesawat	7
Gambar 2.3. <i>Interference Drag</i>	10
Gambar 2.4. <i>Wingtip Vortex</i>	10
Gambar 2.5. Aliran <i>Vortex</i>	11
Gambar 2.6. Grafik Koefisien <i>Lift</i> (CL) dan Koefisien <i>Drag</i> (CD) terhadap Variasi Sudut Serang	13
Gambar 2.7. Grafik <i>Lift/Drag Ratio</i> terhadap Variasi Sudut Serang	13
Gambar 2.8. <i>Gross Wing Area</i>	14
Gambar 2.9. <i>Net Wing Area</i>	15
Gambar 2.10. <i>Wing Span</i>	15
Gambar 2.11. Terminologi <i>Airfoil</i>	17
Gambar 2.12. <i>High Lift Airfoil</i>	18
Gambar 2.13. <i>General Purpose Airfoil</i>	18
Gambar 2.14. <i>Supercritical Airfoil</i>	19
Gambar 2.15. <i>Supercritical Airfoil</i>	19
Gambar 2.16. <i>Blended Winglet</i>	20
Gambar 2.17. <i>Wingtip Fence</i>	21
Gambar 2.18. <i>Ranked Wingtip</i>	21
Gambar 2.19. Airbus A320 dengan <i>Sharklet</i>	22
Gambar 2.20. <i>Grid</i> Terstruktur	25
Gambar 2.21. <i>Grid</i> Tidak Terstruktur	26
Gambar 2.22. Aliran Udara pada Pipa Venturi	29
Gambar 3.1. Diagram Alir Kerangka Pikir Penelitian	38
Gambar 3.2. Model Geometri Sayap Pesawat Airbus A320	40
Gambar 3.3. Desain 3D Sayap Airbus A320	40
Gambar 3.4. Desain 3D Sayap Dengan <i>Winglet</i> Tipe <i>Sharklet</i>	41
Gambar 3.5. Diagram Alir Pengambilan Data	43
Gambar 3.6. <i>Airfoil</i> Sayap Airbus A320	44
Gambar 3.7. Bentuk NASA SC(2)-0714 <i>Airfoil</i>	44

Gambar 3.8. NACA 0010-35 <i>Airfoil</i>	46
Gambar 3.9. Geometri dan Dimensi <i>Sharklet</i>	47
Gambar 3.10. Diagram Alir Pelaksanaan Simulasi CFD	50
Gambar 3.11. Sayap Tanpa <i>Winglet</i>	51
Gambar 3.12. Sayap dengan <i>Winglet</i> Tipe <i>Sharklet</i>	51
Gambar 3.13. Mengatur Sudut Serang	52
Gambar 3.14. Geometri Sayap dengan Sudut Serang	53
Gambar 3.15. Menu <i>Boolean</i>	54
Gambar 3.16. Tampilan <i>Body</i> Setelah <i>Boolean</i>	54
Gambar 3.17. <i>Meshing</i> Sayap Tanpa <i>Winglet</i>	55
Gambar 3.18. <i>Meshing</i> Sayap dengan <i>Winglet</i> Tipe <i>Sharklet</i>	55
Gambar 3.19. Grafik <i>Skewness</i> Sayap Tanpa <i>Winglet</i>	56
Gambar 3.20. Grafik <i>Skewness</i> Sayap dengan <i>Winglet</i> Tipe <i>Sharklet</i>	56
Gambar 3.21. Grafik Residu	58
Gambar 3.22. Memasukkan Rumus pada Menu <i>Expressions</i>	59
Gambar 4.1. Sudut Serang 0°, 4°, dan 8° Sayap Tanpa <i>Winglet</i>	65
Gambar 4.2. Sudut Serang 0°, 4°, dan 8° Sayap dengan <i>Winglet</i> Tipe <i>Sharklet</i>	66
Gambar 4.3. Menu <i>Vortex Core Region</i>	73
Gambar 4.4. <i>Vortex</i> Pandangan Isometri	73
Gambar 4.5. Grafik Koefisien <i>Lift</i> Terhadap Sudut Serang	74
Gambar 4.6. Grafik Koefisien <i>Drag</i> Terhadap Sudut Serang	76
Gambar 4.7. Grafik Nilai <i>Lift/Drag Ratio</i> (CL/CD)	78
Gambar 4.8. Hasil Simulasi Bentuk <i>Vortex</i>	80

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Hasil Simulasi Beberapa <i>Winglet</i>	2
Tabel 2.1. Spesifikasi Teknis Airbus A320	6
Tabel 2.2. Daftar Ringkasan Penelitian Terdahulu	31
Tabel 3.1. Koordinat NASA SC(2)-0714 <i>Airfoil</i>	45
Tabel 3.2. Koordinat NACA 0010-35 <i>Airfoil</i>	47
Tabel 3.3. Kode Material <i>Sharklet</i>	48
Tabel 3.4. <i>Mechanical Properties</i> 2024-T351 <i>Aluminum Alloy</i> pada Suhu Ruang	48
Tabel 3.5. Parameter <i>Setup</i>	57
Tabel 3.6. Interval Koefisien Regresi	63
Tabel 4.1. Rumus Perhitungan Gaya Aerodinamika	67
Tabel 4.2. Nilai CL pada Sayap	67
Tabel 4.3. <i>Output Data Mean Independent Sample T-Test (CL)</i>	68
Tabel 4.4. <i>Output Data Signifikansi Independent Sample T-Test (CL)</i>	68
Tabel 4.5. Nilai CD pada Sayap	69
Tabel 4.6. <i>Output Data Mean Independent Sample T-Test (CD)</i>	70
Tabel 4.7. <i>Output Data Signifikansi Independent Sample T-Test (CD)</i>	70
Tabel 4.8. Nilai <i>Lift/Drag Ratio (CL/CD)</i>	71
Tabel 4.9. <i>Output Data Mean Independent Sample T-Test (CL/CD)</i>	72
Tabel 4.10. <i>Output Data Signifikansi Independent Sample T-Test (CL/CD)</i>	72

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
$L$	Gaya angkat [N]
$\rho$	Densitas [ $\text{kg/m}^3$ ]
$V$	Kecepatan [m/s]
$S$	Luas permukaan sayap [ $\text{m}^2$ ]
$CL$	Koefisien gaya angkat
$D$	Gaya hambat [N]
$CD$	Koefisien gaya hambat
$b$	<i>Wing span</i> [m]
$Cav$	<i>Average chord</i> [m]
$AR$	<i>Aspect ratio</i>
$\nu$	<i>Kinematic Viscosity</i> [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]
$P'$	<i>Modified Pressure</i> [Pa]
$A$	Luas penampang [ $\text{m}^2$ ]
$Y$	Prakiraan nilai variabel dependen
$X$	Nilai penduga variabel independen
$a$	Konstanta atau koefisien <i>intercept</i>
$\beta$	Koefisien <i>slope</i> atau kemiringan dari garis regresi terhadap sumbu X