

**ANALISIS NUMERIK PENGARUH BERKURANGNYA VORTEX
GENERATOR (VG) TERHADAP KARAKTERISTIK
AERODINAMIKA SAYAP PESAWAT BOEING
737-800 NEXT GENERATION (NG)**



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2021

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS NUMERIK PENGARUH BERKURANGNYA VORTEX GENERATOR
(VG) TERHADAP KARAKTERISTIK AERODINAMIKA SAYAP PESAWAT
BOEING 737-800 NEXT GENERATION (NG)



Disusun oleh:

Nama : Raden Dodi Rachman Permana
NIM : 41318120077
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
FEBRUARI 2021

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS NUMERIK PENGARUH BERKURANGNYA VORTEX GENERATOR
(VG) TERHADAP KARAKTERISTIK AERODINAMIKA SAYAP PESAWAT
BOEING 737-800 *NEXT GENERATION* (NG)



Disusun oleh:

Nama : Raden Dodi Rachman Permana
NIM : 41318120077
Program Studi : Teknik Mesin

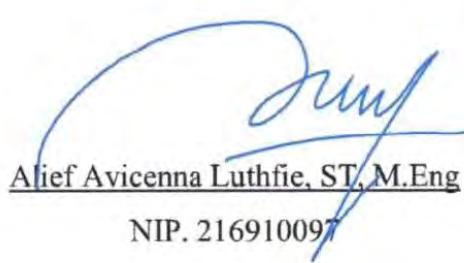
MERCU BUANA

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing

Pada tanggal: 19 Februari 2021

Mengetahui

Dosen Pembimbing


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 : Raden Dodi Rachman Permana
NIM : 41318120077
Jurusan : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Kerja Praktik : Analisis Numerik Pengaruh Berkurangnya *Vortex Generator* (VG) Terhadap Karakteristik Aerodinamika Sayap Pesawat Boeing 737-800 *Next Generation* (NG)

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 Jakarta, 19 Februari 2021
MERCU BUANA



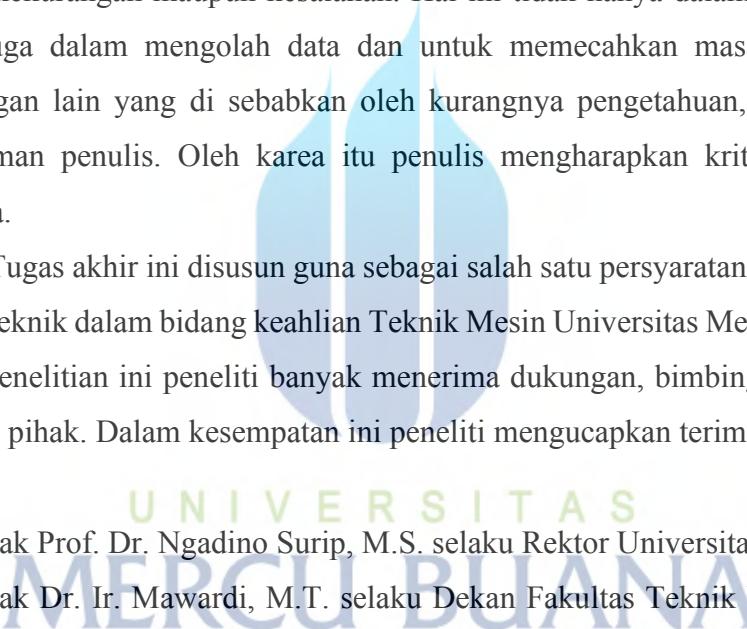
Raden Dodi Rachman Permana

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 Numerik Pengaruh Berkurangnya Vortex Generator (VG) Terhadap Karakteristik Aerodinamika Sayap Pesawat Boeing 737-800 Next Generation (NG)”** ini dapat diselesaikan. Penulis tertarik memilih judul ini karena permasalahan ini pernah terjadi di lapanagn dan tidak sedikit teknisi yang kebingungan terkait apa efek yang di timbulkan oleh *vortex generator*.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh kata sempurna dan masih banyak kekurangan maupun kesalahan. Hal ini tidak hanya dalam penyajian materi, tetapi juga dalam mengolah data dan untuk memecahkan masalah. Ada banyak kekurangan lain yang di sebabkan oleh kurangnya pengetahuan, keterampilan dan pengalaman penulis. Oleh karea itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca.

Tugas akhir ini disusun guna sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana teknik dalam bidang keahlian Teknik Mesin Universitas Mercu Buana. Selama proses penelitian ini peneliti banyak menerima dukungan, bimbingan dan saran dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

- 
1. Bapak Prof. Dr. Ngadino Surip, M.S. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
 2. Bapak Dr. Ir. Mawardi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
 3. Bapak Nanang Ruhiyat ST, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin.
 4. Dosen pembimbing Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST, M.Eng yang tidak kenal Lelah dalam membimbing, memberikan dukungan, saran dan juga semangat kepada peneliti.
 5. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST, M.Eng., Selaku koordinator tugas akhir.
 6. Seluruh keluarga yang telah mendoakan dan memberi dukungan terutama untuk orang tua serta untuk kaka dan adik saya tercinta.
 7. Kepada Frecyllia selaku calon istri yang selalu memberi support.

8. Teman-teman Fakultas Teknik Universitas Mercubuana dan teman dekat satu jurusan maupun jurusan lain yang telah banyak membantu memberi saran dan semangat kepada peneliti.

Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi peneliti dan semua pihak yang membacanya terutama Teknisi Pesawat Udara yang berkecimpung langsung terhadap permasalahan ini di lapangan. Tak lupa permohonan maaf atas segala kekurangan yang peneliti lakukan dalam penelitian ini

Jakarta, 19 Februari 2021



(Raden Dodi Rachman Permana)



ABSTRAK

Kecelakaan terjadi pada pesawat *Experimental Interplane* SRO *Skyboy*, N58784, 11 Oktober 2011 karena modifikasi *vortex generator* yang di akibatkan oleh separasi *boundary layer* dan *stall* membuat paberikan Pesawat Boeing yaitu Boeing 737-800 *Next Generation* (NG) mengeluarkan aturan khusus terkait limitasi jumlah *vortex generator* yang harus terpasang pada sayap pesawat yang tertulis dalam dokumen wajib pesawat yaitu *Configuration Deviation List* (CDL) bahwa 1 sisi sayap pesawat Boeing 737-800NG hanya diperbolehkan maksimal kehilangan 1 *vortex generator* dari jumlah total 1 sisi sayap yaitu 8 buah *vortex generator*. Tujuan pada analisis ini mengetahui efek aerodinamika yang di timbulkan seperti, perbedaan koefisien *lift*, koefisien *drag*, *lift-drag ratio* dan separasi aliran udara pada keadaan normal dan berkurangnya VG pada satu sisi sayap pesawat Boeing 737-800NG dengan metode pengujian *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menggunakan *software* ANSYS. Pada hasil pengujian sayap yang memiliki jumlah 8 VG dengan AOA 0° dan AOA 10° berturut-turut memiliki peningkatan nilai dengan nilai koefisien *lift* 10,114% dan 9,054%, peningkatan koefisien *drag* 6,60% dan penurunan 4,845%, peningkatan *lift-drag ratio* 3,38% dan 14,56% dibandingkan sayap tanpa VG. Pada hasil pengujian sayap dengan AOA 0° dan AOA 10° sayap dengan 6 VG berturut-turut memiliki penurunan nilai koefisien *lift* 1,756% dan 3,742%, penurunan nilai koefisien *drag* 0,879% dan kenaikan 0,181% dibandingkan dengan sayap dengan 8 VG. Aliran udara pada sayap dengan VG lebih *streamline* dibandingkan sayap dengan VG yang terlihat separasi aliran udara.

Kata kunci: Boeing 737-800 *Next Generation*, *vortex generator*, koefisien *lift*, koefisien *drag*, *Computational fluid dynamics*.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

**NUMERIC ANALYSIS OF THE EFFECT OF LESS VORTEX GENERATOR
(VG) TOWARDS AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF BOEING
WINGS 737-800 NEXT GENERATION (NG)**

ABSTRACT

The accident occurred on the experimental Interplane SRO Skyboy, N58784, October 11, 2011 because the modification of the vortex generator caused by the separation of boundary layers and stalls made the Boeing aircraft manufacturer, namely the Boeing 737-800 Next Generation (NG) issue special rules regarding the limitation of the number of vortex generators must be attached to the aircraft wing which is written in the mandatory aircraft document, namely the Configuration Deviation List (CDL) that 1 side of a Boeing 737-800NG aircraft wing is only allowed to lose a maximum of 1 vortex generator from a total of 1 wing side, namely 8 vortex generators. The purpose of this analysis is to determine the aerodynamic effects that arise, such as differences in lift coefficient, drag coefficient, lift-drag ratio and air flow separation under normal conditions and reduced VG on one side of the Boeing 737-800NG aircraft with the Computational Fluid Dynamics (CFD) testing method. using ANSYS software. In the test results, the wing which has an amount of 8 VG with AOA 0° and AOA 10°, respectively, has an increase in value with lift coefficient values of 10.114% and 9.054%, an increase in the drag coefficient of 6.60% and a decrease of 4.845%, an increase in lift-drag ratio 3, 38% and 14.56% compared to wings without VG. In the test results, the wing with AOA 0° and AOA 10°, the wing with 6 VG, respectively, has a decrease in lift coefficient value of 1.756% and 3.742%, a decrease in the value of the drag coefficient 0.879% and an increase of 0.181% compared to a wing with 8 VG. The airflow on the wing with VG is more streamlined than the wing with VG which shows separation of airflow.

Keywords: Boeing 737-800 Next Generation, vortex generator, coefficient lift, coefficient drag, Computational fluid dynamics

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
DAFTAR SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN	4
1.4. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.5. SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. AERODINAMIKA	6
2.1.1 Gaya Angkat (<i>Lift Force</i>)	7
2.1.2 Gaya Berat (Gravitasi)	8
2.1.3 Gaya Dorong (<i>Thrust</i>)	8
2.1.4 Gaya Hambat (<i>Drag Force</i>)	8
2.1.5 <i>Lift/drag Ratio</i>	10
2.2 PRINSIP BERNOULI	10
2.2 AIRFOIL	12
2.3 AOA (<i>Angle Of Attack</i>)	13

2.4 GEOMETRI SAYAP	14
2.4.1 <i>Wing Span</i>	14
2.4.2 <i>The Angle Of Sweepback</i>	14
2.4.3 <i>Mean Aerodynamic Chord</i>	15
2.4.4 <i>Taper Ratio</i>	15
2.4 VORTEX GENERATOR DAN BOUNDARY LAYER	16
2.5 MACAM MACAM VORTEX GENERATOR	18
2.6 COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC (CFD)	19
2.6.1 Tahapan-Tahapan Simulasi Dengan CFD	21
2.6.3 <i>Mesh</i>	22
2.7 PENELITIAN TERDAHULU	24
 BAB III METODOLOGI	 30
3.1 DIAGRAM ALIR	30
3.1.1 Diagram Alir Penulisan Tugas Akhir	30
3.1.2 Diagram Alir Kerangka Berpikir	32
3.1.3 Diagram Alir Pengambilan Data	33
3.1.4 Diagram Alir Penelitian	36
3.2 ALAT DAN BAHAN	44
3.2.1 Alat	44
3.2.2 Bahan	45
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	 46
4.1 ANALISIS KOEFSISIEN <i>LIFT</i> DAN KOEFISIEN <i>DRAG</i>	46
4.2 ANALISIS <i>LIFT/DRAG RATIO</i>	53
4.3 VISUALISASI ALIRAN UDARA PADA SAYAP	55
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	 57

5.1 KESIMPULAN	57
5.2 SARAN	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	61
LAMPIRAN A. <i>AIRFOIL B737A</i>	61
LAMPIRAN B. <i>AIRFOIL B737B</i>	62
LAMPIRAN C. <i>AIRFOIL B737C</i>	63
LAMPIRAN D. <i>AIRFOIL B737D</i>	64
LAMPIRAN E. <i>FLIGHT PLANNING AND PERFORMANCE MANUAL</i>	65
LAMPIRAN F. KOEFISIEN <i>LIFT</i> 8 VG 0° AOA	66
LAMPIRAN G. KOEFISIEN <i>DRAG</i> 8 VG 0° AOA	67
LAMPIRAN H. KOEFISIEN <i>LIFT</i> 8 VG 10° AOA	68
LAMPIRAN I. KOEFISIEN <i>DRAG</i> 8 VG 10° AOA	69
LAMPIRAN J. KOEFISIEN <i>LIFT</i> 6 VG 0° AOA	70
LAMPIRAN K. KOEFISIEN <i>DRAG</i> 6 VG 0° AOA	71
LAMPIRAN L. KOEFISIEN <i>LIFT</i> 6 VG 10° AOA	72
LAMPIRAN M. KOEFISIEN <i>DRAG</i> 6 VG 10° AOA	73
LAMPIRAN N. KOEFISIEN <i>LIFT</i> 0 VG 0° AOA	74
LAMPIRAN O. KOEFISIEN <i>DRAG</i> 0 VG 0° AOA	75
LAMPIRAN P. KOEFISIEN <i>LIFT</i> 0 VG 10° AOA	76
LAMPIRAN Q. KOEFISIEN <i>DRAG</i> 0 VG 10° AOA	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gaya Aerodinamika Pesawat Saat Terbang	6
Gambar 2.2 Distribusi Kecepatan Dan Tekanan Pada <i>Airfoil</i>	12
Gambar 2.3 Terminologi <i>Airfoil</i>	12
Gambar 2.4 <i>Angle of Attack</i>	13
Gambar 2.5 <i>Wing Span</i>	14
Gambar 2.6 <i>The Angle of Sweepback</i>	14
Gambar 2.7 <i>Mean Aerodynamic Chord</i>	15
Gambar 2.8 <i>Taper Ratio</i>	15
Gambar 2.9 <i>Vortex generator</i> pada sayap Boeing 737-800NG	16
Gambar 2.10 <i>Boundary Layer</i> Pada Sayap Dengan <i>Vortex Generator</i>	17
Gambar 2.11 <i>Rectangular Vortex Generator.</i>	18
Gambar 2.12 <i>Triangular Vortex Generator</i>	18
Gambar 2.13 <i>Gothic Vortex Generator</i>	19
Gambar 2.14 <i>Mesh</i> Terstruktur	22
Gambar 2.15 <i>Mesh</i> Tidak Terstruktur	23
Gambar 3.1. Diagram Alir Penulisan Tugas Akhir	30
Gambar 3.2 Diagram Alir Kerangka Berfikir	32
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengambilan Data	33
Gambar 3.4 Dimensi Sayap Boeing 737-800NG	34
Gambar 3.5 <i>Airfoil</i> B737A	35
Gambar 3.6 Geometri Pemasangan <i>Vortex Generator</i> (Tampak Atas)	35
Gambar 3.7 Geometri Pemasangan <i>Vortex Generator</i>	36
Gambar 3.8 Diagram Alir Penelitian	37
Gambar 3.9 Sayap Pesawat Dengan <i>Vortex Generator</i>	38
Gambar 3.10 Sayap Pesawat Tanpa <i>Vortex Generator</i>	38
Gambar 3.11 Geometri Sayap Boeing 737-800NG	39
Gambar 3.12 <i>Boolean</i> Sayap Dengan 8 VG	39
Gambar 3.13 <i>Skewness</i> Pada Sayap 8 <i>Vortex Generator</i>	40
Gambar 3.14 <i>Skewness</i> Pada Sayap 6 <i>Vortex Generator</i>	40
Gambar 3.15 <i>Skewness</i> Pada Sayap Tanpa <i>Vortex Generator</i>	41
Gambar 3.16 <i>Mesh</i> Pada Sayap Dengan 8 <i>Vortex Generator</i>	41

Gambar 3.17 <i>Mesh</i> Pada Sayap Dengan 6 <i>Vortex Generator</i>	41
Gambar 3.18 Proses <i>Meshing</i> Pada Sayap dengan AOA 0°	42
Gambar 3.19 Proses <i>Meshing</i> Pada Sayap dengan AOA 10°	42
Gambar 3.20 Grafik Residual	44
Gambar 4.1 Grafik Koefisien <i>Lift Angle Of Attack</i> 0°	48
Gambar 4.2 Grafik Koefisien <i>Lift</i> - AOA Sayap Dengan VG Dan Tanpa VG	48
Gambar 4.3 Grafik Koefisien <i>Lift Angle Of Attack</i> 10°	49
Gambar 4.4 Grafik Koefisien <i>Drag Angle Of Attack</i> 0°	50
Gambar 4.5 Grafik Koefisien <i>Drag</i> - AOA Sayap Dengan VG Dan Tanpa VG	51
Gambar 4.6 Grafik Koefisien <i>Drag Angle Of Attack</i> 10°	52
Gambar 4.7 Grafik Koefisien Koefsien <i>Lift/Drag Ratio</i>	53
Gambar 4.8 Grafik Koefisien Koefsien <i>Lift/Drag Ratio airfoil</i> sayap NACA 4415	54
Gambar 4.9 Sayap Dengan 8 <i>Vortex Generator</i> AOA 10°	55
Gambar 4.10 Sayap Tanpa <i>Vortex Generator</i> AOA 10°	55
Gambar 4.11 Sayap Dengan 8 <i>Vortex Generator</i> AOA 0°	56
Gambar 4.12 Sayap Tanpa <i>Vortex Generator</i> AOA 0°	56



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel Setup Parameter	43
Tabel 4.1 Nilai CL dan CD pada sayap dengan 8 <i>vortex generator</i>	47
Tabel 4.2 Nilai CL dan CD pada sayap dengan 6 <i>vortex generator</i>	47
Tabel 4.3 Nilai CL dan CD pada sayap tanpa <i>vortex generator</i>	47
Tabel 4.4 Hasil Koefisien <i>Lift/Drag Ratio</i>	53



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
L	Gaya Angkat
ρ	Densitas [Kg/M ³]
V	Kecepatan [M/S]
S	Luas Permukaan Sayap [M ²]
Cl	Koefisien Gaya Angkat
D	Gaya Hambat
Cd	Koefisien Gaya Hambat
g	Gaya Gravitasi Bumi [9,8 M/S ²]
a	Kecepatan Suara [Knots]
M	<i>Mach Number</i>
h	Tinggi Fluida



DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
VG	<i>Vortex Generator</i>
NG	<i>Next Generation</i>
CDL	<i>Configuration Deviation List</i>
NTSB	<i>National Transportation Safety Board</i>
AOA	<i>Angle Of Attack</i>

