

**ANALISIS GAYA DAN POLA ALIRAN FLUIDA PADA *ENGINE NOZZLE*  
BERBENTUK *CHEVRON* DENGAN VARIASI SUDUT MENGGUNAKAN  
METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)***



ACHMAD ROFIIF  
NIM: 41320110057

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2022

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS GAYA DAN POLA ALIRAN FLUIDA PADA *ENGINE NOZZLE*  
BERBENTUK *CHEVRON* DENGAN VARIASI SUDUT MENGGUNAKAN  
METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)*



Disusun Oleh:

Nama : Achmad Rofiif  
NIM : 41320110057  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
AGUSTUS 2022

## HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS GAYA DAN POLA ALIRAN FLUIDA PADA *ENGINE NOZZLE*  
BERBENTUK *CHEVRON* DENGAN VARIASI SUDUT MENGGUNAKAN  
METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)*

Disusun Oleh:

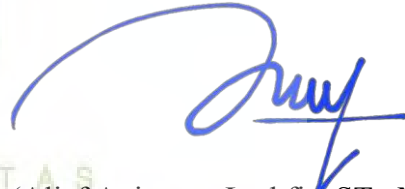
Nama : Achmad Rofiif  
NIM : 41320110057  
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal: 06 Agustus 2022

Telah dipertahankan di depan penguji

Pembimbing TA

Penguji Sidang 1



(Dafit Feriyanto, ST., M.Sc., Ph.D)

(Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng)

NIP. 118900633

NIP. 216910097

Penguji Sidang 2

Penguji Sidang 3



(Gilang Awan Yudhistira, M.T)

(Gian Villany Golwa, M.Si)

NIP. 221900211

NIP. 1975801149

Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin

Koordinator TA



(Muhamad Fitri, ST, M.Si., Ph.D.)

(Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng)

NIP. 118690617

NIP. 216910097

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Achmad Rofiif

NIM : 41320110057

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Analisis Gaya dan Pola Alira Fluida Pada *Engine Nozzle* Berbentuk *Chevron* dengan Variasi Sudut Menggunakan Metode *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.

MERCU BUANA

Jakarta, 06 Agustus 2022

  
7F722AKX017056833  
(Achmad Rofiif)

## PENGHARGAAN

*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, shalawat dan salam tidak lupa saya ucapkan kepada baginda Rasullullah SAW beserta keluarga, para sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata 1 Teknik Mesin Universitas Mercu Buana. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan laporan akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan laporan ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Harwikarya, MT selaku Pelaksana Tugas Rektor Universitas Mercu Buana Jakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Mawardi Amin, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta.
3. Bapak Muhamad Fitri, ST, M.Si., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
5. Bapak Dafit Feriyanto, ST., M.Sc., Ph.D. selaku Pembimbing yang selalu meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan penulis selama penyusunan Tugas Akhir.
6. Seluruh dosen, staf dan karyawan Teknik Mesin Universitas Mercu Buana yang selalu membantu dalam hal penyusunan Tugas Akhir.
7. Ayah dan Ibu tercinta atas kasih sayang dan do'anya yang tak terhingga.
8. Teman-teman seperjuangan yang selalu membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membahas kebaikan semua pihak yang telah membantu, penulis berharap semoga Laporan Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak terdapat kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu saran dan kritik sangat diharapkan dalam rangka mendapatkan hasil yang lebih baik di waktu yang akan datang.

*Wassalamu'alaikum Wr.Wb*

Jakarta, 06 Agustus 2022



Achmad Rofiif



## ABSTRAK

Sebagian besar kebisingan utama pesawat dihasilkan oleh aliran jet buang di mesin jet yang terjadi pada pencampuran turbulen dari gas buang dengan sekitarnya dan dipengaruhi oleh aksi geser disebabkan oleh kecepatan relatif antara knalpot jet dan sekitarnya. Pada penelitian ini dilakukan analisis geometri terhadap perilaku aliran fluida dan daya akustik pada *engine nozzle* untuk meminimalisir kebisingan. Pendekatan terhadap perilaku aliran fluida suatu *nozzle* yang berbentuk chevron dilakukan dengan variasi geometri sudutnya yang akan berpengaruh terhadap kebisingan dan kontur kecepatan aliran udara yang akan dihasilkan. Penelitian dan pengembangan dilakukan dengan tujuan mendapatkan performa desain yang lebih optimal pada *nozzle*. Adapun improvisasi yang telah dilakukan adalah hasil uji simulasi menggunakan metode *Ansys fluent Computational Fluid Dynamics (CFD)* pada *Chevron Engine Nozzle* dengan variasi sudut  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  dan *Baseline Nozzle*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dari keseluruhan data yang didapat, disimpulkan jenis *chevron* dengan sudut  $60^\circ$  merupakan desain yang cukup baik untuk direkomendasikan. Dimana jenis *chevron* ini dapat mereduksi nilai *acoustic power* dengan daya akustik maksimalnya sebesar 218.994 Db dibandingkan dengan *baseline nozzle* dan memiliki kecepatan paling tinggi diantara *chevron*  $90^\circ$  juga *chevron*  $120^\circ$  dengan kecepatan maksimal 3573.214 m/s. Jika dibandingkan dengan jenis *chevron* variasi sudut yang lain, *chevron* dengan sudut  $60^\circ$  ini memiliki nilai *acoustic* terendah. Namun dari hasil kontur kecepatannya menunjukkan bahwa *chevron* tipe  $90^\circ$  ini sangat efektif untuk mereduksi turbulensi yang ada.

**Kata Kunci:** Fluida, *Engine Nozzle*, *Chevron*, simulasi, *Computational Fluid Dynamics (CFD)*.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA



**ANALYSIS OF FLUID FORM AND FLUID FLOW PATTERNS ON CHEVRON  
SHAPE ENGINE NOZZLE WITH VARIATION OF ANGLE USING  
COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)**

**ABSTRACT**

*A major concern of aircraft is the jet exhaust flow in the jet engine which occurs in turbulent mixing of the gas with its surroundings and is caused by the relative velocity between the jet exhaust and its surroundings. In this study, a geometric analysis of the behavior of fluid flow and acoustic power around the engine nozzle was carried out to minimize the appearance. The approach to the fluid flow of a chevron-shaped nozzle is carried out with its angular geometry which will affect the variations and contours of the airflow velocity that will be produced. Research and development is carried out with the aim of getting a more optimal performance design on the nozzle. The improvisations that have been made are the results of simulation tests using the Ansys fluent Computational Fluid Dynamics (CFD) method on the Chevron Engine Nozzle with variations in angles of 60°, 90°, 120° and Baseline Nozzle. The results of this study indicate that from the overall data obtained, the chevron type with an angle of 60° is a good enough design to be recommended. Where this type of chevron can reduce the value of acoustic power with a maximum acoustic power of 218,994 Db compared to the baseline nozzle and has the highest speed among 90° chevrons and 120° chevrons with a maximum speed of 3573,214 m/s. When compared to other types of angle variation chevrons, this chevron with an angle of 60° has the lowest acoustic value. However, the results of the velocity contour show that the 90° type chevron is very effective in reducing the existing turbulence.*

**Keywords:** *Fluids, Engine Nozzle, Chevron , simulation, computational fluid dynamics (CFD).*



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>ii</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>v</b>
<b><i>ABSTRACT</i></b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR RUMUS</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	3
1.3. TUJUAN	4
1.4. MANFAAT PENELITIAN	4
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	4
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
2.1. FLUIDA	6
2.2. PERSAMAAN KONTINUITAS	9
2.3. <i>JET ENGINE</i>	10
2.3.1. Tipe <i>Jet Engine</i>	11
2.3.2. Komponen <i>Jet Engine</i>	13
2.4. <i>NOZZLE</i>	18
2.5. SPESIFIKASI JENIS <i>ENGINE NOZZLE</i>	19
2.5.1. <i>Convergent Nozzle</i>	20
2.5.2. <i>Convergent-Divergent Nozzle</i>	21
2.5.3. Augmentasi pada <i>Nozzle</i>	22
2.6. <i>CHEVRON NOZZLE</i>	23
2.7. TEMPERATUR PADA <i>JET ENGINE</i>	26

2.7.1.	<i>EGT (Exhaust Gas Temperature)</i>	27
2.8.	BAHAN BAKAR PENERBANGAN	28
2.8.1.	Spesifikasi Jenis Bahan Bakar Penerbangan Konvensional.	28
2.9.	ASPEK FISIS KEBISINGAN	30
2.9.1.	Tekanan, Daya Suara dan Intensitas Suara	31
2.9.2.	Satuan Tingkat Kebisingan	32
2.10.	<i>COMPUTER AIDED DESIGN (CAD)</i>	33
2.10.1.	<i>Software Solidworks</i>	33
2.11.	<i>COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)</i>	34
2.11.1.	Penggunaan <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	35
2.12.	KAJIAN TERDAHULU	35
<b>BAB III METODOLOGI</b>		<b>43</b>
3.1	DIAGRAM ALIR	43
3.1.1	Diagram Alir Sistematis	43
3.2	ALAT DAN BAHAN	46
3.2.1	Perangkat Lunak	46
3.2.2.	Perangkat Keras	47
3.2.3.	Mendesain Geometri	47
3.2.4	Persiapan Perhitungan Simulasi	53
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>63</b>
4.1	HASIL ITERASI	63
4.2	PEMBAHASAN DATA <i>VELOCITY &amp; ACOUSTIC LEVEL CONTOUR</i>	64
4.2.1	<i>Velocity Contour</i>	64
4.2.2	<i>Acoustic Power Contour</i>	67
4.3	DATA SIMULASI <i>VELOCITY &amp; ACOUSTIC LEVEL</i>	69
<b>BAB V PENUTUP</b>		<b>71</b>
5.1	KESIMPULAN	71
5.2	SARAN	71
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>73</b>
<b>LAMPIRAN</b>		<b>74</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>Boundary Layer</i>	8
Gambar 2.2. Aliran Fluida pada Pipa	10
Gambar 2.3. Diagram <i>Jet Engine</i>	13
Gambar 2.4. <i>Compresor Axial</i> dan <i>Centrifugal</i>	14
Gambar 2.5. <i>Turbofan</i>	15
Gambar 2.6 <i>Combustion Chamber Type Can</i>	16
Gambar 2.7. <i>Combustion Chamber Type Annular</i>	16
Gambar 2.8. <i>Combustion Chamber Type Can Annular</i>	17
Gambar 2.9. <i>Turbine Blade</i>	17
Gambar 2.10. <i>Exhaust Nozzle</i>	18
Gambar 2.11. <i>Co-Annular Nozzle</i>	20
Gambar 2.12. <i>Convergent-Annular Nozzle</i>	20
Gambar 2.13. <i>Convergent-Divergent Nozzle</i>	21
Gambar 2.14. <i>Thrust Vectoring</i>	22
Gambar 2.15. <i>After-Burning</i>	23
Gambar 2.16. Pesawat Bombardier CRJ1000	24
Gambar 2.17. Perbedaan <i>Nozzle Dasar</i> dan <i>Nozzle Chevron</i>	24
Gambar 2.18. Bagian <i>Jet Engine</i>	24
Gambar 2.19. Jet Inti Panas	26
Gambar 2.20. Profil <i>Chevron Nozzle</i>	26
Gambar 2.21. Tampilan Solidworks	34
Gambar 3.1. Desain Geometri <i>Nozzle Base-Line</i>	48
Gambar 3.2. Desain 3D <i>Nozzle Base-Line</i>	48
Gambar 3.3. Desain 3D <i>Nozzle Base-Line</i> Tampak Belakang	49
Gambar 3.4. Desain 3D <i>Nozzle Base-Line</i> Tampak Samping	49
Gambar 3.5. Desain Geometri <i>Nozzle Chevron 60°</i>	49
Gambar 3.6. Desain 3D <i>Nozzle Chevron 60°</i>	50
Gambar 3.7. Desain 3D <i>Nozzle Chevron 60°</i> Tampak Belakang	50
Gambar 3.8. Desain 3D <i>Nozzle Chevron 60°</i> Tampak Samping	50
Gambar 3.9. Desain Geometri <i>Nozzle Chevron 90°</i>	51

Gambar 3.10. Desain 3D <i>Nozzle Chevron</i> 90°	51
Gambar 3.11. Desain 3D <i>Nozzle Chevron</i> 90° Tampak Belakang	51
Gambar 3.12. Desain 3D <i>Nozzle Chevron</i> 90° Tampak Samping	52
Gambar 3.13. Desain Geometri <i>Nozzle Chevron</i> 120°	52
Gambar 3.14. Desain 3D <i>Nozzle Chevron</i> 120°	52
Gambar 3.15. Desain 3D <i>Nozzle Chevron</i> 120° Tampak Belakang	53
Gambar 3.16. Desain 3D <i>Nozzle Chevron</i> 120° Tampak Samping	53
Gambar 3.17. Tampilan Ansys	54
Gambar 3.18. Geometri <i>Chevron Nozzle</i> di ANSYS	54
Gambar 3.19. <i>Chevron Domain</i>	55
Gambar 3.20. <i>Static Domain</i>	55
Gambar 3.21. <i>Inlet Name selection</i>	56
Gambar 3.22. <i>Outlet Name selection</i>	56
Gambar 3.23. <i>Bonded Nozzle-System</i>	56
Gambar 3.24. <i>Body Contact Nozzle-Domain</i>	57
Gambar 3.25. Hasil <i>Mesh</i>	58
Gambar 3.26. Indikator Kualitas <i>Mesh</i> dari nilai <i>Skewness</i>	58
Gambar 3.27. <i>General Setting</i>	59
Gambar 3.28. <i>Models Setting</i>	59
Gambar 3.29. <i>Acoustic Model</i>	60
Gambar 3.30. <i>Material Setting</i>	60
Gambar 3.31. <i>Boundary Condition Setting</i>	61
Gambar 3.32. <i>Calculation Run Setting</i>	62
Gambar 4.1. Grafik Residual	63
Gambar 4.2 <i>Velocity Contour Baseline Nozzle</i>	64
Gambar 4.3. <i>Velocity Contour Chevron Nozzle</i> 60 derajat	64
Gambar 4.4. <i>Velocity Contour Chevron Nozzle</i> 90 derajat	65
Gambar 4.5. <i>Velocity Contour Chevron Nozzle</i> 120 derajat	65
Gambar 4.6. Grafik <i>Chevron Type VS Max Velocity</i>	66
Gambar 4.7. <i>Acoustic Power Contour Baseline Nozzle</i>	67
Gambar 4.8. <i>Acoustic Power Contour Chevron Nozzle</i> 60 derajat	67
Gambar 4.9. <i>Acoustic Power Contour Chevron Nozzle</i> 90 derajat	68

Gambar 4.10. <i>Acoustic Power Contour Chevron Nozzle</i> 120 derajat	68
Gambar 4.11. Grafik <i>Chevron Type VS Max Acoustic Power</i>	69
Gambar 4.12. Grafik Batang <i>Velocity</i> dan <i>Acoustic Power</i>	70



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kajian Terdahulu	35
Tabel 3.1. Spesifikasi Komputer untuk Simulasi	47
Tabel 3.2. Detail Geometris <i>Nozzle</i>	47
Tabel 3.3. <i>Boundary Condition</i>	48
Tabel 3.4. <i>Details of Mesh Setting</i>	57
Tabel 4.1 Hasil Simulasi	69



## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
V	Kecepatan Aliran	m/s
$\rho$	Densitas Fluida	kg/m <sup>3</sup>
D	Diameter tempat Fluida Mengalir	m
$\mu$	Viscositas dinamik fluida	kg/m.s
Li	Intensitas Suara	
P(t)	Tekanan Suara	dB
Pa	Tekanan Atmosfer Udara	atm
W	Daya Suara	Watt
Wo	Daya Suara Acuan	10 <sup>-12</sup> watt
I	Intensitas Suara	W/m <sup>2</sup>
Po	Tekanan Suara Ambang Acuan	2 x 10 <sup>-5</sup> Pa





## DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1. Reynold Number	8
Rumus 2.2. Tekanan Suara	31
Rumus 2.3. Satuan Daya Suara	31
Rumus 2.4. Intensitas Suara	31
Rumus 2.5. Satuan Intensitas Suara	32
Rumus 2.6 Tingkat Tekanan Suara	32

