

SKRIPSI

**STUDI NUMERIK PENGARUH GEOMETRI
EXHAUST PIPE TERHADAP KARAKTERISTIK
ALIRAN BUANGAN MESIN *FOUR-STROKE*
(STUDI KASUS PADA MESIN MODIFIKASI
FOUR-STROKE HONDA GL)**



Oleh:

Virendra Maulana Hermaputra
21036010063

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK & SAINS

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"

JAWA TIMUR

2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
STUDI NUMERIK PENGARUH GEOMETRI *EXHAUST PIPE*
TERHADAP KARAKTERISTIK ALIRAN BUANGAN MESIN
FOUR-STROKE
(STUDI KASUS PADA MESIN MODIFIKASI *FOUR-STROKE*
HONDA GL)

Disusun Oleh :

Virendra Maulana Hermaputra
NPM. 21036010063

Telah diuji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim Penguji Skripsi Program Studi
Teknik Mesin Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Hari Kamis, 23 Oktober 2025

Dosen Penguji I



Tria Puspa Sari, S.T., M.S.
NPT. 199403112025062005

Dosen Pembimbing



Ahmad Khalrul Faizin, S.T., M.Sc.
NIP. 199301202024061001

Dosen Penguji II



Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.
NIP. 199404282022032011

Koordinator Program Studi Teknik Mesin



Dr. T. Ir. Luluk Edahwati, M.T.
NIP. 19640611 199203 2 001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur



Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS

KETERANGAN REVISI

Mahasiswa di bawah ini:

Nama : Virendra Maulana Hermaputra
NPM : 21036010063
Program Studi : ~~Teknik Kimia / Teknik Industri / Teknologi Pangan /~~
~~Teknik Lingkungan / Teknik Sipil / Teknik Mesin~~

Telah mengerjakan revisi / ~~tidak ada revisi~~ *) ~~PRA-RENCANA (DESAIN) / SEMINAR~~
~~PROPOSAL~~ / SKRIPSI / TUGASAKHIR Ujian Lisan Periode II, TA. 2025/2026.

Dengan judul : STUDI NUMERIK PENGARUH GEOMETRI *EXHAUST PIPE*
TERHADAP KARAKTERISTIK ALIRAN BUANGAN MESIN
FOUR-STROKE (STUDI KASUS PADA MESIN MODIFIKASI
FOUR-STROKE HONDA GL)

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi

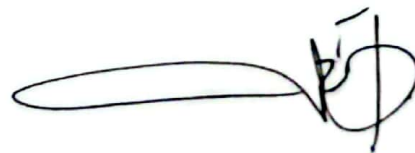
1. Tria Puspa Sari, S.T., M.S.

2. Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.

()
()

Surabaya, 1 September 2025

Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Ahmad Khairul Faizin, S. T., M.Sc.
NIP. 19930120 202406 1 001

Catatan: *) coret yang tidak perlu

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Virendra Maulana Hermaputra
NPM : 21036010063
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik & Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 04 November 2025

Yang Membuat pernyataan



Virendra Maulana Hermaputra
NPM 21036010053

KATA PENGANTAR

Segala puji dan rasa syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat limpahan Rahmat dan hidayah -Nya tugas akhir yang berjudul “STUDI NUMERIK PENGARUH GEOMETRI *EXHAUST PIPE* TERHADAP KARAKTERISTIK ALIRAN BUANGAN MESIN FOUR-STROKE (STUDI KASUS PADA MESIN MODIFIKASI FOUR-STROKE HONDA GL)” dapat diselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata 1 di Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan bantuan. Untuk itu, dengan tulus, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. **Ibu Prof. Dr. Dra Jariyah, M.P.**, selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains UPN “Veteran” Jawa Timur.
2. **Ibu Dr.T.Ir. Luluk Edahwati, M.T.**, selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin UPN “Veteran” Jawa Timur
3. **Bapak Ahmad Khairul Faizin, S.T.,M.Sc.** Sebagai Dosen Pembimbing yang selalu memberi ilmu, arahan, saran, nasihat, dan semangat kepada penulis.
4. **Ibu Tria Puspa Sari, S.T., M.S.** dan **Ibu Radissa Dzaky Issafira, S.T., M.Sc.** selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan.
5. Orang tua yang sangat penulis cintai, yang selalu mendukung, mendoakan, dan memberika kasih sayang kepada penulis
6. Teman – teman Teknik Mesin UPN “Veteran” Jawa Timur.

Penulis menyadari bahwa proposoal skripsi ini belumlah dikatakan sempurna. Untuk itu, penulis dengan sangat terbuka menerima kritik dan saran dari pembaca sekalian. Semoga proposal skripsi ini bermanfaat untuk kita semua.

Surabaya, 20 Desember 2024



Virendra Maulana Hermaputra

ABSTRAK

Modifikasi mesin untuk meningkatkan performa, khususnya pada sepeda motor seperti Honda GL, merupakan praktik umum yang seringkali tidak diimbangi dengan perancangan sistem pembuangan yang optimal. Perancangan *exhaust pipe* secara *trial-and-error* seringkali mengabaikan karakteristik aliran gas buang, yang berpotensi menyebabkan *back pressure* berlebih, penurunan efisiensi volumetrik, dan risiko kerusakan komponen mesin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara kuantitatif pengaruh perubahan geometri *exhaust pipe* terhadap karakteristik aliran gas buang untuk mendapatkan desain yang paling efisien. Studi ini dilakukan menggunakan metode numerik *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan perangkat lunak Ansys Fluent dan model turbulensi $k-\omega$ SST untuk mensimulasikan aliran gas buang. Lima variasi desain geometri dianalisis dengan membedakan parameter kunci, yaitu diameter pipa (32mm, 35mm, 38mm), radius tikungan, serta sudut lengkung (110° , 120° , 130°). Hasil simulasi akan menyajikan data berupa distribusi tekanan, *pressure drop*, profil kecepatan, dan visualisasi aliran sekunder (*Dean Vortex*) dari setiap desain untuk meminimalisir adanya tekanan balik. Dengan membandingkan karakteristik aliran dari kelima desain tersebut, penelitian ini akan mengidentifikasi konfigurasi geometri yang menghasilkan *pressure drop* paling minimal tanpa mengorbankan kecepatan aliran. Temuan ini diharapkan dapat memberikan panduan desain berbasis analisis ilmiah bagi para praktisi modifikasi mesin untuk memaksimalkan performa dan durabilitas.

Kata kunci: pipa pembuangan, *Computational Fluid Dynamics* (CFD), distribusi tekanan, profil kecepatan, penurunan tekanan.

ABSTRACT

Engine modification to improve performance, especially on motorcycles like the Honda GL, is a common practice that is often not accompanied by an optimal exhaust system design. (Issue) The trial-and-error design of exhaust pipes often neglects the characteristics of exhaust gas flow, potentially causing excessive back pressure, a decrease in volumetric efficiency, and the risk of engine component damage. (Urgency) This research aims to quantitatively analyze the influence of exhaust pipe geometry changes on the characteristics of exhaust gas flow to obtain the most efficient design. (Methodology) This study was conducted using the Computational Fluid Dynamics (CFD) numerical method with Ansys Fluent software and the $k-\omega$ SST turbulence model to simulate the exhaust gas flow. (Parameters) Five variations of geometric designs were analyzed by differentiating key parameters, namely pipe diameter (32mm, 35mm, 38mm), bend radius, and bend angle (110°, 120°, 130°). (Results) The simulation results will present data in the form of pressure distribution, pressure drop, velocity profiles, and visualization of secondary flow (Dean Vortex) for each design. (Discussion) By comparing the flow characteristics of the five designs, this research will identify the geometric configuration that produces the minimal pressure drop without sacrificing flow velocity. These findings are expected to provide a scientifically-based design guide for engine modification practitioners to maximize performance and durability.

Keywords: Exhaust pipe, Computational Fluid Dynamics (CFD), pressure distribution, velocity profile, pressure drop.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Analisis Geometri <i>Exhaust Pipe</i> terhadap Karakteristik Aliran menggunakan CFD	5
2.2 Landasan Teori.....	10
2.2.1 Jenis Aliran Fluida	10
2.2.2 Persamaan yang Digunakan	11
2.2.3 Prinsip Kerja Mesin <i>Four-stroke</i>	14
2.2.4 Sistem <i>Exhaust</i> Pada Mesin <i>Four stroke</i>	15
2.3 Pengaruh Geometri <i>Exhaust pipe</i> terhadap Aliran Fluida	15
2.3.1 Panjang dan Diameter Pipa.....	16
2.3.2 Sudut dan Lengkungan Pipa	16

2.4 Karakteristik Aliran Gas Buang.....	17
2.4.1 Profil Kecepatan Aliran	17
2.4.2 Aliran <i>Unsteady</i>	18
2.4.3 Turbulensi	18
2.4.4 Aliran Sekunder (<i>Secondary Flow</i>)	19
2.4.5 <i>Back Pressure</i> (Tekanan Balik)	20
2.5 Computation Fluid Dynamics (CFD)	21
2.6 <i>Grid Independent Test</i>	22
2.7 Hipotesis	24
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	24
3.2 <i>Flowchart</i> Simulasi	25
3.3 Variabel Penelitian	25
3.4 Desain <i>Exhaust pipe</i>	26
3.7 Proses Simulasi.....	28
3.7.1 <i>Input Geometry Design</i>	29
3.7.2 <i>Meshing</i>	29
3.7.3 <i>Boundary Conditions</i>	30
3.7.4 <i>Grid Independent test</i>	31
3.7.5 <i>Edit Set Up</i>	31
3.7.6 <i>Post Processing</i>	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 <i>Grid Independence Test (GIT)</i>	33
4.2 Validasi Model Numerik.....	34
4.3 Analisis Distribusi Tekanan pada Setiap Geometri <i>Exhaust Pipe</i>	36
4.3.1 Visualisai Kontur <i>Pressure</i>	36
4.3.2 Analisis Nilai <i>Pressure Drop (ΔP)</i>	39

4.4 Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Pada Setiap Geometri.....	40
4.4.1 Visualisasi Kontur Kecepatan.....	41
4.4.2 Profile Karakteristik Aliran Setelah Gangguan dan <i>Outlet</i>	42
BAB V KESIMPULAN	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1(a) Kerusakan yang terjadi pada piston, (b) kerusakan yang terjadi menyebabkan batang <i>valve</i> bengkok	2
Gambar 2. 1 Pressure drop detection position	5
Gambar 2. 2 (a) Tampak atas, (b) Tampak bawah, (c) Isometri	7
Gambar 2. 3 Visualisasi Distribusi Tekanan pada Exhaust pipe.....	8
Gambar 2. 4 Ilustrasi Aliran Laminar	10
Gambar 2. 5 Ilustrasi Aliran Transisi.....	11
Gambar 2. 6 Ilustrasi Aliran Turbulen.....	11
Gambar 2. 7 Prinsip Kerja Mesin Four-stroke	14
Gambar 2. 8 Exhaust pipe Honda GL.....	15
Gambar 2. 9 Pengaruh Lengkungan Pipa pada Fluida	16
Gambar 2. 10 Ilustrasi Turbulensi	18
Gambar 2. 11 Secondary Flow	19
Gambar 2. 12 Deskripsi Desain Pipa dan Komponen yang digunakan.....	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 3. 2 Flowchart Simulasi	25
Gambar 3. 3 Desain <i>Exhaust pipe</i> A.....	27
Gambar 3. 4 Desain <i>Exhaust pipe</i> B.....	27
Gambar 3. 5 Desain <i>Exhaust pipe</i> C.....	27
Gambar 3. 6 Desain <i>Exhaust pipe</i> D.....	28
Gambar 3. 7 Desain <i>Exhaust pipe</i> E	28
Gambar 3. 9 Hasil Generate <i>Mesh</i> (a) <i>inlet</i> (b) <i>Outlet</i> (c) domain	30
Gambar 4. 1 Grafik GIT	34
Gambar 4. 2 Validasi Simulasi dan Teoritis.....	35
Gambar 4. 3 Kontur Tekanan Ke-Lima Geometri	37
Gambar 4. 4 Distrubusi tekanan pada P2	38
Gambar 4. 5 Selisih Δp Pada <i>Outlet</i>	40
Gambar 4. 6 Velocity Contour	41
Gambar 4. 7 Profil Aliran Setelah Gangguan dan <i>Outlet</i>	42
Gambar 4. 8 Grafik Profil Kecepatan pada Line 1, 2, dan 3	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pressure drop	5
Tabel 2. 2 Hasil Analisis Komprehensif	6
Tabel 2. 3 Model Turbulen yang digunakan	7
Tabel 2. 4 Parameter Yang Digunakan untuk Analisis	8
Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu	9
Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu	21
Tabel 3. 1 Name Selection	29
Tabel 3. 2 Edge Sizing	29
Tabel 3. 3 Face Sizing	29
Tabel 3. 4 Inflation	29
Tabel 3. 5 Boundary Conditions	31
Tabel 4. 1 Hasil Grid Independent Test	33
Tabel 4. 2 Selisih Pressure Drop (Δp)	39

DAFTAR NOTASI

P	= Tekanan statis (Pa)
ρ	= Massa jenis (kg/m^3)
v	= Kecepatan aliran fluida (m/s)
g	= Percepatan gravitasi (9.8 m/s^2)
y	= Elevasi (m)
A	= luas penampang (m^2)
t	= Waktu (s)
p	= Tekanan fluida (Pa)
u	= Kekentalan dinamis fluida ($\text{Pa}\cdot\text{s}$)
R	= konstanta gas spesifik ($\text{J/kg}\cdot\text{K}$)
k	: Konduktivitas termal ($\text{W/m}\cdot\text{K}$)
p	: Tekanan fluida (N/m^2)
k	= Energi kinetik turbulen (m^2/s^2)
ω	= Frekuensi spesifik disipasi turbulen (s^{-1})
$\hat{u}$	= Energi internal spesifik (J/kg).
u_i	= Komponen kecepatan pada arah i (m/s)
∇	= Operator gradien
∇^2	= Divergensi gradien.
$\frac{D}{Dt}$	= Turunan parsial terhadap waktu (s^{-1})
$\nabla \cdot V$	= Divergensi kecepatan (s^{-1})
∇T	= Gradien suhu (K/m)
$\nabla \cdot (k\nabla T)$	= Divergensi fluks panas (W/m^3)
Φ	= Fungsi disipasi (W/m^3)
u_i	= Komponen kecepatan pada arah i (m/s)
Γk	= Difusivitas turbulen untuk energi kinetik turbulen
Gk	= Laju produksi energi kinetik turbulen $\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s}^3)$
$G\omega$	= Laju produksi frekuensi spesifik disipasi turbulen (ω) (s^{-2})
Yk	= Laju disipasi energi kinetik turbulen $\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s}^3)$
$Y\omega$	= Laju disipasi frekuensi spesifik turbulen (s^{-2})
Sk	= Sumber tambahan atau istilah khusus yang terkait dengan fenomena fisik lainnya $\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s}^3)$

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.....	50
Lampiran 2.....	50
Lampiran 3.....	51
Lampiran 4.....	51
Lampiran 5.....	51
Lampiran 6.....	52
Lampiran 7.....	52
Lampiran 8.....	52
Lampiran 9.....	52