



**ANALISIS DISTRIBUSI KECEPATAN, TEKANAN DAN  
TEMPERATUR PADA PERANCANGAN SALURAN GAS  
BUANG MOBIL DESA DENGAN MENGGUNAKAN  
SOFTWARE SOLIDWORKS**

**Skripsi**

**Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin**

**Oleh**

**Febri Dwi Nugroho**

**NIM 5212414022**

**TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

**2020**

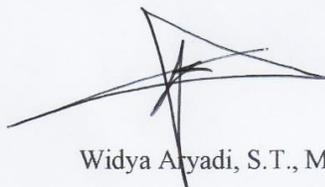
## PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Febri Dwi Nugroho  
NIM : 5212414022  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul : Analisis Distribusi Kecepatan, Tekanan dan Temeperatur Pada Perancangan Saluran Gas Buang Mobil Desa Menggunakan Software Solidworks.

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitian ujian Skripsi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 14 Mei 2020

Pembimbing



Widya Aiyadi, S.T., M. Eng.

NIP. 197209101999031001

## PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “**Analisis Distribusi Kecepatan, Tekanan dan Temperatur Pada Perancangan Saluran Gas Buang Mobil Desa Menggunakan Software Solidworks**” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal ... bulan ... tahun 2020

Oleh

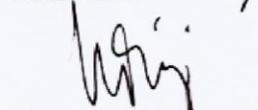
Nama : Febri Dwi Nugroho  
NIM : 5212414022  
Program Studi : Teknik Mesin, S1

Panitia:

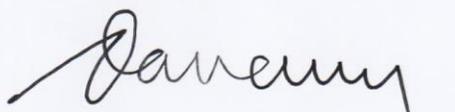
Ketua

  
Rusiyanto, S.Pd., M.T.  
NIP. 197403211999031002

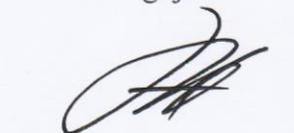
Sekretaris

  
Samsudin Anis, S.T., M.T., Ph. D., IPP.  
NIP. 197601012003121002

Penguji 1

  
Danang Dwi Saputro S.T., M.T.  
197811052005011001

Penguji 2

  
Drs. Sunyoto, M.Si.  
196511051991021001

Pembimbing

  
Widya Aryadi S.T., M. Eng.  
197209101999031001



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN .....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	viii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	ix
SARI/RINGKASAN.....	x
PRAKATA.....	xi
DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	4
1.3 Pembatasan Masalah .....	5
1.4 Rumusan Masalah .....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	6

BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Kajian Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori.....	13
2.2.1 Sistem Gas Buang ( <i>Exhaust System</i> ).....	13
2.2.2 Tegangan.....	26
2.2.3 Densitas.....	27
2.2.4 Berat Jenis.....	28
2.2.5 Udara.....	28
2.2.6 Kecepatan.....	29
2.2.7 Fluida.....	29
2.2.8 Bilangan <i>Reynolds</i> .....	30
2.2.9 Viskositas.....	31
2.2.10 Turbulensi.....	33
2.2.11 Tekanan.....	35
2.2.12 <i>Solidwork</i> .....	38
2.2.13 Fluida Bertekanan.....	41
2.2.14 Fluida Dinamis.....	41
2.2.15 Euro 4 Emission Test.....	45
2.2.16 Euro 4.....	46
2.2.17 Mobil Desa.....	46
2.2.18 Motor Bakar.....	47
2.3 Kerangka Pikir dan Hipotesis.....	49
BAB III METODE PENELITIAN.....	50
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	50
3.1.1 Waktu Penelitian.....	50
3.1.2 Tempat Penelitian.....	50
3.2 Desain Penelitian.....	50
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	52

3.3.1	Alat Penelitian.....	52
3.3.2	Bahan Penelitian.....	53
3.4	Model Rancangan.....	55
3.5	Prosedur Perancangan .....	56
3.5.1	Tahap Pengumpulan Data .....	56
3.5.2	Tahap Pemodelan I.....	56
3.5.3	Tahap Pemodelan II .....	57
3.5.4	Pemasukan Data Material .....	59
3.5.5	Eksekusi / Komputasi.....	59
3.5.6	Evaluasi.....	59
3.5.7	<i>Output</i> .....	60
3.6	Validasi Desain Pemodelan.....	60
3.7	Parameter Penelitian.....	60
3.7.1	Variabel Bebas .....	60
3.7.2	Variabel Terikat .....	60
3.7.3	Variabel Kontrol.....	61
3.8	Teknik Pengumpulan Data .....	61
3.8.1	Pengumpulan data berdasarkan hasil uji di Dinas Perhubungan .....	61
3.8.2	Uji Dimensi .....	61
3.8.3	Uji Emisi .....	61
3.9	Teknik Analisis Data .....	62
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....		63
4.1	Hasil Penelitian.....	63
4.1.1	Pengukuran dimensi .....	63
4.1.2	Spesifikasi Material.....	63
4.1.3	Desain Rangka 3D.....	64
4.1.4	<i>Boundary Conditions</i> .....	67
4.2	Hasil Pengujian.....	68
4.2.1	Hasil Uji Desain Tipe I .....	68

4.2.2	Hasil Uji Desain Tipe II .....	71
4.2.3	Hasil Uji Desain Tipe III.....	74
4.2.4	Perbandingan Hasil Analisis .....	77
4.3	Pembahasan .....	80
BAB V PENUTUP.....		85
5.1	Kesimpulan.....	85
5.2	Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA .....		87
LAMPIRAN .....		91

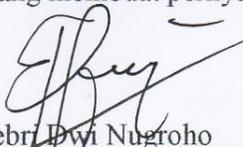
## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, Februari 2019

Yang membuat pernyataan

  
Febr Dwi Nugroho  
NIM 521241402

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO :**

- Orang – orang yang sukses telah belajar membuat diri mereka melakukan hal yang harus dikerjakan ketika hal itu memang harus dikerjakan, entah mereka menyukainya atau tidak. (Aldus Huxley)
- Sesali masa lalu Karena ada kekecewaan dan kesalahan – kesalahan, tetapi jadikan penyesalan itu sebagai senjata untuk masa depan agar tidak terjadi kesalahan lagi.

### **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan kepada

1. Skripsi ini saya persembahkan yang utama kepada Orang tua saya. Ibu dan Bapak saya yang selalu mendukung saya dan Mbak saya atas doa dan dukungannya
2. Kepada teman – teman TM angkatan 2014 atas motivasi dan inspirasinya
3. Kepada almamater yang kubanggakan
4. Kepada Nuraini Maylan Handhayani, yang selalu setia mendampingi saya, memotivasi dan memberi semangat saat suka maupun duka saat mengerjakan skripsi saya ini

## SARI/RINGKASAN

**Nugroho, F.D.**, 2020. Analisis Distribusi Kecepatan, Tekanan dan Temeperatur Pada Perancangan Saluran Gas Buang Mobil Desa Menggunakan Software Solidworks. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Pembimbing (1) Widya Aryadi, S.T., M. Eng.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola aliran pada desain *exhaust* manifold (saluran gas buang) yang dirancang dalam penelitian ini. Kemudian mendapatkan desain saluran buang yang optimal dari 3 variasi muffler serta menghasilkan gambar kerja 2D dan gambar ilustrasi assembling 3D guna acuan dala produksi knalpot mobil desa.

Metode penelitian yang digunakan adalah metode simulasi menggunakan *computational fluid dynamics* (CFD) dengan *Software Solidworks* 2016. Simulasi dilakukan pada tiga desain model *exhaust manifold* untuk mengetahui distribusi kecepatan, tekanan dan temperature serta distribusi aliran. Nilai terbaik dari rata-rata Tekanan dan Kecepatan yang diambil dari tujuh titik pengambilan dipilih sebagai desain yang terbaik pada penelitian ini.

Hasil simulasi menunjukkan *muffler* tipe 2 merupakan yang terbaik walaupun beberapa nilai parameternya bukan yang terbaik. Secara konstruksi desain tipe II memiliki sekat muffler yang berada ditengah-tengah panjang dari *muffler*. Pada grafik velocity tipe 2 menunjukkan kecepatan relatif seragam dibanding yang lain sehingga dianggap lebih baik. Dari hasil grafik temperatur dapat diketahui juga grafik temperatur tipe 2 menunjukkan rata-rata temperatur yang lebih rendah dibanding tipe 1 dan 3 yakni 298,18 °C sehingga knalpot menjadi lebih awet. Dari 3 desain variasi muffler didapatkan tipe 2 menjadi muffler yang paling optimal untuk desain saluran buang. Karena pada desain tipe 2 menghasilkan delta (selisih) tekanan yang paling besar yakni 0,111 bar serta delta (selisih) kecepatan yang paling kecil yakni 25,27 m/s.

**Kata Kunci:** Analisis, *Computational fluid dynamics*, *muffler*

## **PRAKATA**

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Analisis Distribusi Kecepatan, Tekanan dan Temperatur Pada Perancangan Saluran Gas Buang Mobil Desa Menggunakan Software Solidworks”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana teknik dan Program Studi Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat-Nya di yaumul akhir nanti, Aamiin.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M. Hum., Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T., Dekan Fakultas Teknik, Rusiyanto, S.Pd, M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin, Dr. Ir. Basyirun S.Pd., M.T., IPP., Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Mesin atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa
3. Samsudin Anis S.T., M.T., Ph.D., selaku Kaprodi yang penuh perhatian dan atas berkenaan memberi saran dan bimbingan yang dapat dihubungi sewaktu-

waktu disertai kelonggaran waktu untuk menerima keluh kesah dan referensi tentang penelitian saya yang membutuhkan waktu lebih dari satu tahun dikarenakan proyek mobi desa yang pengujiannya membutuhkan waktu yang tidak bisa cepat.

4. Widya Aryadi, S.T., M. Eng., selaku Pembimbing skripsi dan pembimbing proyek mobil desa yang sabar dan slalu mengingatkan untuk bimbingan serta memberikan informasi-informasi yang bermanfaat baik dunia akademik ataupun dunia non akademik.
5. Prof. YL Sukestiyarno M.S, Ph.D., selaku pembimbing di dalam proyek yang berkaitan dengan skripsi sekaligus selalu memberi arahan, motivasi dan nasehat yang bermanfaat dalam lingkungan akademik maupun non akademik.
6. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin FT UNNES yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga
7. Ibu, Bapak dan Mbak tercinta yang selalu memberika doa, semangat, dan dukungan serta motivasi yang tiada henti-hentinya.
8. Saudara Danang Bagus, yang telah menjadi teman seperjuangan sekaligus rekan dalam menjalankan tugas serta menyelesaikan proposal skripsi hingga selesainya penelitian ini.
9. Teman-teman Program Studi Teknik Mesin S1 dan teman satu kos yang selalu menghibur, membantu dan memberi masukan dalam penyelesain skripsi ini.
10. Nuraini Maylan Handhyani pacar saya yang selalu menemani dan menyemangti untuk menyelesaikan skripsi yang telah aku mulai harus aku selesaikan.

11. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tuis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan dunia keteknikan khususnya.

Semarang, Februari 2019

Penulis

## DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG

<b>Lambang/Singkatan/ satuan</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
Mobnas	Mobil Nasional	
Mobdes	Mobil Desa	
CC	Centimeter Cubic	
dB	Decibel	
kW	Kilowatt	
m	Meter	
t	Waktu	s
Q	Debit	m <sup>3</sup> /s
Rpm	Rotation per minute	
v	Velocity	m/s
T	Temperature	°C
P	Pressure	bar = kg/cm <sup>2</sup>
A	Luas permukaan	m <sup>2</sup>
F	Gaya	N
m	Massa	Kg
g	Gaya gravitasi	m/s <sup>2</sup>
$\sigma$	Tegangan	N/m <sup>2</sup>
CFD	Computational Fluid Dynamics	
C	Karbon	
CO	Karbon Monoksida	
O <sub>2</sub>	Oksigen	
V	Volume	m <sup>3</sup>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi material .....	14
Tabel 2.2 Service Temperature .....	15
Tabel 2.3 Kekuatan Material.....	15
Tabel 4.1 Inlet Velocity.....	67
Tabel 4.2 Environment Pressure .....	67
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Analisis Tipe I, II, III.....	78
Tabel 4.4 Perbandingan Kecepatan desain tipe I, II, III.....	79
Tabel 4.5 Perbandingan Temperatur Desain Tipe I, II, III.....	79
Tabel 4.6 Perbandingan Tekanan Desain Tipe I, II, III .....	79
Tabel 4.10 Data Kecepatan tipe I, II, III .....	82
Tabel 4.11 Data Temperatur tipe I, II, III .....	83
Tabel 4.12 Data Tekanan tipe I, II, III .....	84

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Saluran gas buang (Exhaust System) .....	16
Gambar 2.2 Exhaust Manifold .....	17
Gambar 2.3 Downpipe .....	18
Gambar 2.4 Catalytic converter (katalitik converter) .....	19
Gambar 2.5 Resonator.....	22
Gambar 2.6 Muffler .....	23
Gambar 2.7 Muffler .....	24
Gambar 2.8 Efek viskositas terhadap aliran fluida didalam suatu aliran .....	33
Gambar 2.9 Solidwork Simulation Capabilities .....	39
Gambar 2.10 Aliran Fluida Pada Sebuah Pipa.....	43
Gambar 2.11 Mobil Desa .....	47
Gambar 2.12 Dasar Mekanik Motor Bakar Piston.....	48
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	51
Gambar 3.2 Alat ukur Penggaris.....	53
Gambar 3.3 Thermometer Tembak Infrared .....	53
Gambar 3.4 Saluran Gas Buang Mobil Desa .....	55
Gambar 3.5 Desain saluran buang 2D.....	56
Gambar 3.6 Desain saluran gas buang 3D .....	57
Gambar 4.1 Saluran Gas Buang Tipe 1 dengan ketujuh titik pengambilan data .....	64
Gambar 4.2 Saluran Gas Buang Tipe 2 dengan ketujuh titik pengambilan data .....	65

Gambar 4.3 Saluran Gas Buang Tipe 3 dengan ketujuh titik pengambilan data .....	65
Gambar 4.4 Muffler desain tipe I dengan sekat berada di 1/3 bagian muffler.....	66
Gambar 4.5 Muffler desain tipe II dengan sekat berada ditengah-tengah .....	66
Gambar 4.6 Muffler desain tipe III dengan sekat berada di 2/3 bagian muffler .....	67
Gambar 4.7 aliran velocity pada desain tipe I.....	68
Gambar 4.8 Grafik Velocity tipe I .....	68
Gambar 4.9 distribui temperatur fluida pada desain tipe I.....	69
Gambar 4.10 Grafik Temperatur Fluida tipe I .....	69
Gambar 4.11 distribusi tekanan fluida pada desain tipe I .....	70
Gambar 4.12 Grafik tekanan fluida tipe I .....	70
Gambar 4.13 Aliran velocity pada desain tipe II .....	71
Gambar 4.14 Grafik Velocity tipe II.....	71
Gambar 4.15 Distribui temperatur fluida pada desain tipe II.....	72
Gambar 4.16 Grafik temperatur fluida tipe II .....	72
Gambar 4.17 Distribusi tekanan fluida pada desain tipe II.....	73
Gambar 4.18 Grafik tekanan fluida tipe II .....	73
Gambar 4.19 Aliran velocity pada desain tipe III .....	74
Gambar 4.20 Grafik Velocity tipe III.....	74
Gambar 4.21 Distribui temperatur fluida pada desain tipe III .....	75
Gambar 4.22 Grafik Temperatur Fluida tipe III.....	75
Gambar 4.23 Distribusi tekanan fluida pada desain tipe III.....	76
Gambar 4.24 Grafik tekanan fluida tipe III.....	76

Gambar 4.25 Perbandingan Kecepatan Desain Tipe I, II, III.....	80
Gambar 4.26 Perbandingan Temperatur Desain I, II, III .....	80
Gambar 4.27 Perbandingan Tekanan Tipe I, II, III.....	81

## DAFTAR LAMPIRAN

Surat Tugas Pembimbing .....	91
Surat Tugas Penguji .....	92
Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana.....	93
Formulir Usulan Topik Skripsi .....	94
Formulir Usulan Topik Skripsi/TA.....	95
Formulir Usulan Pembimbing.....	96
Usulan Pembimbing .....	97

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Laju perkembangan otomotif sebagai moda transportasi sangat membantu dan mempermudah manusia dalam pekerjaan. Disisi lain penggunaan kendaraan bermotor mempunyai dampak buruk bagi lingkungan karena gas yang dihasilkan dalam pembakaran tidak terurai atau terbakar dengan sempurna (Kusuma, 2002).

Industri otomotif Indonesia menjadi sebuah pilar penting dalam sektor manufaktur negara ini karena selain menjadikan investasi yang menguntungkan, industri otomotif juga membuka banyak lapangan pekerjaan seperti apa yang dikatakan oleh Menteri Perindustrian Mohammad Suleman Hidayat, ‘menurut pendapat (Hidayat , 2020) investasi industri otomotif masih menarik dan potensial karena menempati urutan kedua setelah industri baja bahkan potensi industri otomotif menempati urutan tertinggi kedua setelah industri baja yang mencapai 11 persen dari total produk domestik bruto (PDB)’. Hal tersebut menunjukkan bahwa industri otomotif di Indonesia sudah berkembang dan mampu bersaing dengan negara lain khususnya ASEAN.

Sejarah Mobnas sudah dimulai sejak lama (Wikipedia, 2020). Diawali dari era Toyota Kijang pada 1975 sampai mobil Esemka di era pemerintahan Joko Widodo tahun 2011. Namun belum membuahkan hasil yang memuaskan hingga sekarang. Walaupun merek Toyota berasal dari Jepang, namun semua pembuatan dan perakitan berada di Indonesia. Pertama kali mobil ini diluncurkan pada 9 Juni 1975 dihadiri oleh Presiden RI, Soeharto, dan Gubernur DKI Jakarta, Ali Sadikin

pada *event* Pekan Raya Jakarta. Mobil yang berkapasitas 1200 cc ini telah mempunyai total penjualan sampai 1 juta unit sejak peluncurannya pada tahun 1975. Selain digunakan pada Mobil Kijang mesin 1200 digunakan juga oleh Toyota Corolla, pada zamannya merupakan teknologi baru di industri kendaraan buatan Indonesia. Komponen bodi dan mesinnya semuanya berasal dari Indonesia. Mobil ini juga masih bertahan hingga sekarang dan mampu berjaya dengan munculnya mobil kijang ini juga merupakan titik balik pertumbuhan Mobil Nasional Indonesia karena penjualannya yang melewati batasa negara Indonesia, kemudian dilanjutkan mobil-mobil lainnya.

Mobil maleo diprakarsai menristek BJ Habibie tahun 1996 direncanakan dengan harga kisaran 30 juta agar terjangkau masyarakat. Memiliki mesin yang berkapasitas 1200 cc 3 silinder yang mengadopsi teknologi baru hasil kerja sama dengan perusahaan Australia (Orbital). Teknologi ini menggabungkan teknologi mesin 2 tak dengan teknologi injeksi bahan bakar. Diterapkan mekanisme mesin 2 tak agar mesin menjadi sederhana dan jumlah komponen lebih sedikit dibanding mesin berjenis 4 tak. Mobil ini sudah direncanakan mempunyai komponen lokal lebih dari 80% sehingga dihasilkan satu unit mobil buatan Indonesia. Namun rencana ini tidak bisa terealisasi karena dana tersedot oleh proyek mobnas Timor milik Tommy Suharto. Akhirnya proyek mobnas Maleo tidak bisa dilanjutkan.

Kemudian melalui Grup Bakrie di tahun 1994 dengan Bakrie Brothers pernah menyiapkan mobil Minibus. Mobil dengan rancangan model Minibus atau MPV, dinamakan Beta 97 MPV mempunyai *design* orisinal buatan rumah desain Shado

Inggris. Mobil ini telah dibuat satu dan diuji coba di Inggris. Desain akhir Mobil Beta 97 MPV sudah dibuat dan diserahkan pada manajemen Bakrie pada Aril 1995 dan siap dikembangkan. Akhirnya di tahun 1997 telah selesai prototype mobil Beta MPV. Akan tetapi belum sempat keluar proyek ini terganjal krisis moneter pada tahun 1998 sehingga tidak bisa dilanjutkan.

Lalu ada mobnas paling terkenal, milik PT Timor Putra Nasional. Perusahaan yang dimiliki Hutomo Mandala Putra yang mempunyai dukungan penuh dari pemerintah Suharto. Lewat kebijakan resmi (Keppres dan inpres) model pertama adalah Timor S515, merupakan Kia Sephia 1995 yang direbranding. Timor S2 merupakan rencana dalam mengembangkan mobil asli Indonesia. PT Timor sudah mempersiapkan sendiri rancangan Mobnas generasi kedua yang dirancang oleh rumah desain Zagato Italia akan tetapi terhenti dan tidak bisa melanjutkan langkahnya akibat Krisis Moneter 1998 dan kejatuhan rezim Suharto.

Selain pengembangan mobil, Tommy Suharto juga sempat berkolaborasi dengan pabrikan sepeda motor Cagiva dari Italia untuk memproduksi sepeda motor nasional yang diberi nama Timori. Produk pertama yang akan dilempar ke pasar rencananya adalah Sepeda motor sport 200 cc dari Cagiva.

Esemka adalah produk Mobil Nasional (Mobnas) hasil rakitan dari anak-anak siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Merupakan hasil kerja sama dari perusahaan local dan nasional serta institusi dalam negeri. Menggunakan system badge engineering (Rebadging). Mobil ini mengandung komponen local sebesar 50-90%, perakitan mobil menggunakan sistem knock down kit mobil Cina. Proses ini untuk Rajawali I Prototype dari Chery Tiggo, Rajawali I Alpha dan Jonaway

A380 untuk tipe Esemka Rajawali R2. Tipe-tipe tersebut nantinya direbranding menggunakan logo Esemka.

Mobil desa adalah kendaraan beroda empat yang digunakan untuk memudahkan kegiatan dan aktivitas masyarakat di daerah pedesaan guna mendukung proses pengangkutan hasil pertanian dan perkebunan. Mobil ini merupakan wujud kemandirian industri nasional karena komponennya 90% dari dalam negeri.

Salah satu komponen yang paling penting dalam performa kendaraan bermotor yaitu saluran gas buang (*exhaust manifold*) atau biasa disebut knalpot dan *exhaust system*. Pada mobil desa belum dilakukan perancangan khusus tentang air saluran gas buang (*exhaust manifold*).

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Adapun identifikasi masalah berdasarkan latar belakang masalah penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Mobil Pedesaan dengan mesin 970 CC memerlukan desain saluran gas buang yang khusus terkait spek mesin dan dimensi kendaraan.
2. Dalam proses perancangan sistem gas buang diperlukan analisis distribusi kecepatan, distribusi tekanan, distribusi temperature dan distribusi aliran.
3. Dalam merancang saluran gas buang diperlukan perencanaan dimensi dalam bentuk gambar kerja 2D dan gambar *assembling* 3D yang bisa dijadikan acuan saat proses produksi.
4. Untuk menghasilkan sistem saluran gas buang yang baik diperlukan analisis perhitungan yang kompleks terkait distribusi kecepatan, distribusi tekanan,

distribusi temperature dan distribusi aliran yang hanya bisa dianalisis oleh *Software* khusus.

Perencanaan *exhaust manifold* (saluran gas buang) dan analisa pada sisi dalam saluran gas buang akan dilakukan menggunakan *software Solid Works* untuk melakukan permodelan tiga dimensi.

### **1.3 Pembatasan Masalah**

Penelitian ini dibatasi:

1. Menganalisis sistem gas buang yang terdiri dari *Exhaust Manifold, Muffler* pada mobil desa 970 CC dengan menggunakan *software Solid Works*.
2. Merancang sistem gas buang dalam bentuk gambar 2D dan ilustrasi *assembling 3D*.
3. Membandingkan 3 variasi sekat kontruksi *muffler* dari analisis distribusi kecepatan, distribusi tekanan, distribusi temperatur.

### **1.4 Rumusan Masalah**

Berdasarkan masalah yang sudah dibahas, maka rumusan masalah yang dirancang penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana analisis distribusi kecepatan, tekanan dan temperatur pada ketiga variasi tipe *Muffler* dengan menggunakan *software Solid Works*.
2. Bagaimana menentukan variasi peletakan sekat yang optimal pada 3 variasi *muffler*.
3. Bagaimana membandingkan ketiga variasi kontruksi *muffler* dari analisis distribusi kecepatan, distribusi tekanan, distribusi temperatur.

### **1.5 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui distribusi kecepatan, tekanan dan temperatur pada ketiga variasi tipe *Muffler* dengan menggunakan *software Solid Works*.
2. Untuk mengetahui variasi peletakan sekat yang optimal pada 3 variasi *muffler*.
3. Untuk mengetahui perbandingan ketiga variasi konstruksi *muffler* dari analisis distribusi kecepatan, distribusi tekanan, distribusi temperature dan distribusi aliran.

#### **1.6 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan memberi manfaat dengan adanya desain optimal bagi langkah produksi knalpot pada tahap berikutnya.
2. Menambah pengalaman dan ilmu pengetahuan dalam merancang sistem gas buang pada kendaraan mobil desa.

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Kajian Pustaka

Beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait dengan dengan “**Analisis Distribusi Kecepatan, Tekanan dan Temeperatur Pada Perancangan Saluran Gas Buang Mobil Desa Menggunakan Software Solidworks**” sebagai berikut:

Penelitian oleh Syawaluddin, dkk (2016: 1), meneliti tentang “Pengujian Desain Muffler Untuk Mengurangi Emisi Suara ada Mesin Diesel” melakukan penelitian untuk mendesain *muffler* baru yang digunakan pada instalasi pembangkit listrik tenaga diesel agar mampu mengurangi emisi suara dari pipa gas buang. Pengujian dilakukan menggunakan beberapa variasi beban yakni 0, 25, 50, 75 dan 100% pada mesin diesel. Hasil yang diperoleh yakni desain *muffler* baru dengan pembebanan 0% didapat tingkat kebisingan 75 dB, dimana *muffler* standar 95 dB. Untuk pembebanan 100% *muffler* desain baru menghasilkan nilai sebesar 85 dB, dimana *muffler* standar yakni 105 dB. Maka *muffler* ini dapat digolongkan kategori residensial 300 atau 400. Karena mampu mereduksi suara 25-35 dB.

Hidayatulloh, dkk (2019: 91), melakukan penelitian yang berjudul “Rancang Bangun *Exhaust* System pada Mobil Minimalis Roda Tiga” Penelitian ini dimaksudkan untuk merancang saluran gas buang yang aman dan sesuai dengan mesin yang daplikasikan pada mobil minimalis roda tiga. Saluran gas buang harus dipertimbangkan karena mengingat gas yang akan dibuang adalah gas hasil pembakaran bahan bakar dari mesin. Jadi, desain *exhaust system* perlu dilakukan

perancangan agar gas hasil pembakaran mesin disalurkan ketempat yang aman bagi pengguna. Penelitian ini menggunakan tabel daftar kebutuhan untuk mengetahui kriteria-kriteria yang dibutuhkan untuk merancang konsep *exhaust system*. Konsep *exhaust system* dirancang sebanyak 2 konsep. Pemilihan *exhaust system* dilakukan menggunakan perbandingan konsep. Setelah didapatkan konsep terpilih, dilakukan perhitungan diameter dalam saluran *exhaust system* sekaligus analisa CFD (*Computational Fluid Dynamic*) untuk mengetahui besar back pressure yang dihasilkan oleh saluran *exhaust system*. Setelah itu, dibuat detail *drawing* dari saluran *exhaust system* konsep terpilih, dan dilakukan proses fabrikasi sekaligus pengujian kebisingan untuk mengetahui efek dari silencer terpilih. Pemilihan diameter pipa pada *exhaust system* diperlukan karena sangat berpengaruh terhadap gas buang yang terdorong. Oleh karena itu, pemilihan ukuran pipa pada *exhaust system* perlu dilakukan perhitungan kombinasi antara letak mesin, intake manifold, karburator. Selain itu, perlu dilakukan penyesuaian terhadap header, resonator, serta muffler. Pemilihan pipa dengan lekukan yang baik dan bulat juga dilakukan agar sisa gas buang dapat mengalir lancar. Dari penelitian ini disimpulkan perhitungan ukuran diameter dalam saluran *exhaust system* yaitu dengan mengetahui besar kapasitas silinder mesin yang digunakan pada mobil minimalis roda tiga dan panjang leher saluran *exhaust system* dari konsep terpilih, dan didapatkan besar diameter dalam sebesar 28,448 mm dan didapatkan diameter 31,75 mm untuk menyesuaikan dengan produk yang ada di pasaran. Alur saluran *exhaust system* yang aman dan sesuai dengan peletakan mesin dari mobil minimalis roda tiga adalah dengan menyalurkan pipa ke bagian bawah mesin, lalu diarahkan menuju

bagian kanan mesin sebagai peletakan *silencer*. Cara membuat saluran *exhaust system* pada mobil minimalis roda tiga adalah dengan membuat detail *drawing* terlebih dahulu, dimana terdapat bentangan untuk mempermudah proses pembuatan, selanjutnya dilakukan penyesuaian terhadap mobil minimalis roda tiga dengan dilakukan tag welding pada lekukan pipa, jika sesuai, maka dilakukan penyambungan dengan pengelasan yang dibantu menggunakan *router*, dan pemasangan dilakukan pengikatan flange pada mesin dengan dibantu menggunakan mur.

Penelitian yang dilakukan oleh Badarudin, dkk (2019: 104), melakukan pengamatan menggunakan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) perangkat lunak dengan memvariasikan debit udara yang mempengaruhi distribusi pola dan suhu distribusi aliran udara. Selanjutnya, hasil simulasi dibandingkan dengan standar yang ada sehingga diharapkan mendapatkan hasil yang diinginkan. Variasi debit udara menunjukkan pola dan suhu aliran udara distribusi telah berubah. Debit udara kecil menghasilkan pola aliran udara dan distribusi suhu tidak seragam. Debit udara sedang menunjukkan aliran udara dan distribusi suhu seragam. Lalu debit udara tinggi, udara pola aliran tidak seragam, tetapi distribusi suhu lebih banyak seragam. Dalam simulasi ini, variasi debit udara pada *Cleanroom* mempengaruhi distribusi suhu. Debit udara 125% dan 100% sesuai dengan syarat dan kriteria standar dari spesifikasi CPOB atau *Cleanroom*. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa variasi debit udara suplai pada *cleanroom* berpengaruh terhadap distribusi temperature. Debit udara suplai 125% dan 100% sesuai dengan syarat dan kriteria standar dari CPOB ataupun spesifikasi ruangan. Debit udara suplai 150% tidak

disarankan untuk ruang *cleanroom* karena tidak memenuhi standar dari kecepatan udara berdasarkan CPOB meskipun temperature dan tekanan debit udara suplai 150% memenuhi syarat dan kriteria standar dari CPOB ataupun spesifikasi ruangan. Debit udara suplai 75% memenuhi syarat dan kriteria standar dari CPOB tapi tidak memenuhi standar dari spesifikasi ruangan. Debit suplai 60% tidak sesuai dengan syarat dan kriteria standar dari ASHRAE, CPOB ataupun spesifikasi ruangan.

Penelitian oleh Awaludin, dkk (2014: 223) meneliti tentang “Analisis Aliran Fluida Dua Fase (Udara-Air) melalui Belokan 45°” melakukan penelitian untuk menentukan dropflow dari pola aliran dan dua fase. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yakni dengan mengukur langsung dan tak langsung. Sesi uji digunakan pipa akrilik transparan supaya perilaku aliran dapat diamati dengan jelas. Debit aliran air dan udara diukur menggunakan flow meter, kedua aliran (udara-air) bercampur pada mixer. Sebelum melewati sesi uji, aliran dua fase (udara-air) melewati pipa horizontal sepanjang 200 mm. Pengukuran aliran menggunakan manometer U sebelum dan sesudah belokan dengan elevation pressure tap ( $\Delta Z$ ) 30 mm. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa jika ukuran *slug/plug flow* yang terjadi semakin besar maka semakin besar gas volume *fraction* ( $\beta$ ) disetiap debit aliran udara (QG). Berbanding terbalik dengan bilangan Reynolds superfisial air ( $vsL$ ), dimana pressure drop ( $\Delta p$ ) aliran dua fase melalui belokan 45° mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya gas volume fraction ( $\beta$ ).

Penelitian oleh Darmawan, dkk (2018: 181), meneliti tentang “Analisis Bilangan Reynold (Re) Untuk Menentukan Jenis Aliran Fluida Menggunakan Cfd (Computational Fluid Dynamic) Sebagai Rancangan Bahan Ajar Di Sma”

melakukan penelitian guna mengetahui pengaruh dari nilai bilangan Reynold ( $Re$ ) untuk menentukan jenis aliran fluida, dengan cara melakukan simulasi aliran fluida menggunakan program CFD (*Computational Fluid Dynamic*). Hasil simulasi berupa gambar dengan variasi diameter dalam pipa dan kecepatan aliran fluida dimana hasil simulasi aliran fluida menggunakan program CFD (*Computational Fluid Dynamic*) yang akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan rancangan bahan ajar. Penelitian ini dilakukan dengan metode analisis deskriptif, penelitian ini dilaksanakan dengan melakukan study menggunakan komputer yang dilakukan di laboratorium lanjut fisika Universitas Jember. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: (1) komputer, komputer disini berfungsi sebagai media untuk software yang digunakan, (2) CFD (*computational Fluid Dynamics*) dalam penelitian ini yaitu software simufluida (beta) berfungsi untuk mensimulasikan aliran fluida, (3) microsoft paint berfungsi untuk membuat model pipa silinder, dan (4) ATK berfungsi untuk menghitung nilai bilangan Reynold ( $Re$ ). Diameter dalam pipa yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu (0,3, 0,5, 0,7, dan 1) m, kecepatan aliran fluida yaitu (0,05, 0,1, 0,15, dan 0,2) m/s, densitas fluida sebesar  $1000 \text{ kg/m}^3$ , viskositas fluida sebesar  $0,022 \text{ kg/m.s}$ . Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa (1) Semakin besar diameter dalam pipa dan kecepatan aliran fluida, maka bilangan reynold juga semakin besar mengakibatkan aliran fluida cenderung bersifat turbulen, dan sebaliknya.

Penelitian oleh Gunawan, dkk (2017: 1), meneliti tentang “Analisa Distribusi Tekanan Udara Yang Melewati Elbow  $90^\circ$ ” melakukan penelitian untuk mengetahui besarnya kerugian tekanan pada elbow  $90^\circ$ . Bahan yang digunakan

dalam penelitian ini yaitu: Akrilik, udara, pipa kapiler diameter 0,7 mm, dan lem. Red oil pengisi manometer dengan spesifikasi merek, global brake fluid, dot 3 FMVSS 116, SAE J 17,03, SG 0,8614. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yakni Instalasi pengujian distribusi tekanan udara yang melewati elbow 90°. Manometer spesifikasi jenis manometer V, sudut kemiringan 30°, tingkat ketelitian mistar ukur 0,5 mm, mesin bor spesifikasi merek: induction motor, power 250 W, kecepatan 1400 rpm, blower spesifikasi electric blower, ukuran 3 inch, putaran 3000/3600 rpm. Penelitian tersebut disimpulkan bahwa (1) Nilai distribusi tekanan ( $C_p$ ) pada  $Re=8,1737 \times 10^4$  yang tertinggi terdapat pada daerah pengukuran x3, dengan nilai distribusi tekanan = 1,670224929. Nilai kerugian tekanan (HL) yang tertinggi terdapat pada daerah pengukuran x3, dengan nilai kerugian tekanan = 7,966091593 m. (2) Nilai distribusi tekanan ( $C_p$ ) pada  $Re = 10,1467 \times 10^4$  yang tertinggi terdapat pada daerah pengukuran x3, dengan nilai distribusi tekanan = 6,038594023. Sedangkan nilai kerugian tekanan (HL) yang tertinggi terdapat pada daerah pengukuran x2, dengan nilai kerugian tekanan = 10,86453623 m

Penelitian oleh Subagyo, (2011: 237), meneliti tentang “Analisis Faktor Gesekan Pada Pipa Lurus Dengan Variasi Debit Aliran” Distribusi aliran laminar / turbulen sangat dipengaruhi dari bilangan Reynold, Viskositas, gradien tekanan dan kekasaran permukaan. Koefisien gesek yang tinggi berpengaruh secara langsung pada besarnya penurunan tekanan yang pada akhirnya berdampak pada besarnya energi yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida. Pentingnya peranan koefisien gesekan pada aliran maka dilakukan penelitian faktor gesekan pada pipa lurus dengan variasi debit aliran, dengan cara melakukan pengukuran tekanan pada dua

titik tertentu untuk mengetahui kerugiannya. Penelitian tersebut disimpulkan bahwa (1) Faktor gesek akan semakin kecil nilainya dengan kenaikan bilangan Reynolds kemudian dengan bertambah besarnya Re maka friction faktor nilainya akan semakin stabil (hampir tidak berubah). Hasil eksperimen pertama faktor gesek tertinggi diperoleh pada  $Re=4,30 \times 10^4$  dengan nilai  $f=2,195 \times 10^{-2}$  untuk eksperimen kedua pada  $Re=1,41 \times 10^4$  dengan nilai  $f=2,460 \times 10^{-2}$  dan eksperimen ketiga pada  $Re=2,39 \times 10^4$  dengan nilai  $f=2,460 \times 10^{-2}$ . Dan untuk nilai terendah terjadi pada  $Re=1,91 \times 10^5$  dengan nilai  $f=1,513 \times 10^{-2}$ ,  $Re=1,86 \times 10^5$  dengan nilai  $f=1,521 \times 10^{-2}$  dan  $Re=1,75 \times 10^5$  dengan nilai  $f=1,544 \times 10^{-2}$ . Pada bilangan Re mulai  $1,5 \times 10^5 - 2 \times 10^5$  nilai faktor gesekan lebih cenderung stabil (tidak berubah). Selisih perhitungan  $f_{nikuradse}$  VS  $f_{eksperimen}$  adalah 1,366929 % dan  $f_{moody}$  VS  $f_{eksperimen}$  adalah 1,138952 %.

Penelitian oleh Priangkoso, dkk (2017: 57), meneliti tentang “Analisis Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Kerugian Tekanan Pada Saluran Udara”. Penelitian ini disimpulkan yakni Alat tersebut dapat digunakan sebagai alat praktikum secara terbatas yakni untuk menunjukkan adanya kerugian tekanan pada aliran udara dalam pipa (duct). Alat ini tidak dapat digunakan untuk menunjukkan fenomena hubungan penurunan tekanan sebagai fungsi kuadrat laju aliran, hal ini terjadi karena pengukuran yang tidak tepat dan kesalahan pemasangan pipa manometer pada bagian dalam pipa udara.

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Sistem Gas Buang (*Exhaust System*)**

Sistem pembuangan yakni saluran yang digunakan untuk membuang sisa hasil pembakaran pada mesin pembakaran dalam. Sistem pembuangan terdiri dari

beberapa komponen, minimal terdiri dari satu pembuangan. Saluran pembuangan di Indonesia dikenal juga sebagai knalpot, merupakan bentuk kata serapan dari Bahasa Belanda yang secara berarti saringan suara. Salah satu fungsi dari saluran gas buang adalah sebagai peredam suara yang dikeluarkan dari mesin (Hidayatulloh, *dkk.* 2019: 91). Perencanaan pemilihan saluran gas buang juga harus diperhitungkan untuk mengetahui apakah gas buang yang akan dikeluarkan aman. Gas buang tersebut akan disalurkan melalui knalpot ke udara luar. Menurut (Rajadurai & *dkk.*, 2014) pipa pada *exhaust system* harus memberikan keuletan yang baik, dapat dilas, mempunyai ketahanan panas yang baik serta ketahanan terhadap korosi yang baik. Material standar yang biasa digunakan adalah SUH 409L, SUS 430, SUS 436LM, SUS 439L, SUSU 304, SUS 441 L, SKTM 11A, STZC30, STZC 52, SUS 436L. Berikut adalah spesifikasi material yang dijelaskan pada tabel

Tabel 2.1 Komposisi material

Komposisi material (%)							
Material	C	Mn	Si	Cr	Mo	Ni	Ti
SUS 436 LM	0,01	0,06	0,09	18,18	0,89	0,30	0,29
SUS 439 L	0,02	0,25	0,65	17,13	-	0,28	0,36
SUS 304	0,04	1,59	0,34	19,73	0,11	9,18	0,01
SKTM 11 A	0,09	0,56	0,13	0,11	0,06	0,11	-

Sumber: (Hidayatulloh, Imron, & Setiawan, 2019)

Tabel 2.2 *Service Temperature*

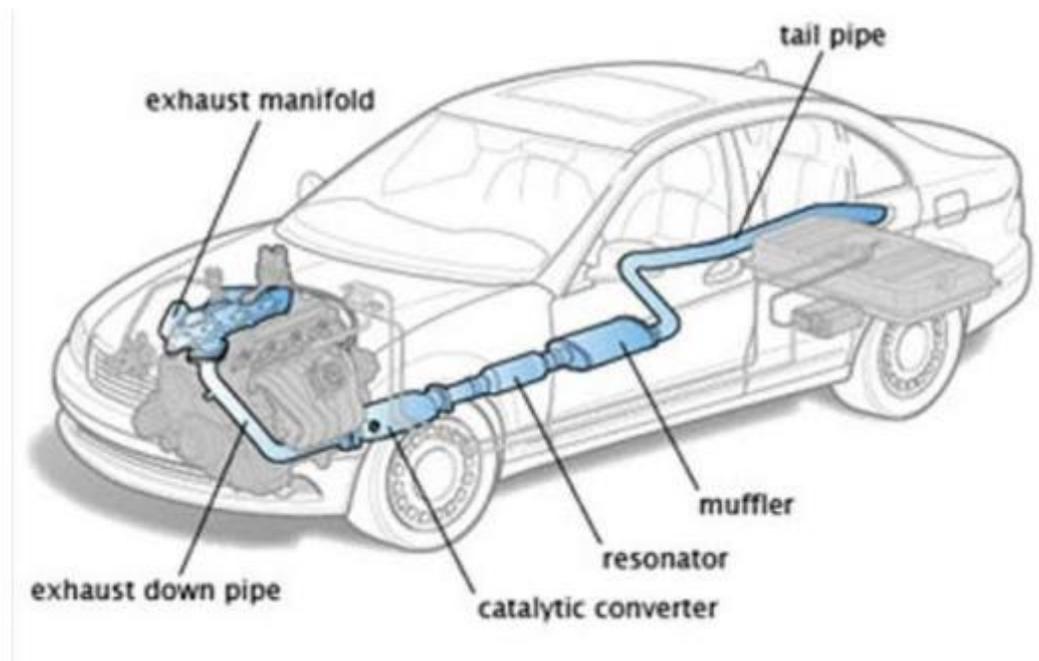
Material	<i>Service Temperature (C°)</i>
SUS 436 LM	806
SUS 439 L	927
SUS 430	870
SUS 439 L	927
SUS 441 L	950
SUS 304	925

Sumber: (Hidayatulloh, Imron, & Setiawan, 2019)

Tabel 2.3 Kekuatan Material

<i>Mecanical Properties for Steel</i>				
Material	<i>Yield Strength</i> (N/mm <sup>2</sup> )	<i>Tensile Strength</i> (N/mm <sup>2</sup> )	<i>Elongation</i> (%)	<i>Hardness</i> (HV)
SUS 439 L	260	415	36	165
SUS 304	345	605	55	164
SUH 409 L	263	427	35	134
SUS 441 L	270	480	38	166

Sumber: (Hidayatulloh, Imron, & Setiawan, 2019)



Gambar 2.1 Saluran gas buang (*Exhaust System*)

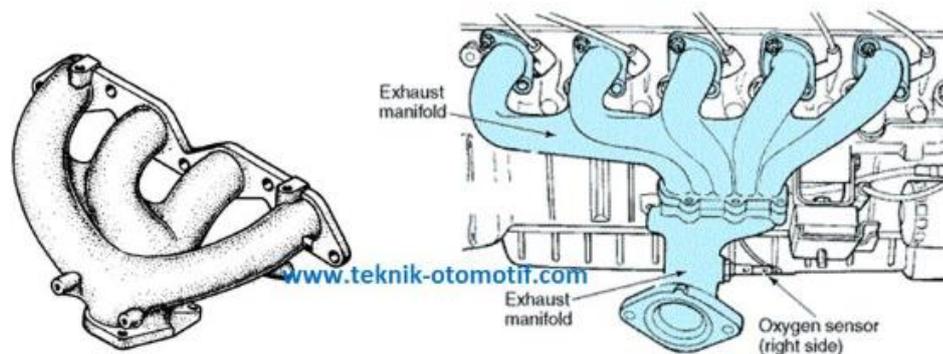
Sumber: Kabaroto.com-<https://kabaroto.com/post/read/cari-tahu-apa-fungsi-resonator>

Menurut Gridoto “Sistem Gas Buang atau disebut dengan *Exhaust System* adalah sistem yang berfungsi untuk membuang gas hasil pembakaran. Sistem gas buang ini disusun oleh beberapa komponen utama yaitu *exhaust manifold (header)*, pipa gas buang (*exhaust pipe*), *catalytic converter*, resonator, *muffler*, dan *muffler tip*.”

#### 2.2.1.1 *Exhaust Manifold (header)*

*Exhaust Manifold (exhaust header)* atau manifold buang merupakan komponen pertama dari *exhaust* yang berhubungan dengan mesin yang berfungsi untuk menerima pembuangan pertama dari tiap silinder kemudian disalurkan menjadi satu selanjutnya, akan mengalirkan gas hasil pembakaran pada tiap-tiap silinder ke pipa saluran buang (*exhaust pipe*) kemudian dilanjutkan ke *catalytic*

*converter* lalu ke *muffler* dan juga bertujuan untuk mengurangi tekanan balik dan menyalurkan gas buang dari ruang bakar menuju ke komponen lain sistem gas buang (Wahyu, R. 2019). *Exhaust manifold* ini disambungkan pada saluran buang pada kepala silinder menggunakan sambungan baut dan mur bila mesin memiliki 4 silinder, maka jumlah pipa header akan berjumlah 4 pipa, akhirnya akan menjadi satu sebelum masuk ke bagian selanjutnya, yaitu resonator ataupun *catalytic converter* (Ordexhaust.com). Pada sistem EFI (*Electronic Fuel Injection*), pada *exhaust manifold* juga dilengkapi dengan oksigen sensor yang juga terpasang pada *exhaust manifold* yang berfungsi untuk mendeteksi kandungan dari gas buangnya. Bila *exhaust manifold* ini mengalami kebocoran maka gas buang yang dihasilkan tidak akan disaring sehingga bila gas ini terhirup oleh manusia akan sangat berbahaya.



Gambar 2.2 *Exhaust Manifold*

Sumber: <https://www.teknik-otomotif.com/2018/01/fungsi-intake-manifold-dan-exhaust.html>

### 2.2.1.2 Pipa Gas Buang (*exhaust down pipe*)

Mobil pada era sekarang banyak yang langsung memakai *downpipe* untuk saluran gas buang. *Downpipe* merupakan bagian dari *header* knalpot akan tetapi

saluran buang utama langsung menyatu dengan silinder *head*, contoh milik mobil Honda Jazz atau Mobilio. *Header* knalpot sendiri merupakan saluran gas buang yang kebanyakan satu pipa header untuk satu silinder. Saluran *header* tetap masih menggunakan *downpipe*, saluran *headernya* sudah menyatu dengan silinder *head* sehingga lebih efisien.

Penggunaan *downpipe* pada saluran gas buang mobil biasanya pabrik mendesain mesin mesin agar lebih efisien dan bentuk mesin yang lebih kompak dibanding mesin yang masih menggunakan *header* (Fasha , 2019). Sementara untuk mobil yang masih menggunakan *header* biasanya membutuhkan kompartemen mesin lebih besar, sehingga ruang pada bagian mesin ini untuk saluran *header* pada masing-masing silinder.



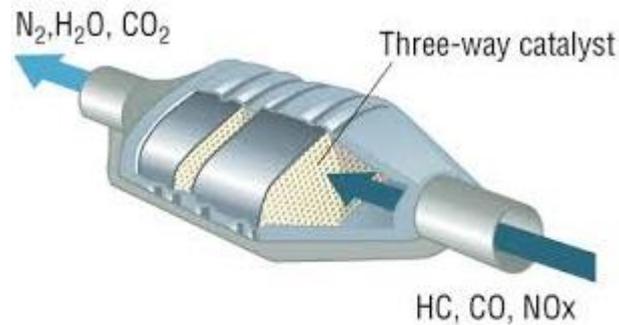
Gambar 2.3 *Downpipe*

Sumber: Gridoto.com-<https://www.gridoto.com/read/221905459/>

### 2.2.1.3 *Catalytic Converter*

Konverter katalitik merupakan alat yang digunakan sebagai pengendali emisi buangan. Alat ini akan mengubah gas dan polutan beracun pada gas buangan menjadi polutan yang tidak terlalu beracun dengan mengkatalis reaksi redoks

(reaksi oksidasi dan reduksi). Fungsi *catalytic converter* sendiri digunakan dalam mesin pembakaran internal berbahan bakar minyak atau diesel.



Gambar 2.4 *Catalytic converter* (katalitik converter)  
(Sumber: wikipedia.com)

Menurut (Irawan, Purwanto, & Hadiyanto, 2011) *Catalytic converter* merupakan alat yang digunakan untuk menurunkan nilai polutan dan emisi kendaraan bermotor terutama kendaraan berbahan bakar bensin. Fungsi *catalytic converter* mempercepat oksidasi emisi karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC), serta mereduksi Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>). Gas karbon monoksida dihasilkan dari proses pembakaran yang tidak sempurna akibat dari pencampuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya, boleh dikatakan bahwa terbentuknya CO sangat tergantung pada perbandingan campuran bahan bakar yang masuk dalam ruang bakar. Menurut teori bila terdapat oksigen yang melebihi perbandingan campuran ideal teori) campuran menjadi terlalu kurus maka tidak akan terbentuk CO. tetapi kenyataannya CO juga terjdadan dihasilkan pada saat kondisi campuran terlalu kurus.

Proses terjadinya CO:





Reaksi ini sangat lambat dan tidak dapat berubah seluruh sisa CO menjadi CO<sub>2</sub>. (Irawan, Purwanto, & Hadiyanto, 2011)

Pengenalan *catalytic converter* yang pertama kali beredar ada di pasar mobil Amerika Serikat. Untuk mematuhi peraturan emisi gas buang A.S. Environmental Protection Agency yang lebih ketat, kebanyakan kendaraan bertenaga bensin yang dimulai dengan model tahun 1975 harus dilengkapi dengan *catalytic converters*. Konverter "dua arah" ini menggabungkan oksigen dengan karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon yang tidak terbakar (HC) untuk menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O). Konverter katalitik dua arah diubah menjadi usang oleh konverter "tiga arah" di tahun 1981 yang juga mengurangi oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>) bagaimanapun, konverter dua arah masih digunakan untuk mesin tanpa bakar. Ini karena konverter tiga arah memerlukan pembakaran kaya atau stoikiometrik untuk berhasil mengurangi NO<sub>x</sub>.

Ada jutaan mobil di jalan di Amerika Serikat, dan masing-masing merupakan sumber polusi udara. Apalagi di kota-kota besar, jumlah polusi yang dihasilkan semua mobil bersama bisa menimbulkan masalah besar.

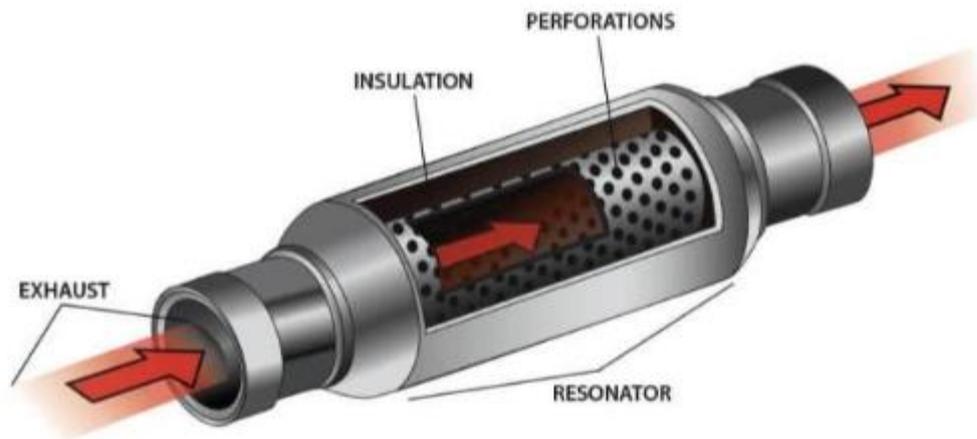
Untuk mengatasi masalah tersebut, kota-kota, negara bagian dan pemerintah federal membuat undang-undang udara bersih yang membatasi jumlah polusi yang dapat dihasilkan mobil. Selama bertahun-tahun, pembuat mobil telah membuat banyak penyempurnaan pada mesin mobil dan sistem bahan bakar untuk mengikuti undang-undang ini. Salah satu perubahan ini terjadi pada tahun 1975 dengan perangkat menarik yang disebut *catalytic converter*. Tugas *catalytic converter*

adalah mengubah polutan berbahaya menjadi emisi yang kurang berbahaya sebelum meninggalkan sistem pembuangan mobil.

Maka *Catalytic converter* pada dasarnya merupakan sebuah reaktor unggun tetap (Fixed Bed Reaktor) yang beroperasi dinamis dan mengolah zat-zat yang mengandung emisi gas yang berbahaya menjadi zat-zat yang tidak berbahaya. *Catalytic converter* merupakan sebuah converter (pengubah) yang menggunakan media yang bersifat katalis, dimana media tersebut diharapkan dapat membantu atau mempercepat terjadinya proses perubahan zat (reaksi kimia) sehingga gas seperti CO dapat teroksidasi menjadi CO<sub>2</sub> (Irawan, Purwanto, & Hadiyanto, 2011).

#### **2.2.1.4 Resonator**

*Resonator* adalah bagian setelah header yang berfungsi sebagai peredam suara. Fungsi Resonator sendiri hanya sebagai penghalus suara tapi bilamana dimensi dari resonator tersebut asal-asalan hasilnya pun akan merugikan bagi mesin kendaraan, boros dan tenaga loyo. Terkadang suara justru menggelegar bukannya teredam.



Gambar 2.5 *Resonator*  
KabbarOto.com

Seperti yang kita tahu, pabrikan mobil tidak akan menjual mobil dengan performa maksimal mesin. Sebab banyak faktor, contoh paling mudah adalah keamanan dan standar emisi gas buang. Oleh karena itu, banyak pemilik mobil yang merasa kurang tertantang dengan performa mesinnya. Ada berbagai cara untuk meningkatkan tenaga mesin, salah satu alternative paling mudah, dan juga terjangkau adalah mengganti *exhaust system* dengan yang lebih bebas hambatan, sehingga aliran gas buang lebih bebas. Banyak yang belum mengetahui bagian *exhaust system* bahkan mungkin hanya sekedar tahu ganti knalpot. Padahal *exhaust system* sendiri memiliki beberapa bagian mulai dari mesin hingga akhirnya dibuang lewat *muffler* (peredam suara).

Jika kita mengganti *muffler* atau *full exhaust system*, suaranya akan jauh lebih berisik dan keras, sehingga berpotensi mengganggu pengendara lain serta

tetangga sebelah rumah. Agar tidak mengganggu orang lain saat memodifikasi knalpot perlu part yang namanya *resonator*.

#### 2.2.1.5 Muffler (*Peredam Suara*)

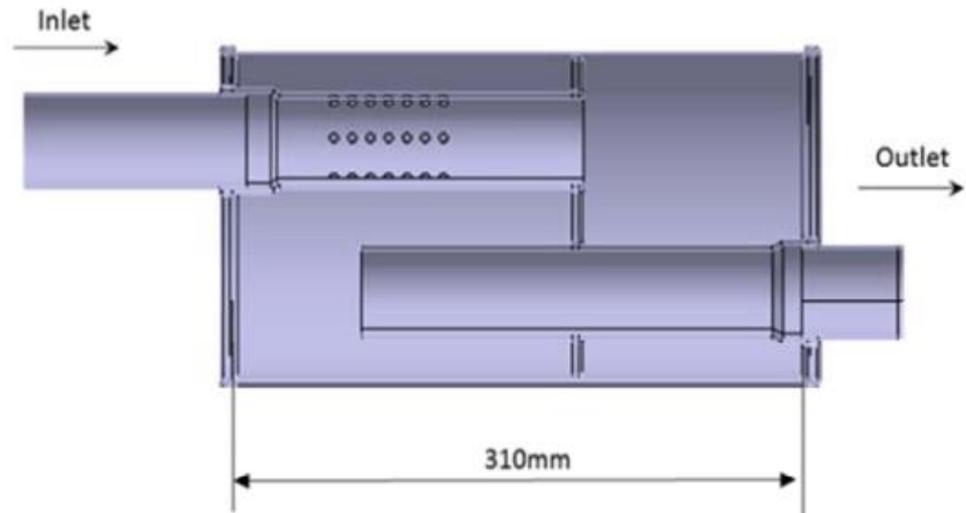
*Muffler* (peredam suara) atau disebut juga dengan *silencer* berfungsi menyalurkan gas sisa keluar ke atmosfer serta meredam suara mesin. Menurut (Syawaluddin E. d., 2016) *muffler* berguna untuk mengurangi suara keras dan bising yang keluar dari *manifold* gas buang mesin.



Gambar 2.6 *Muffler*

Sumber:

<http://web.ipb.ac.id/~tepfteta/elearning/media/Bahan%20Ajar%20Motor%20dan%20Tenaga%20Pertanian/Komponen%20pelengkap-1.htm>



Gambar 2.7 *Muffler*  
 Sumber : (Ariara Guhan, 2018)

*Muffler* dipasang dalam sistem pembuangan dari kebanyakan mesin pembakaran internal. Proses pembakaran di ruang bakar mesin akan menghasilkan gas buang dan gas ini akan dikeluarkan dari mesin melalui *muffler* knalpot. Setelah proses pembakaran usai, gas hasil proses pembakaran yang memiliki tekanan dan temperature yang tinggi itu harus dibuang agar ruang bakar bisa diisi oleh campuran bahan bakar dan udara yang baru. Gas ini mengalir ketika katup buang di ruang bakar terbuka ketika piston melakukan langkah buang dan menuju *exhaust manifold*. Karena tekanan dan temperaturnya tinggi, gas buang akan cepat mengembang dan menimbulkan suara keras hingga di *muffler* knalpot.

Agar membuat berkendara tetap nyaman, pabrikan mobil menggunakan *muffler* atau *silencer* yang menyatu pada system knalpot. Berbentuk oval atau silinder, *muffler* yang digunakan untuk meredam suara keras gas buang itu memiliki tugas utama mengurangi pousi suara yang dihitung dengan satuan decibel (dB).

Meski berbeda-beda, konstruksi *muffler* ini didesain untuk mereduksi tekanan dan temperature gas buang sehingga saat terlepas ke udara bebas suaranya tidak lagi keras. Ruang *muffler* diisi oleh sekat dari lempengan plat dan tabung berlubang serta menggunakan material *wool* atau bahan sintetis lainnya untuk menyerap bising. Rangkaian plat ini membelokkan aliran gas buang hingga tekanan dan temperaturnya turun sebelum terlepas melalui ujung knalpot.

Selain untuk meredam suara bising, *muffler* knalpot ini juga memiliki fungsi untuk menambah performa yang dihasilkan oleh mesin, meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar, mengurangi emisi gas buang dan untuk menambah aspek penampilan kendaraan. Tapi beberapa hal itu bisa tercapai jika gas buang yang melewati *muffler* itu dapat mengalir dengan mulus. Tak sedikit pengguna mobil yang mengganti *muffler* dengan produk aftermarket baik untuk meningkatkan performa mesin atau penampilan. Tapi jika desainnya justru menghalangi atau menghambat aliran gas buang, maka beberapa fungsi lain dari *muffler* itu tidak tercapai. Hal itu karena *muffler* knalpot ini harus dapat mengalirkan gas buang secara maksimal tapi dapat meredam tekanan dengan maksimal. Di lain sisi, bila desain *muffler* aftermarket yang dipilih membuat gas buang mengalir lebih cepat maka suara yang dihasilkan lebih keras dari standar. Bisa jadi, torsi mesin pun akan menurun sehingga pengemudi perlu menginjak pedal gas lebih dalam untuk mencapai kecepatan tertentu dan itu berarti konsumsi bahan bakar menurun.

Yang perlu diwaspadai adalah ketika *muffler* mengalami karat karena terletak di kolong mobil. Sejalan dengan waktu, karat itu bisa membuat dinding *muffler* berlubang, hal ini dapat membuat suara knalpot tidak normal dan makin

keras dan sebelumnya jika lubang itu makin besar, selain suara makin bising. Performa mesin baik tenaga maupun efisiensinya akan menurun.

Menurut (Purnama, 2019): 2019 *Muffler* (Peredam Suara) terbagi menjadi dua jenis, yaitu :

a. Jenis Lurus (*Straight Though*)

Jenis ini terdiri dari sebuah pipa lurus yang dilingkupi pipa berdiameter lebih besar.

b. Jenis Berbelok (*Reverse Flow*)

Jenis ini terdiri dari potongan-potongan pipa yang pendek dan sekat-sekat penahan (*baffles*) guna menekan gas buang maju dan mundur sebelum keluar. Peredam seperti ini menciptakan suatu ruang pemuaiian yang dapat mengurangi suara gas buang dan menahan semburan api.

### 2.2.2 Tegangan

Tegangan yaitu intensitas gaya yang bekerja untuk tiap satuan luas bahan. Jika sebuah benda elastis ditarik oleh sebuah gaya, benda tersebut akan bertambah panjang sampai ukuran tertentu. Besarnya tegangan adalah perbandingan antara gaya tarik yang bekerja terhadap luas penampang benda. Tegangan didefinisikan sebagai intensitas gaya yang bekerja pada tiap satuan luas bahan (Fauzi, 2013). Tegangan yang terjadi saat suatu material diberi beban oleh gaya aksial dinamakan dengan tegangan normal. Nilai dari tegangan normal untuk sekian banyak luas lokasi irisan secara simpel dapat didekati dengan gaya yang bekerja dipecah dengan luas lokasi irisan. Secara matematis tegangan dirumuskan sebagai berikut (Fauzi, 2013):

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana:

$\sigma$  = Tegangan atau gaya per satuan luas ( $N/mm^2$ )

$P$  = Beban (Newton)

$A$  = Luas penampang ( $mm^2$ )

Ketika material dibebani, maka bakal menghasilkan bending stress (tegangan tekuk). Bending stress adalah tipe dari normal stress akan tetapi sedikit lebih spesifik. Ketika material dibebani maka akan menghasilkan apa yang disebut sebagai tegangan kompresif normal tegangan pada arah horizontal adalah nol (Fauzi, 2013:10). Pada aplikasi solidworks tegangan terbesar diperlihatkan pada gradasi warna paling merah, terkecil ialah paling biru. Sedangkan lokasi dengan tegangan sedang ialah area warna kuning hijau hingga biru muda.

### 2.2.3 Densitas

Densitas adalah massa dari materi atau zat setiap satuan volumenya. Kerapatan atau densitas dari fluida akan mempengaruhi jenis aliran dari fluida, bila di tinjau dari bilangan Reynolds-nya. Densitas suatu zat atau materi dapat dilihat dari temperturnya. Semakin tinggi temperatur zat atau materi maka densitas dari zat tersebut akan semakin rendah sehingga kecepatan akan semakin tinggi. Densitas dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dimana,

$\rho$  = densitas ( $\text{kg/m}^3$ )

$m$  = massa (kg)

$V$  = volume ( $\text{m}^3$ )

#### 2.2.4 Berat Jenis

Berat jenis suatu zat adalah berat suatu zat persatuan volume atau merupakan perkalian dari densitas dengan percepatan gravitasi (White, 1986).

$$\gamma = \rho \cdot g$$

$$\gamma = \rho \cdot g$$

Dengan,

$\gamma$  = berat jenis ( $\text{N/m}^3$ )

$\rho$  = densitas ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

#### 2.2.5 Udara

Udara adalah partikel zat yang tidak dapat kita lihat, tetapi keberadaannya dapat kita rasakan dan udara menempati ruang. Udara adalah campuran dari berbagai gas secara mekanis dan bukan merupakan senyawa kimia. Udara merupakan komponen yang membentuk atmosfer bumi, yang membentuk zona kehidupan pada permukaan bumi. Udara terdiri dari berbagai gas dalam kadar yang tetap pada permukaan bumi, kecuali gas metana, ammonia, hidrogen sulfida, karbon monoksida dan nitrooksida mempunyai kadar yang berbeda-beda tergantung daerah/lokasi. Umumnya konsentrasi metana, ammonia, hidrogen sulfida, karbon monoksida dan nitrooksida sangat tinggi di areal rawa-rawa.

Dalam sistem pembakaran dalam mesin (Internal Combustion Engine) selain bahan bakar, udara juga sangat berperan penting dalam proses pembakaran karena syarat terjadinya suatu pembakaran itu apabila adanya campuran bahan

bakar (bensin) dan udara yang biasanya disebut dengan kata lain Karburasi. Udara yang diluar umunya masih banyak mengandung partikel-partikel lain misalnya debu, dll. Udara tersebut sebelumnya di saring terlebih dahulu sebelum masuk kedalam karburator dengan menggunakan filter udara sehingga Udara yang masuk benar-benar bersih.

### 2.2.6 Kecepatan

Pada suatu fluida nyata yang melalui sebuah saluran dengan tekanan statis  $P_s$  dan tekanan stagnasi  $P_o$ , maka kecepatan rata-rata aliran biasa diperhitungkan (Giles,1976), persamaan untuk kecepatan terukur pada fluida mengalir adalah sebagai berikut:

$$V = \sqrt{\frac{P_o - P_s}{\frac{1}{2}\rho \text{ udara}}}$$

Dengan,

$V$  = kecepatan rata-rata (m/det)

$P_o$  = tekana stagnasi ( $N/m^2$ )

$P_s$  = tekanan statis ( $N/m^2$ )

$\rho$  = densitas ( $kg/m^3$ )

### 2.2.7 Fluida

Fluida adalah suatu zat yang dapat mengalir bisa berupa cairan atau gas (Setiawan, 2015). Fluida merupakan zat yang dapat mengalir, secara umum fluida dibagi menjadi dua jenis yaitu fluida cair dan fluida gas. Perbedaannya yaitu jika fluida cair adalah suatu zat yang tidak mempertahankan bentuk yang tetap melainkan mengikuti bentuk wadahnya sedangkan fluida gas merupakan zat yang

tidak mempunyai bentuk tetap, tetapi akan berkembang mengisi seluruh wadah yang ditempatinya. Aliran fluida dapat dikategorikan sebagai berikut :

1. Aliran laminar

Aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan – lapisan, atau lamina – lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar . Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecendrungan terjadinya gerakan relatif antara lapisan.

2. Aliran turbulen

Aliran dimana pergerakan dari partikel – partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida kebagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi membangkitkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian – kerugian aliran.

3. Aliran transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen.

### 2.2.8 Bilangan *Reynolds*

Bilangan *Reynolds* merupakan bilangan tak berdimensi yang membedakan suatu aliran seperti aliran laminar, transisi, dan turbulen. Namanya di ambil dari *Osborne Reynolds* (1842-1912) yang mengusulkan pada tahun 1883. Bilangan *Reynolds* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Re} = \frac{Vd\rho}{\mu} = \frac{Vd}{\nu} = \frac{4q}{\pi\nu D}$$

Dimana,

$V$  = kecepatan rata-rata (m/s)

$d$  = diameter pipa (m)

$\nu$  = viskositas kinematik fluida ( $\text{m}^2/\text{s}$ ) atau  $\nu = \mu/\rho$

$\rho$  = densitas massa fluida ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\mu$  = viskositas dinamik fluida ( $\text{N}\cdot\text{det}/\text{m}^2$ )

$q$  = debit ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

*Reynolds* menemukan bahwa aliran selalu laminar bila kecepataannya diturunkan sedemikian sehingga *Re* lebih kecil dari 2300. Untuk instalasi pipa biasa, dan aliran turbulen nilai *Re* lebih dari 4000. Sedangkan *Re* berada diantara 2300 sampai dengan 4000 adalah dinamakan bilangan *Reynolds* kritis. Bilangan *Re* yang besar menunjukkan aliran yang sangat turbulen dengan kerugian yang sebanding dengan kuadrat kecepatan. Dalam aliran laminar kerugian berbanding lurus dengan kecepatan rata-rata. Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan atau laminalamina dengan satu lapisan, meluncur secara lancar pada lapisan yang bersebelahan yang saling tukar-menukar momentum secara *molecular*.

### 2.2.9 Viskositas

Viskositas adalah yang menentukan besar daya tahan fluida terhadap gaya geser. Hal ini terutama diakibatkan oleh saling ketergantungan molekul-molekul fluida. Viskositas fluida ini menyebabkan terbentuknya gaya geser antara elemen-elemennya. Bila suatu fluida mengalami geseran, ia mulai bergerak dengan laju renggangan yang berbanding terbalik dengan suatu besaran yang disebut koefisien

viskositas, viskositas dinamis atau viskositas mutlak (White, 1986). Viskositas merupakan hasil dari gaya-gaya antara molekul yang timbul pada saat lapisan-lapisan fluida berusaha menggeser satu dengan lainnya atau sifat dari zat cair untuk melawan tegangan geser pada waktu bergerak mengalir. Viskositas kinematis merupakan perbandingan antara koefisien viskositas (viskositas dinamis) dengan densitas. Viskositas disebabkan karena kohesi antara partikel-partikel zat cair (Nurcholis, PERHITUNGAN LAJU ALIRAN FLUIDA, 2008).

Rengangan geser yang bekerja dalam fluida berbanding langsung dengan gradien kecepatan. Konstanta perbandingannya adalah koefisien viskositas. Viskositas dinamis dapat diperhitungkan dengan persamaan:

$$\mu = \tau : \frac{\delta u}{\delta t}$$

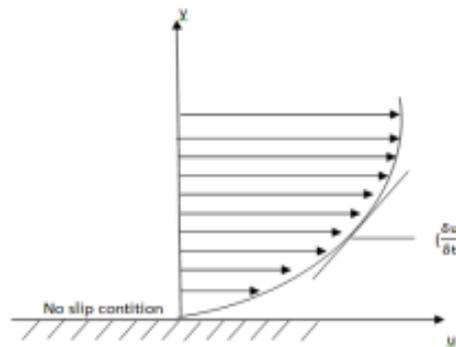
Dimana,

$\tau$  = tegangan geser (N.m)

$\mu$  = viskositas dinamis (N.det/m<sup>2</sup>)

$\frac{\delta u}{\delta t}$  = perubahan kecepatan aliran fluida (m/det)

Pada gambar dibawah ini menunjukkan bagaimana viskositas mempengaruhi profil aliran dalam suatu saluran.



Gambar 2.8 Efek viskositas terhadap aliran fluida didalam suatu aliran

Sumber:

### 2.2.10 Turbulensi

Menurut (Sunata, 2019) turbulensi adalah gangguan pada gerakan pesawat yang terjadi karena aliran udara vertical atau horizontal. Saat aliran udara mengenai badan pesawat, pesawat dapat mengalami:

1. Kenaikan ketinggian pesawat secara tiba-tiba,
2. Penurunan ketinggian pesawat secara tiba-tiba,
3. Pergeseran posisi pesawat secara horizontal, dan
4. Gerakan memutar secara tiba-tiba.

Tipe penyebab turbulensi

1. Turbulensi Konvektif

Turbulensi ini disebabkan oleh aliran udara turun dari tempat yang dingin di ketinggian menuju ke tempat yang hangat di permukaan dan aliran udara naik yang membawa banyak uap air dari permukaan menuju ketinggian.

Uap air inilah yang akan membentuk awan dan semakin banyak uap air yang dibawa maka akan semakin banyak awan yang terbentuk. Jika awan

terbentuk dalam jumlah besar dan dalam posisi vertikal, maka resiko terdapat turbulensi akan semakin tinggi. Karena itu pilot cenderung memilih terbang memutar awan tebal yang berdiri tegak demi kenyamanan penumpang.

## 2. Turbulensi udara terbuka

Turbulensi ini terjadi karena pesawat terjebak dalam aliran udara super cepat atau *jet streams*.

Aliran udara super kencang ini terjadi di perbatasan antara udara panas dan udara dingin di tempat yang tinggi, membentuk ruang udara yang diisi oleh aliran udara yang bertiup kencang.

## 3. Udara panas rendah

Turbulensi dapat pula terjadi di ketinggian rendah. Turbulensi ini terjadi karena udara hangat dari permukaan bergerak naik ke ketinggian. Aliran ini mampu menggoyang pesawat yang tidak sengaja melintasi alirannya.

Pilot dapat menduga adanya turbulensi konvektif melalui berbagai data yang dikumpulkan oleh sensor cuaca yang ada di pesawat. Sensor mampu mengukur besarnya tetes air hujan, semakin besar tetes air hujan maka semakin besar awan yang menghasilkannya, dan semakin besar awannya maka semakin besar pula turbulensi yang terjadi di dalam awan tersebut. Namun turbulensi jenis lain sulit untuk dideteksi dan pilot mengandalkan berbagai ramalan cuaca yang disediakan sebelum penerbangan dimulai untuk menandai titik-titik yang berpotensi terjadi turbulensi pada jalur

terbang. Pilot bisa menghindari turbulensi selama penerbangan berdasarkan data cuaca yang disediakan dipadu dengan pengamatan selama penerbangan berlangsung.

### 2.2.11 Tekanan

Tegangan normal pada setiap bidang yang dilalui unsur fluida yang diam mempunyai nilai unik yang disebut tekanan fluida. Tekanan fluida dipancarkan dengan kekuatan yang sama kesemua arah dan bekerja tegak lurus pada suatu bidang. Tekanan dinyatakan sebagai gaya yang dibagi dengan luas bidang kerjanya (Giles,1976).

Untuk keadaan dimana gaya  $F$  terdistribusi di atas luasan, maka tekanan dapat diperhitungkan dengan persamaan.

$$P = \frac{F}{A}$$

Dengan,

$P$  = tekanan ( $N/m^2$ )

$F$  = gaya (N)

$a$  = luas bidang kerja ( $m^2$ )

Untuk tekanan fluida dalam sebuah saluran tekanan dapat dihitung dengan persamaan:

$$P = \rho \cdot g \cdot \Delta h$$

Dimana,

$P$  = tekanan ( $N/m^2$ )

$\rho$  = massa jenis fluida ( $kg/m^3$ )

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$\Delta h$  = perbedaan ketinggian (m)

Tekanan fluida dalam saluran tersebut dapat di klasifikasikan menjadi tekanan stagnasi  $P_o$  dan tekanan statis  $P_s$  (White, 1986). Tekanan stagnasi merupakan tekanan fluida tepat ditengah-tengah sebuah saluran ditambah tekanan atmosfer setempat. Sehingga persamaan stagnasi menjadi:

$$P_o = \rho \cdot g \cdot \Delta h \cdot P_a$$

Sedangkan tekanan statis merupakan tekanan fluida pada dinding sebuah saluran. Karena tekanan statis  $P_s$  terjadi pada permukaan dinding bebas sehingga  $a = P$ , maka persamaan tekanan statis menjadi:

$$P_s = \rho \cdot g \cdot \Delta h$$

Selisih antara tekanan stagnasi dengan tekanan statis merupakan tekanan dinamis atau tekanan aliran fluida. Sehingga dinamis atau tekanan aliran fluida dapat dirumuskan:

$$\Delta P = P_o - P_s$$

Dimana,

$P_o$  = tekanan stagnasi ( $N/m^2$ )

$P_s$  = tekanan statis ( $N/m^2$ )

$P_a$  = tekanan atmosfer setempat ( $N/m^2$ )

$\Delta P$  = tekanan aliran fluida ( $N/m^2$ )

$\rho$  = massa jenis fluida ( $kg/m^3$ )

$g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$\Delta h$  = perbedaan ketinggian pada bacaan manometer (m)

Tekanan dalam sebuah massa fluida dapat diartikan sebagai sebuah tekanan mutlak (*absolute pressure*) atau dapat juga diartikan sebagai tekanan pengukur (*gage pressure*). Tekanan mutlak diukur relatif terhadap suatu keadaan hampa sempurna (*tekanan nol mutlak*), sedangkan tekanan pengukuran diukur relatif terhadap tekanan atmosfer setempat. Tekanan mutlak selalu bernilai positif, sedangkan tekanan pengukuran dapat bernilai positif maupun negatif. Tekanan pengukuran positif maupun negatif. Tekanan pengukuran positif apabila nilainya diatas tekanan *atmosfer*, dan nilainya negatif apabila nilainya berada dibawah tekanan *atmosfer*.

Salah satu alat ukur tekanan pada fluida adalah manometer. Alat ukur ini melibatkan penggunaan kolom cairan dalam tabungtabung tegak atau miring (Munson, 2003). Tipe manometer yang sering digunakan adalah manometer U, manometer miring, dan manometer V. fluida yang berada dalam manometer di sebut fluida pengukur.

Hasil pengukuran tekanan pada manometer V dinyatakan dalam ketinggian kolom, tergantung dari jenis fluida pengukurannya dan sudut  $\alpha$  untuk manometer V. Pada manometer V perhitungan  $\Delta h$  didapat dengan persamaan:

$$\Delta h = 2 \cdot (Z_1 - Z_0) \sin \alpha$$

Dimana:

$Z_0$  = bacaan awal manometer (m)

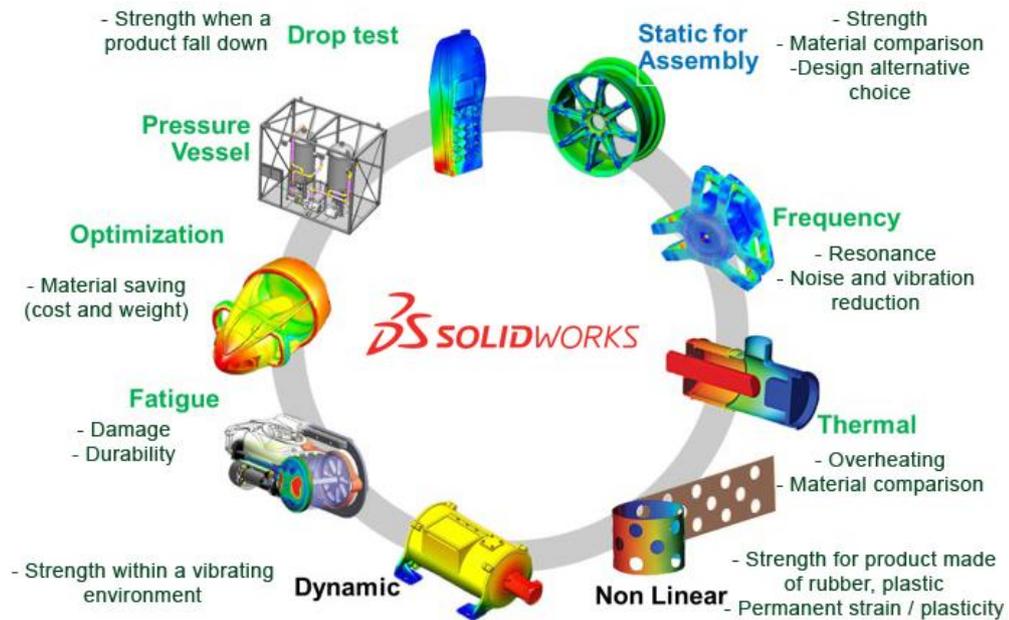
$Z_1$  = bacaan akhir manometer (m)

$\alpha$  = sudut keringan manometer V

### 2.2.12 *Solidwork*

Banyak perusahaan berhasil menghemat penggunaan Material dengan *SolidWorks Simulation*. *SolidWorks 3D CAD*, selain untuk membuat *3D Design* yang mengagumkan, juga dapat melakukan analisa uji kekuatan atau analisa aliran fluida dengan pendekatan FEA (*Finite Element Analysis*), sehingga Anda dapat melakukan pengujian produk yang di *design* sebelum diproduksi secara massal (Indonesia, 2015). Dalam merancang suatu benda, betapa baiknya sebelum benda tersebut diciptakan nyata, diprediksi terlebih dahulu kualitas dari benda tersebut. Apakah mampu menerima beban tertentu, apakah pemodelan benda tersebut sudah baik, apakah benda tersebut aman, dan sebagainya. *Solidworks* dipakai untuk memperdiksi kualitas dari benda yang sudah dirancang sebelum diciptakan secara nyata maka dilakukanlah *analysis*. Rangka konstruksi yang sudah diciptakan akan dilaksanakan proses analisa aliran fluida / *computational fluid dynamics* (CFD) pada *solidworks*.

*Solidworks* adalah aplikasi buatan *Dassault Systemes* yang berfungsi untuk mendesain atau merancang suatu benda baik untuk dunia industri pemesinan atau industri lain sebelum benda tersebut dibuat secara nyata yang berupa gambar 2D maupun 3D. *Solidworks* bisa digunakan untuk menganalisis kekuatan suatu produk sebelum produk tersebut diproduksi massal sehingga dapat meminimalisir kesalahan saat produk dibuat dalam jumlah banyak. Seperti yang terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Solidwork Simulation Capabilities*

Sumber : arismadata.com

### 2.2.12.1 Kelebihan dari *software solidworks*

Berikut adalah kelebihan yang dimiliki *solidworks* (Hidayah, 2017)

1. *Solidworks* mempunyai kemampuan parametric modeling, yaitu kemampuan untuk melakukan desain serta pengeditan dalam wujud *solid* model dengan data yang sudah tersimpan dalam *data base*. Dengan kemampuan ini, desain dapat diedit tanpa harus mengulang desain.
2. *Assembly* pada *solidworks* mempunyai *fiture animation (montion study)* yang memungkinkan untuk membuat simulasi *explode part*, *collapse part* dan *analysis*. Hasil dari animasi ini dapat disimpan dan dapat diputar di *software-software* pemutar video.
3. *Solidworks* dilengkapi dengan *automatic create technical 2D drawing*. Proses penyajian *drawing*, tidak usah lagi menggambar beberapa tampilan lagi (tampak depan, atas, samping, *explode view*, dan *collaps view*), dengan

kemampuan ini *solidworks* dapat menyajikan secara otomatis tampilan tampilan tersebut hanya dengan model 3D yang kita buat sebelumnya.

4. *Solidworks* dilengkapi dengan kemampuan *rendering image* yang cukup baik sehingga dapat menghasilkan model yang lebih halus.
5. *Solidworks* dilengkapi dengan *analysis* model, digunakan untuk menghitung hambatan model, kekuatan model, dan *fatigue* model tersebut dengan metode *finite elemen analysis*.
6. *Solidworks* menyediakan material yang cukup lengkap, mulai dari metal, plastik, dan kayu. Jika susah untuk realisasi model yang dibuat, material ini bisa saja membantu dalam merealisasikan warna, bentuk material, dan visual material dalam bentuk hampir menyerupai nyata.
7. Pada permodelan metal, *solidworks* sudah dilengkapi dengan *fiture sheet metal*. Fitur ini membantu untuk melihat bagaimana bentuk model jika dijadikan plat datar sebelum ditekuk.
8. *Weldment, Solidworks* mempunyai fitur permodelan pengelasan yang digunakan untuk menggambar pengelasan.

#### **2.2.12.2 Kekurangan dari *software solidworks***

Berikut adalah kekurangan yang dimiliki *solidworks* (Ramadhan, 2018)

1. Spesifikasi komputer yang diperlukan minimum mempunyai RAM 4 GB
2. Direkomendasikan untuk *graphic card* NVIDIA QUadro, atau ATI Firepro.
3. Jika digunakan untuk simulasi lebih direkomendasikan untuk menggunakan ANSYS atau Catia yang *high end*, dikarenakan level dari *solidworks ini* hanya *mid end*.

4. *Maximum* panjang lebar garis pada *solidworks* adalah 1.000 m.

### 2.2.13 Fluida Bertekanan

Tekanan fluida adalah gaya yang diberikan oleh fluida per satuan luas. Tekanan fluida ditransmisikan dengan intensitas yang sama disemua arah dan bertindak normal untuk setiap bidang. Pada bidang horizontal yang sama, intensitas tekanan dalam suatu cairan adalah sama. Dalam sistem SI unit tekanan fluida adalah Newton/m<sup>2</sup> atau Pascals. Dimana 1 N/m<sup>2</sup> = 1 Pa (Al-Shemmeri, 2012).

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan: P = Tekanan (N/m<sup>2</sup>)

F = Gaya (N)

A = Area atau luas penampang (m<sup>2</sup>)

Banyak unit tekanan lain yang biasa ditemu dan berikut konversi satuan tekanan yang biasa digunakan:

1 bar = 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>

1 *atmosphere* = 101.325 N/m<sup>2</sup>

1 psi = 6.895 N/m<sup>2</sup>

### 2.2.14 Fluida Dinamis

Pada kenyataannya, fluida dinamis sangat kompleks sehingga untuk penyederhanaan pemahaman diperlukan konsep fluida ideal. Fluida ideal mengikuti anggapan – anggapan dasar.

- Fluida tidak kental, sehingga gesekan antarfluida bisa diabaikan.
- Alirannya stasioner, yaitu tidak ada turbulen atau bergejola sehingga aliran arus fluida berupa garis dan berlapis.

- Tidak kompresibel, artinya massa jenis fluida konstan/sulit berubah.
- Alirannya irrotasional, artinya pada fluida di setiap titiknya tidak ada momentum sudutnya.

Pembahasan fluida dinamis meliputi konsep debit, persamaan kontinuitas, dan persamaan Bernoulli.

#### 2.2.14.1 Debit

Debit yaitu volume fluida yang mengalir melalui penampang tiap satuan waktu. Menurut (Rohman, 2009) debit adalah volume fluida ( $m^3$ ) yang mengalir melewati suatu penampang dalam selang waktu tertentu. Dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$Q$  = debit ( $m^3/s$ )

$V$  = volume ( $m^3$ )

$t$  = waktu (s)

Selain rumus diatas debit dapat dihitung dengan rumus  $Q = A \cdot v$  (Norhadi, Marzuki, Wicaksono, & Yacob, 2015), juga dapat dinyatakan ke dalam persamaan:

$$Q = A \cdot v$$

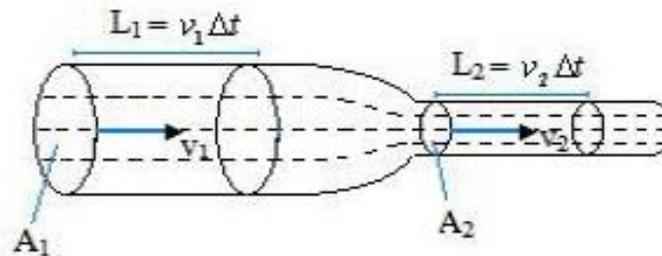
Dimana

$A$  = luas penampang ( $m^2$ )

$v$  = kecepatan aliran (m/s)

### 2.2.14.2 Persamaan Kontinuitas

Aliran fluida pada sebuah pipa yang mempunyai diameter berbeda, terlihat seperti pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Aliran Fluida Pada Sebuah Pipa  
Sumber: (Abidin dan Wagiani, 2013:69)

Keterangan

$A_1$  = luas penampang 1 ( $m^2$ )

$A_2$  = luas penampang 2 ( $m^2$ )

$V_1$  = laju aliran fluida pada penampang 1 (m/s)

$V_2$  = laju aliran fluida pada penampang 2 (m/s)

$L$  = jarak tempuh fluida (m)

$\rho$  = massa jenis fluida ( $kg/m^3$ )

Persamaan kontinuitas menyatakan bahwa: “Hasil perkalian luas penampang dengan kecepatan aliran selalu konstan di setiap titik aliran jika aliran stasioner tidak turbulen”. Artinya, debit yang melewati tiap luas adalah sama, sehingga didapatkan sebuah persamaan:

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

Terlihat pada gambar 2.10 dalam aliran stabil, kecepatan partikel fluida pada suatu titik sama dengan kecepatan aliran partikel fluida lain yang melewati titik tersebut. Aliran fluida yang tidak berpotongan (garis arus sejajar). Oleh karena itu massa fluida yang masuk ke salah satu ujung pipa harus sama dengan massa fluida yang keluar di ujung yang lain. Jika fluida memiliki massa tertentu dalam pipa dengan diameter besar, maka fluida akan keluar dalam pipa dengan diameter kecil dengan massa tetap.

Selama interval waktu tertentu, sejumlah fluida mengalir melalui sebagian pipa dengan diameter besar ( $A_1$ ) sepanjang  $L_1$  ( $L_1 = v_1 t$ ). Volume fluida yang mengalir adalah  $V_1 = A_1 L_1 = A_1 v_1 t$ . Selama selang waktu yang sama, sejumlah fluida lainnya mengalir melalui bagian pipa dengan diameter kecil ( $A_2$ ) sepanjang  $L_2$  ( $L_2 = v_2 t$ ). Volume fluida yang mengalir adalah  $V_2 = A_2 L_2 = A_2 v_2 t$  (Abidin dan Wagiani, 2013:69).

Dalam kasus fluida compressible, massa jenis fluida tidak selalu sama. Dengan kata lain, massa jenis fluida berubah ketika dikompresi. Jika pada fluida *incompressible* massa jenis dihilangkan dari persamaan, maka dalam kasus ini massa jenis fluida masih dimasukkan.

Karena dalam aliran stabil, massa fluida yang masuk sama dengan massa fluida yang keluar, maka:

$$m_1 = m_2$$

$$\rho A_1 v_1 t = \rho A_2 v_2 t \dots\dots\dots (2.2)$$

Selang waktu ( $t$ ) aliran fluida sama sehingga  $t$  bisa dihilangkan. Persamaan berubah menjadi:

$$\rho A_1 v_1 = \rho A_2 v_2 \dots\dots\dots (2.3)$$

Ini adalah persamaan kasus untuk fluida yang dapat terkompresi. Perbedaannya hanya pada massa jenis fluida. Ketika fluida dikompresi, massa jenisnya akan berubah. Sebaliknya, fluida yang tidak dapat terkompresi, massa jenisnya selalu sama sehingga dapat dihilangkan (Abidin dan Wagiani, 2013:70).

### 2.2.15 Euro 4 Emission Test

Harmonisasi terkait 19 regulasi bidang otomotif diantara negara ASEAN akan dilakukan melalui kesepakatan ASEAN MRA. Salah satu regulasi yang akan diharmonisasi adalah pengujian emisi kendaraan sesuai dengan regulasi R83. BT2MP=BPPT merupakan laboratorium terakreditasi yang akan menjadi *technical service* untuk pelaksanaan pengujian R83.

Studi ini membuat kajian terkait perhitungan ketidakpastian dalam pengujian emisi kendaraan ketidakpastian dalam pengujian emisi kendaraan berdasarkan regulasi R83 tersebut. Ketidakpastian pengukuran yang dihasilkan pada pengujian dengan standar R83 dipengaruhi oleh parameter peralatan ukur seperti *chasis dynamometer, gas analyzer, system sampling* emisi dan yang lain. Selain factor peralatan tersebut, data hasil pengukuran juga merupakan factor yang mempunyai pengaruh signifikan

Pada kajian ini perhitungan ketidakpastian mengacu kepada *Joint Committee for Guide in Metrology (JCGM) 100 2008*, hasilnya dinyatakan pada tingkat kepercayaan 95 % dengan faktor cakupan  $k=2$ . Dari hasil pengujian di BT2MP-BPPT, hasil perhitungan ketidakpastian pengukuran total yang merupakan gabungan dari ketidakpastian parsial dari unsur yang berpengaruh, menunjukkan

ketidakpastian total untuk parameter emisi HC, CO dan NO<sub>x</sub> adalah 0.0021 gr/km, 0.0103 gr/km dan 0.0004 gr/km secara berurutan. Hasil akhir ketidakpastian pengukuran pada pengujian emisi ini menunjukkan kemampuan ukur dari fasilitas uji emisi kendaraan BTMP-BPPT dalam hal deviasi dan keterterimaan dari pengukuranyang dihasilkannya.(Rochmanto, 2008:100)

#### **2.2.16 Euro 4**

Merupakan satu bagian dari standar emisi gas buang di negara Uni Eropa. Standar emisi gas buang Euro 4 diterapkan pada Januari 2005. Euro 4 ini mensyaratkan batas emisi Karbon Monoksida (CO) 1 g/km, Hidrokarbon (HC) 0,1 g/km, Nitrogen Oksida 0,08 g/km untuk mesin bensin. Sementara batasan Euro 4 untuk mesin diesel adalah CO 0,50 g/km, HC+NO<sub>x</sub> 0,30 g/km, NO<sub>x</sub> 0,25 g/km, dan Particulate Matter (PM) 0,025 g/km.

Standar emisi gas buang Eropa ini terdiri dari 6 tingkatan, mulai dari terendah Euro 1 dan tertinggi Euro 6.

#### **2.2.17 Mobil Desa**

Mobil desa merupakan kendaraan yang mampu memudahkan aktivitas masyarakat di daerah dengan fungsinya sebagai alat angkut hasil pertanian dan perkebunan. Kendaraan pedesaan adalah wujud kemandirian industri nasional karena 100 persen komponennya dari dalam negeri.



Gambar 2.11 Mobil Desa  
(sumber : VIAR, 2019)

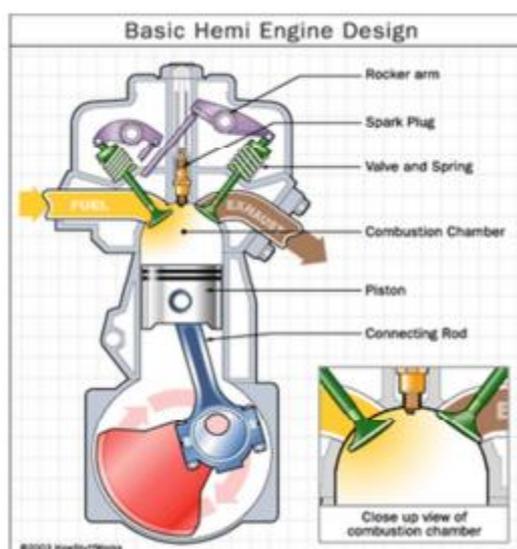
Adapun data dan spesifikasi teknisnya yaitu :

1. Merek : VIAR
2. Tipe : V1.0 4x2 M/
3. Jenis Kendaraan : Mobil Barang Bak Muatan Terbuka
4. Nama Niaga (Merek Dagang) : Merapi
5. Negara asal : Indonesia
6. Varian : Tidak ada
7. Peruntukan : Angkutan Barang
8. Transmisi : M/T
9. Sistem Penggerak : 4x2
10. Standar Emisi : Euro 4 (BPLJSKB)

### 2.2.18 Motor Bakar

Motor bakar torak bensin merupakan mesin pembangkit tenaga yang mengubah bahan bakar bensin menjadi tenaga panas dan akhirnya menjadi tenaga mekanik. Secara garis besar motor bensin tersusun oleh beberapa komponen utama meliputi ; blok silinder (cylinder block), kepala silinder (cylinder head), poros engkol (crank shaft), torak (piston), batang piston (connecting rod), roda penerus (fly wheel), poros cam (cam shaft) dan mekanik katup (valve mechanic). Blok

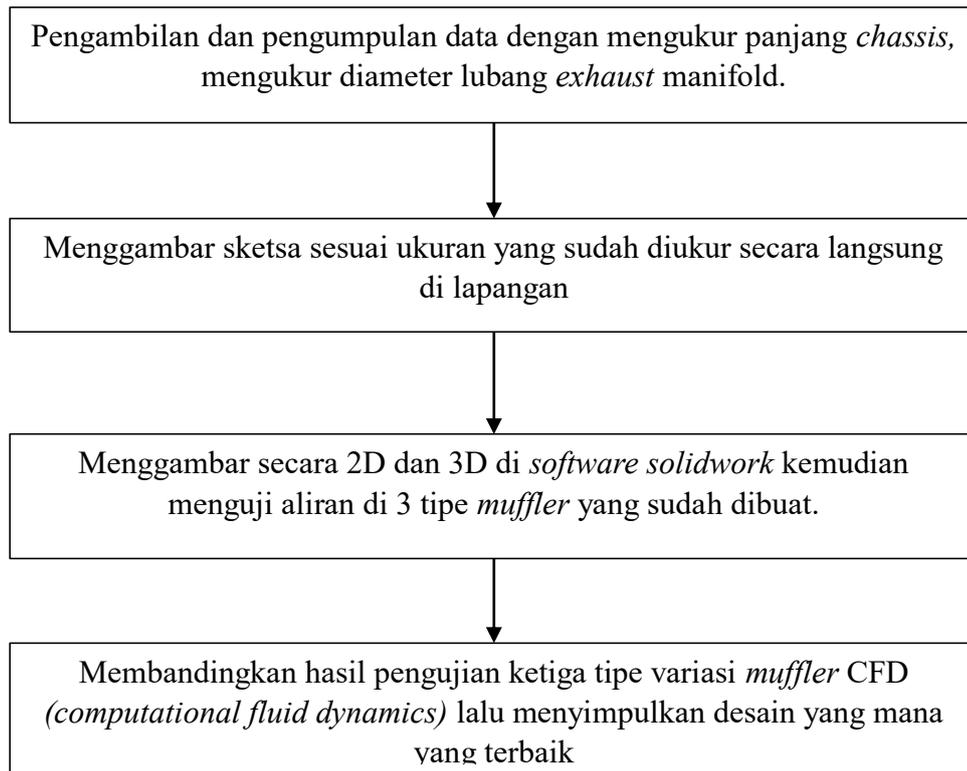
silinder adalah komponen utama motor, sebagai tempat pemasangan komponen mekanik dan system–system mekanik lainnya. Blok silinder mempunyai lubang silinder tempat piston bekerja, bagian bawah terdapat ruang engkol (crank case), mempunyai dudukan bantalan (bearing) untuk pemasangan poros engkol. Bagian silinder dikelilingi oleh lubang-lubang saluran air pendingin dan lubang oli. Kepala silinder dipasang di bagian atas blok silinder, kepala silinder terdapat ruang bakar, mempunyai saluran masuk dan buang. Sebagai tempat pemasangan mekanisme katup. Poros engkol dipasang pada dudukan blok silinder bagian bawah yang diikat dengan bantalan. Dipasang pula dengan batang piston bersama piston dan kelengkapannya. Sedangkan roda penerus dipasang pada pangkal poros engkol (flens crank shaft). Roda penerus dapat menyimpan tenaga, membawa piston dalam siklus kerja motor, menyeimbangkan putaran dan mengurangi getaran mekanik mesin.(Samsiana, 2014:43)



Gambar 2.12 Dasar Mekanik Motor Bakar Piston  
(sumber Samsiana, 2014 : 43)

### 2.3 Kerangka Pikir dan Hipotesis

Kerangka pikir penelitian yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini terdapat pada gambar sebagai berikut :



Berdasarkan kajian di atas hipotesis dalam penelitian ini yaitu:

1. Desain sekat pada *muffler* akan berpengaruh terhadap pola aliran fluida.
2. Penempatan sekat yang berada di tengah *muffler* akan menghasilkan desain yang baik karena ada keseimbangan aliran distribusi tekanan, kecepatan dan temperature di dalam *muffler*.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan**

Waktu dan tempat penelitian direncanakan agar penelitian dapat dilakukan dan diselesaikan sesuai dengan jadwal

##### **3.1.1 Waktu Penelitian**

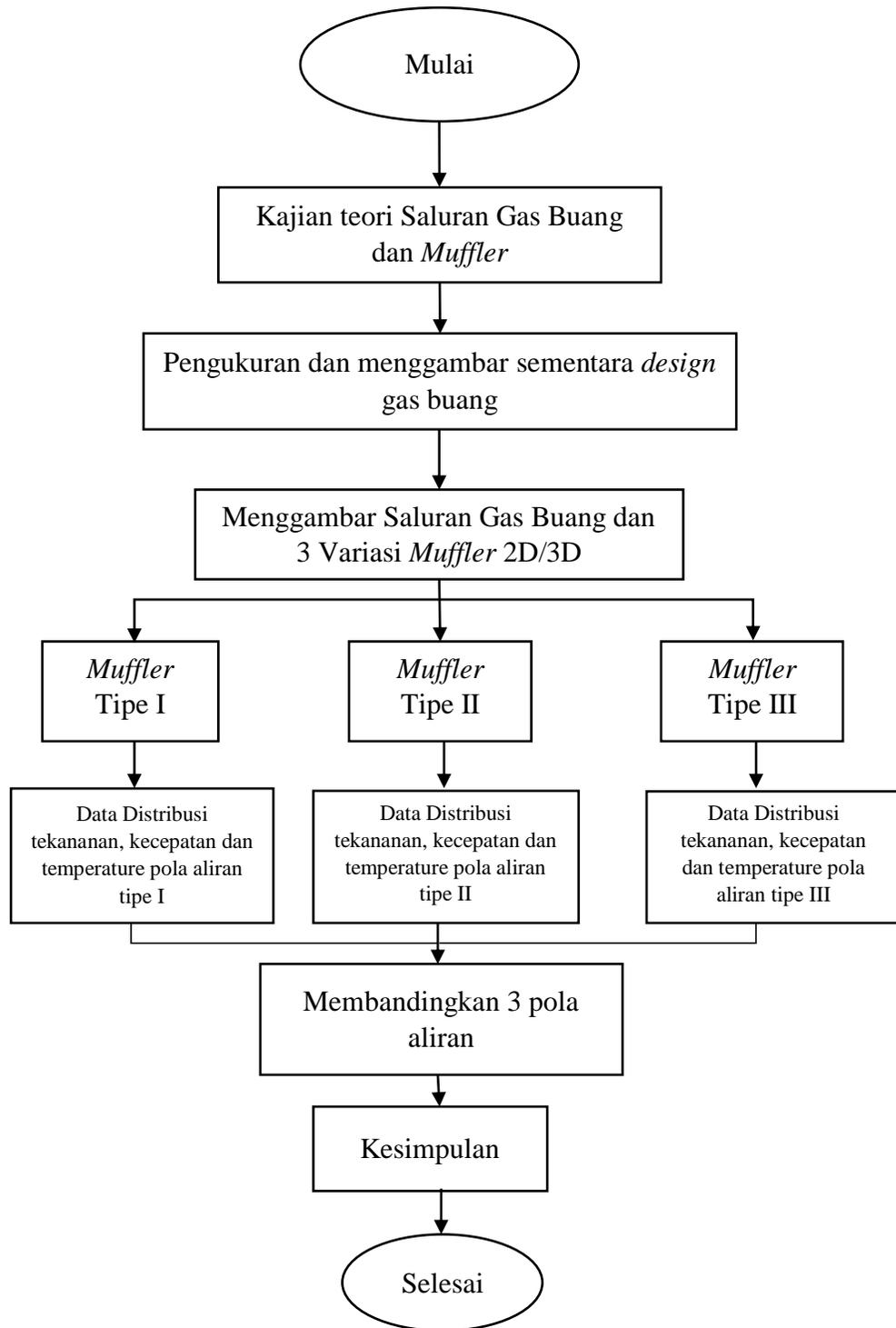
Penelitian dilaksanakan dengan rentang waktu pelaksanaan mulai bulan Juni 2018 – April 2019

##### **3.1.2 Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan di BPLJSKB, Workshop King Knalpot Pedurungan dan Lab. Komputer UNNES / komputer pribadi.

#### **3.2 Desain Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Metode penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan (Sugiyono, 2012:72). Metode penelitian yang digunakan penelitian eksperimen menggunakan *software* solidworks. Proses ini bertujuan untuk mencari kecepatan, tekanan dan temperatur pada perancangan saluran gas buang mobil desa dengan menggunakan *software solidworks*. Objek penelitian adalah *chassis leader frame* mobil desa UNNES. Material yang digunakan adalah *galvanized Steel*. Desain penelitian ini dapat digambarkan dalam sebuah diagram alir.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

#### 3.3.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan untuk membantu proses penelitian.

a. Laptop ASUS A456U

CPU : Intel Core i5-6200U up to 2,8 Ghz

Memori : 4GB

*Display Memory* : NVIDIA Geforce 930 MX

b. *Software Solidworks* 2016

Alat untuk membantu proses pembuatan desain konstruksi saluran gas buang secara 3D dan untuk analisis aliran fluida.

c. Penggaris

Penggaris adalah sebuah alat pengukur dan alat bantu gambar untuk menggambar garis lurus. Terdapat berbagai macam penggaris, dari mulai yang lurus sampai yang berbentuk segitiga (biasanya segitiga siku-siku sama kaki dan segitiga siku-siku  $30^{\circ}$ – $60^{\circ}$ ).



Gambar 3.2 Alat ukur Penggaris

d. Pengukur Suhu (Termometer)

Alat pengukur suhu Tembak Infrared Thermometer digunakan untuk mengukur suhu mesin dan suhu oli pada saat pengujian.



Gambar 3.3 Thermometer Tembak Infrared

### 3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini mobil desa dengan spesifikasi yakni :

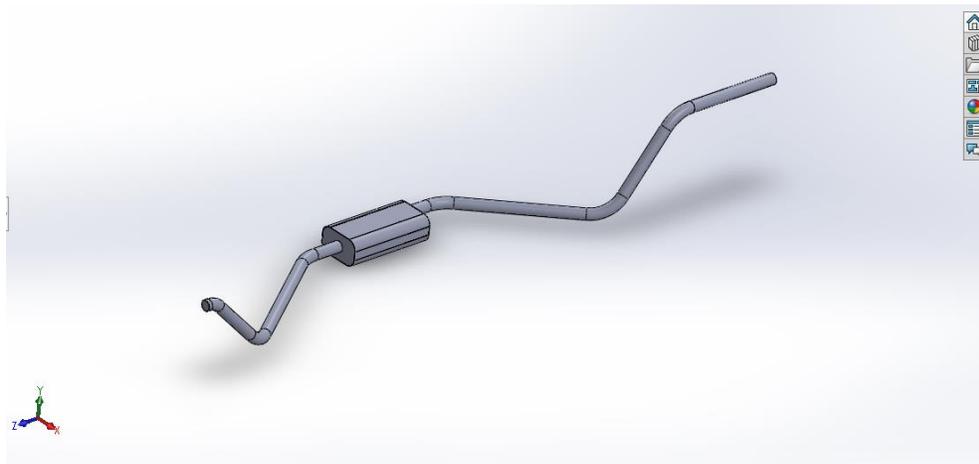
- **Motor Penggerak :**

- Volume Silinder (cc) : 970 cc 4 Silinder Fuel Injection Transmisi 5 kecepatan yang dimodifikasi untuk optimalisasi performa kendaraan meliputi modifikasi intake manifold berupa selang, defuser, venture.
- Tipe : V 1.0 4x2 M/T
- Jenis Kendaraan : Mobil Barang Bak Muatan Terbuka
- Peruntukan : Angkutan Barang
- Transmisi : M/T
- Sistem Penggerak : 4x2
- Standar Emisi : EURO 4 (BPLJSKB)
- Model Mesin (Penggerak Katup) : SOHC (Single Over Head Camsaht)
- Sistem Pembakaran (Sistem Injeksi) : CDI/Transistor
- Jumlah Silinder dan Konfigurasi Silinder : 4 dan In-Line
- Diameter X Langkah Torak ( mm x mm ) : 65,5 x 72,0
- Daya Maksimum (kW/rpm ; HP/rpm) : 38 kW/5.500 rpm
- Torsi Maksimum (Nm/rpm) : 75 / 3.500
- Kecepatan Maksimum : 120 km/h
- **Sistem Bahan Bakar:**
  - Jenis Bahan Bakar (sumber Energi) : Bensin
  - Sistem Pemberian Bahan Bakar (Supply) : Injeksi
  - Kapasitas Tanki Bahan Bakar (Liter) : 42 L
- **Berat Kendaraan:**

- 970 kg
- Penerus Daya (Transmisi / Kopling)
  - Tipe Transmisi : Manual
  - Sistem Kendali transmisi : Kendali Tangan

### 3.4 Model Rancangan

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen analisis simulasi terhadap desain *Muffler*. Simulasi merupakan sebuah metode yang meniru suatu system yang kompleks secara utuh dengan sifat probabilistik (peluang), tanpa mengalami keadaan yang sesungguhnya. Proses simulasi yang dilakukan dengan *software solidwork 2016* dapat memberikan *output* sesuai jenis analisa yang dilakukan. *Output* pada penelitian ini yaitu distribusi kecepatan, distribusi tekanan, distribusi temperature dan distribusi aliran. Setelah *output* diketahui, dapat disimpulkan bagaimana hasil *computational fluid dynamic* pada desain *muffler* pada desain saluran gas buang mobil desa.



Gambar 3.4 Saluran Gas Buang Mobil Desa

### 3.5 Prosedur Perancangan

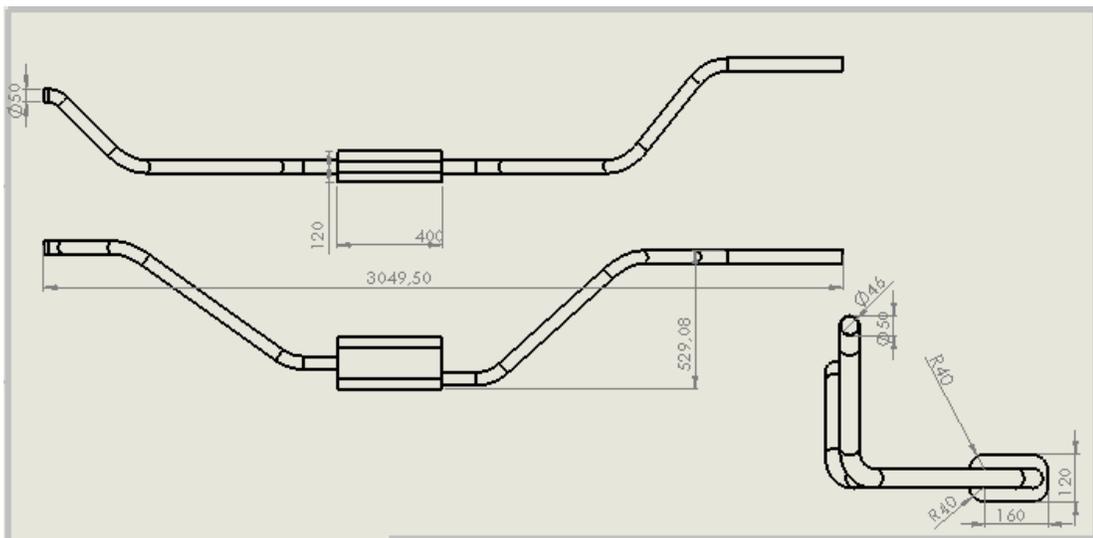
Dalam penelitian ini, dilakukan langkah – langkah perancangan produk, yaitu:

#### 3.5.1 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dibutuhkan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan desain saluran gas buang. Pengumpulan data dilakukan dengan mencari informasi dari literature baik dari buku maupun hasil penelitian yang relevan

#### 3.5.2 Tahap Pemodelan I

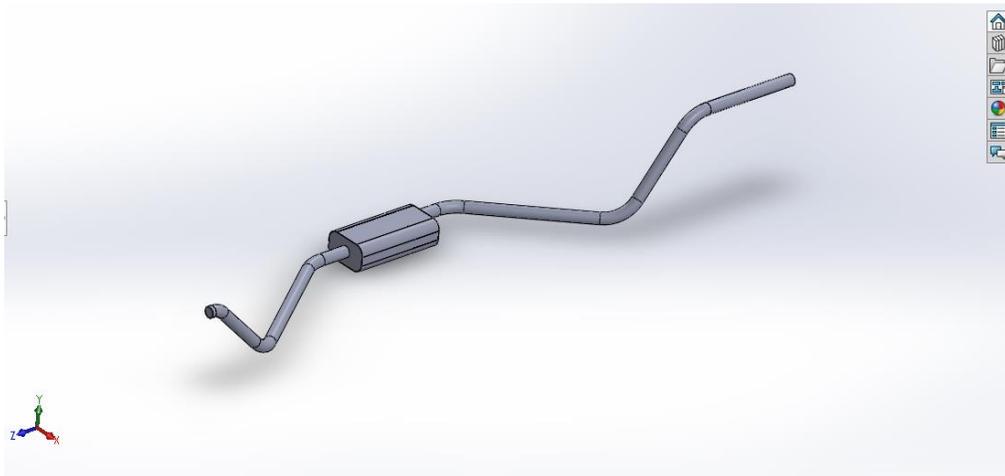
Pembuatan model *design* didasarkan pada pengamatan dan pengukuran secara *real* sesuai bentuk dan ukuran pada model *chassis* mobil desa. Pemodelan *design* pertama menggunakan pengamatan dan pengukuran menggunakan meteran dan jangka sorong, kemudian diukur, disketsa / digambar pada kertas. Kemudian didapat data total panjang 3.000 mm ketebalan pipa 2 mm, ditunjukkan pada Gambar 3.5



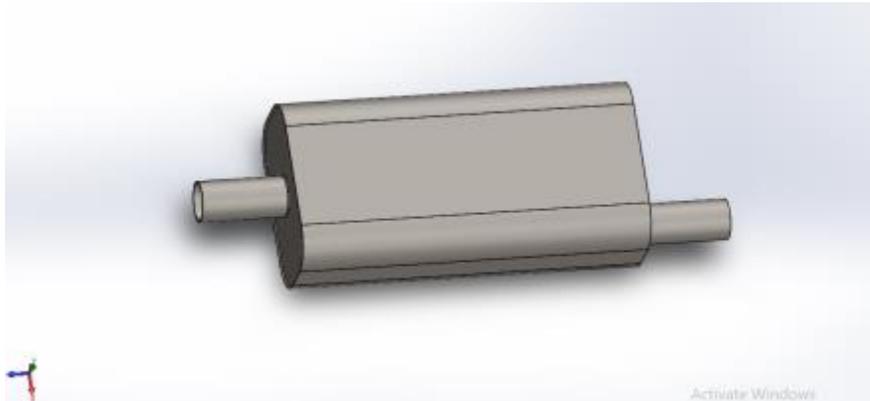
Gambar 3.5 Desain saluran buang 2D

### 3.5.3 Tahap Pemodelan II

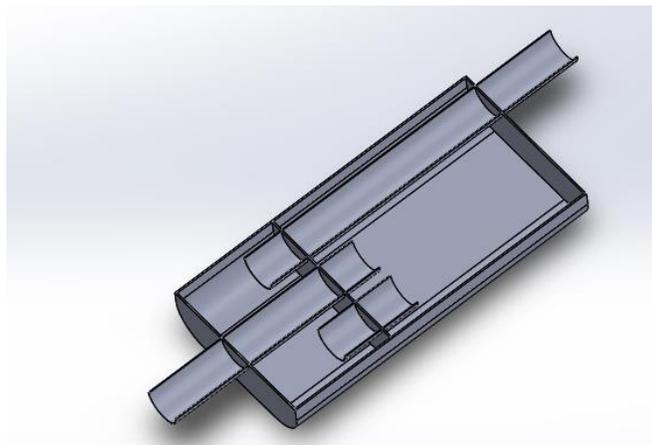
Pembuatan model *design* didasarkan pada pengamatan dan pengukuran secara *real* sesuai bentuk dan ukuran pada model *chassis* mobil desa. Pemodelan *design* saluran gas buang dan *muffler* menggunakan sketsa dengan ukuran ketebalan pipa saluran gas buang 2 mm dengan total panjang 3.000 mm. Pada *muffler* diameter *header* 46 mm (*inner diameter* = 44 mm) ketebalan 2 mm, panjang 400 mm, lebar 200 mm, tinggi 120 mm dengan divariasikan 3 pemodelan rangka dalam *muffler*. Variasi berdasarkan letak kedudukan dudukan tipe 1  $\frac{1}{3}$  dari panjang *Muffler* tipe 2  $\frac{1}{2}$  dari panjang *Muffler* dan tipe 3  $\frac{2}{3}$  dari panjang *Muffler*. Ditunjukkan pada Gambar 3.6 dimana a.) Variasi *Muffler* Tipe 1 b.) Variasi *Muffler* Tipe 2 c.) Variasi *Muffler* Tipe 3.



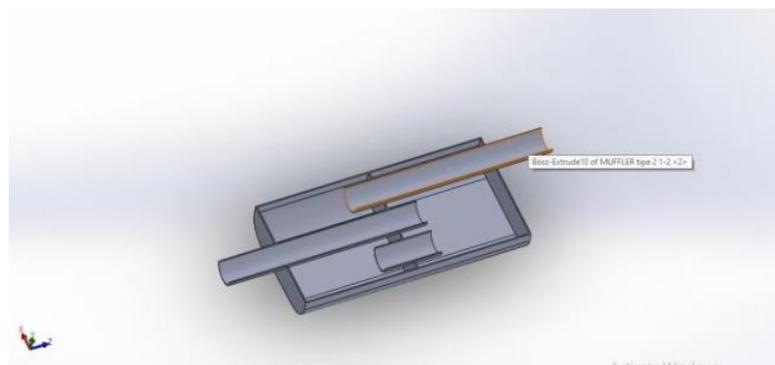
Gambar 3.6 Desain saluran gas buang 3D



a.) *Muffler* dilihat dari luar



b.) *Muffler* desain tipe I dengan sekat berada di 1/3 bagian *muffler*



c.) *Muffler* desain tipe II dengan sekat berada ditengah-tengah



d.) *Muffler* desain tipe III dengan sekat berada di  $2/3$  bagian *muffler*

#### 3.5.4 Pemasukan Data Material

Pemasukan data material *Solidworks* 2016 dapat dilakukan melalui edit material. Material untuk *design* yaitu Aluminium, materi yang diaplikasikan dari *Header* sampai *Muffler*.

#### 3.5.5 Eksekusi / Komputasi

Eksekusi dijalankan terhadap model yang sudah jadi dan telah dilengkapi dengan data material serta nilai kecepatan awal dan Temperatur awal. Eksekusi pertama yaitu pada konstruksi saluran pipa dan eksekusi kedua pada *Muffler*. Keduanya dilakukan dengan pendekatan metode elemen hingga.

#### 3.5.6 Evaluasi

Desain dalam *Solidworks* dievaluasi berdasarkan syarat-syarat yang harus dipenuhi. Penggunaan *software Solidworks* memberikan kemudahan dalam pemodelan, kalau ada kesalahan pada desain pemodelan dapat segera diperbaiki tanpa harus ada konsekuensi biaya dan material yang dibuang.

### **3.5.7 Output**

*Output* simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* berupa diagram aliran dari distribusi kecepatan, distribusi tekanan, distribusi temperature pada konstruksi saluran gas buang beserta komponen *muffler* yang ditampilkan pada model aliran dan juga kontur warna yang berisikan angka-angka yang menunjukkan nilai dari besarnya kecepatan, tekanan dan temperatur.

## **3.6 Validasi Desain Pemodelan**

Validasi desain pemodelan dilakukan dengan metode elemen hingga menggunakan *software Solidworks*. Objek pengujian berupa desain 3D konstruksi saluran gas buang dan *Muffler*. Penelitian ini memakai teknik analisis deskriptif, sehingga data yang menunjukkan hasil simulasi akan dipaparkan dan dideskripsikan. Data yang dianalisis adalah data yang didapat dari hasil simulasi distribusi kecepatan, distribusi tekanan, distribusi temperature dan distribusi aliran. Data kemudian dideskripsikan sehingga didapatkan kesimpulan untuk memvalidasi jenis desain yang paling baik dan kelayakan hasil pemodelan konstruksi saluran gas buang beserta *muffler*

## **3.7 Parameter Penelitian**

### **3.7.1 Variabel Bebas**

Variabel bebas meliputi variasi posisi peletakan sekat pada *muffler* tipe I, tipe II, tipe III.

### **3.7.2 Variabel Terikat**

Variabel Terikat dalam penelitian ini distribusi kecepatan, tekanan dan temperatur.

### **3.7.3 Variabel Kontrol**

Variabel kontrol dalam penelitian ini input tekanan masuk, tekanan udara luar, kecepatan awal, temperature awal.

## **3.8 Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Simulasi distribusi kecepatan, distribusi tekanan dan temperature serta pola aliran dengan menggunakan Software Solidworks
2. Data disajikan dalam bentuk numerik dan grafis

### **3.8.1 Pengumpulan data berdasarkan hasil uji di Dinas Perhubungan**

Dalam proses pengumpulan data ini dilakukan dengan mengumpulkan data dari hasil pengujian di dinas perhubungan ataupun dari BPLJSKB. Kemudian data dibandingkan untuk mendapatkan standar yang diinginkan dimana data yang dikumpulkan yakni nilai bilangan  $\text{No}_x$  dan  $\text{CO}_2$ .

### **3.8.2 Uji Dimensi**

Uji Dimensi dilakukan di Balai Pengujian Laik Jalan dan Sertifikasi Kendaraan Bermotor (BPLJSKB). Uji dimensi digunakan untuk membandingkan keadaan kendaraan real dibandingkan dengan batasan yang nantinya digunakan untuk batasan dalam proses perbaikan.

### **3.8.3 Uji Emisi**

Uji Emisi dilakukan di Balai Pengujian Laik Jalan dan Sertifikasi Kendaraan Bermotor (BPLJSKB). Uji Emisi digunakan untuk mengetahui seberapa tinggi kadar  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ , dan HC yang nantinya akan dijadikan patokan / limit dalam membandingkan keadaan normal dibandingkan batasan

### **3.9 Teknik Analisis Data**

Teknik analisis data menggunakan analisis grafis dan numerik yang selanjutnya ditarik kesimpulan komparatif antara ketiga variasi muffler. Metode ini digunakan untuk menganalisis data dengan cara menggambarkan data yang telah terkumpul setelah dilakukan selama penelitian. Data yang didapat selanjutnya dimasukkan ke dalam tabel dan ditampilkankan dalam tabel yang kemudian dilakukan analisa secara deskriptif dan ditarik kesimpulan .

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Hasil Penelitian**

##### **4.1.1 Pengukuran dimensi**

Dimensi rangka yang digunakan adalah *chassis* mobil desa. Data tersebut meliputi

Adapun data dan spesifikasi teknisnya yaitu:

1. Merek : VIAR
2. Tipe : V1.0 4x2 M/
3. Jenis Kendaraan : Mobil Barang Bak Muatan Terbuka
4. Nama Niaga (Merek Dagang) : Merapi
5. Negara asal : Indonesia
6. Varian : Tidak ada
7. Peruntukan : Angkutan Barang
8. Transmisi : M/T
9. Sistem Penggerak : 4x2
10. Standar Emisi : Euro 4 (BPLJSKB)

##### **4.1.2 Spesifikasi Material**

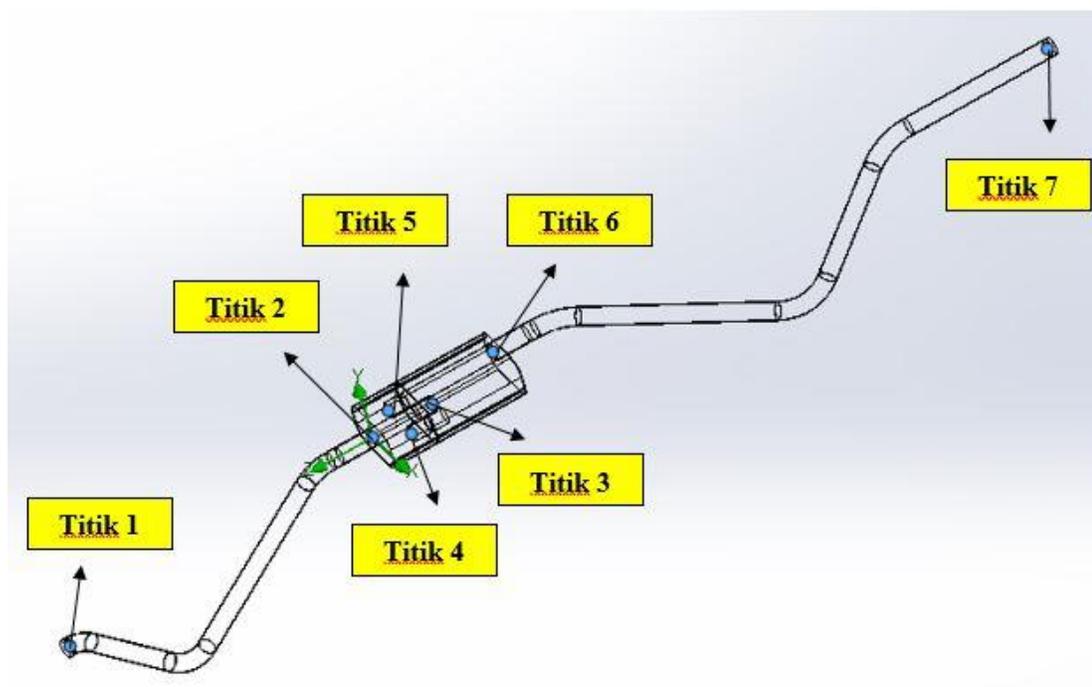
Material yang digunakan untuk konstruksi saluran gas buang adalah

Table 1 Spesifikasi Material *Galvanized Steel*.

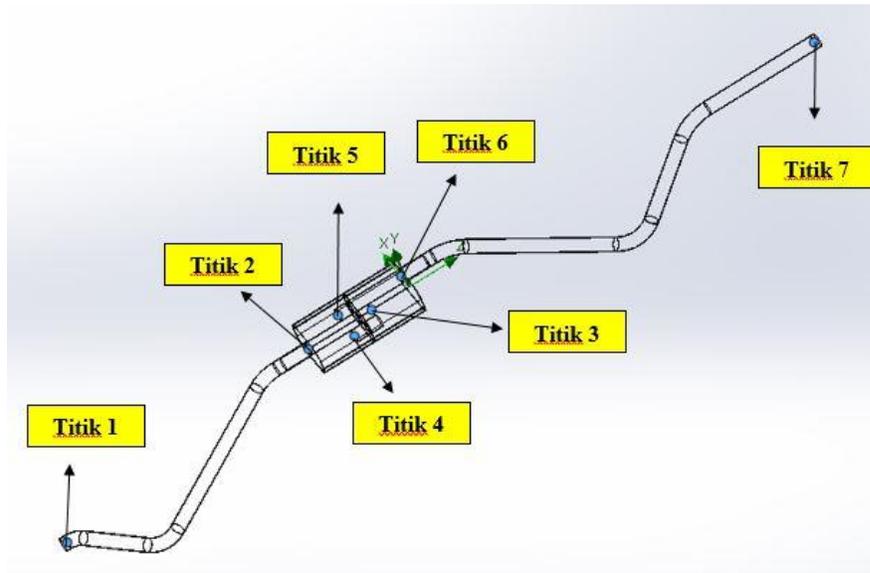
No.	Sifat Material	Nilai	Satuan
1.	<i>Yield Stress</i>	203,943	N/mm <sup>2</sup>
2.	<i>Tensile Stress</i>	356,900	N/mm <sup>2</sup>
3.	<i>Poisson's Ratio</i>	0,29	N/A
4.	<i>Density</i>	7870	Kg/m <sup>3</sup>
5.	<i>Modulus Elasticity</i>	200.000	N/mm <sup>2</sup>

#### 4.1.3 Desain Rangka 3D

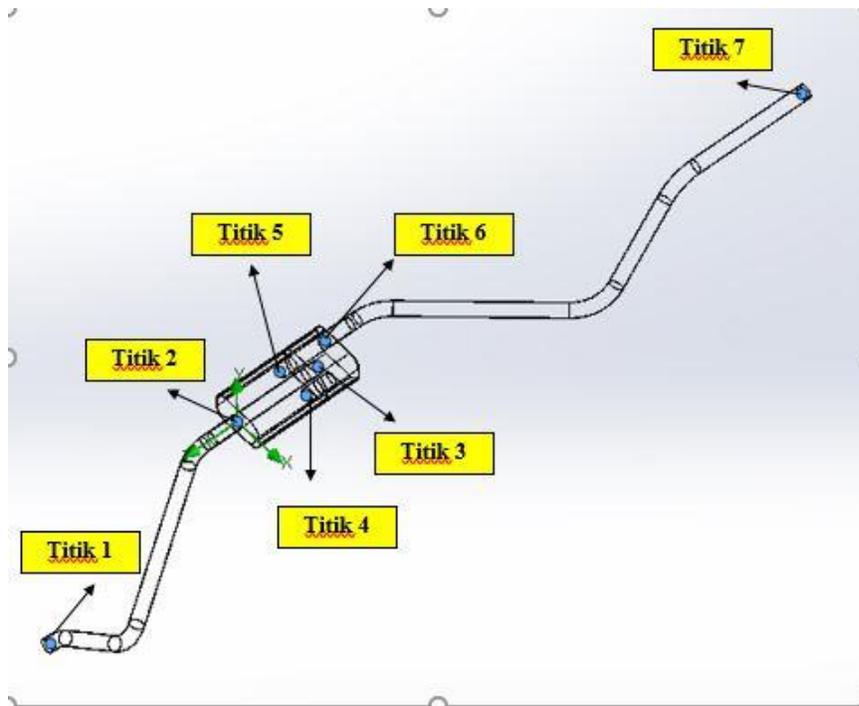
Pembuatan desain rangka 3D dilakukan bertahap dengan *software solidworks*, menu *New Part* pada masing-masing *part*. Desain dibentuk secara presisi menurut data pengukuran aktual. *Part component* tersebut kemudian di *assembly* sesuai bentuk utuh rangkaian konstruksi saluran gas buang mobil desa.



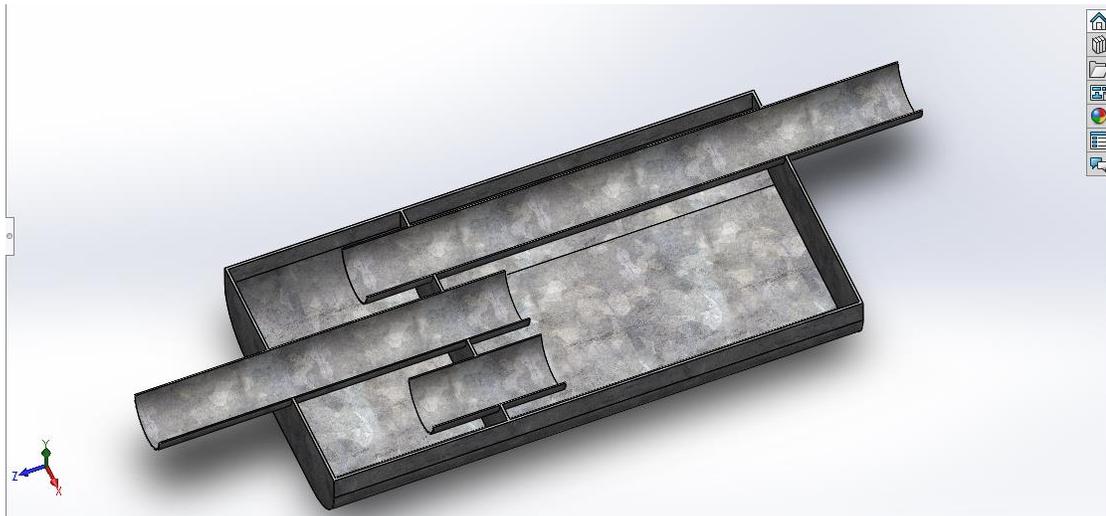
Gambar 4.1 Saluran Gas Buang Tipe 1 dengan ketujuh titik pengambilan data



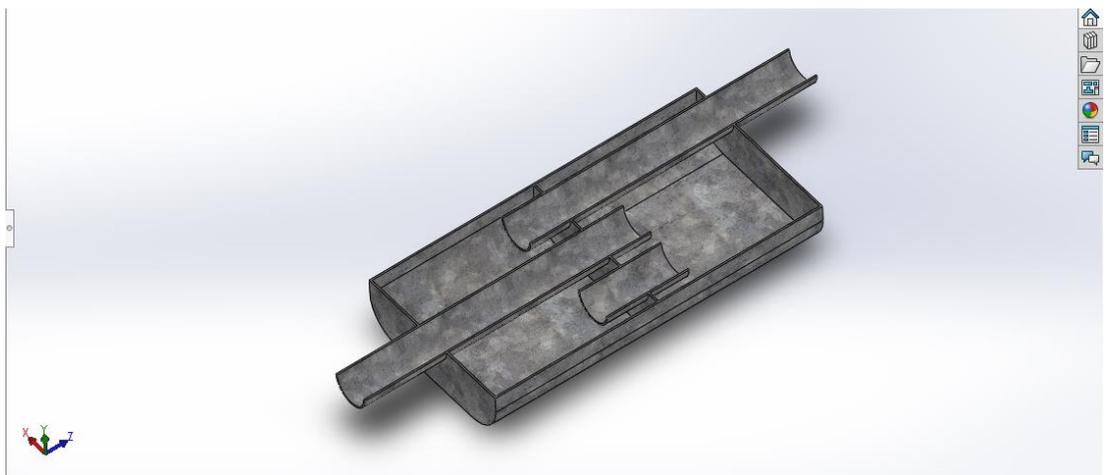
Gambar 4.2 Saluran Gas Buang Tipe 2 dengan ketujuh titik pengambilan data



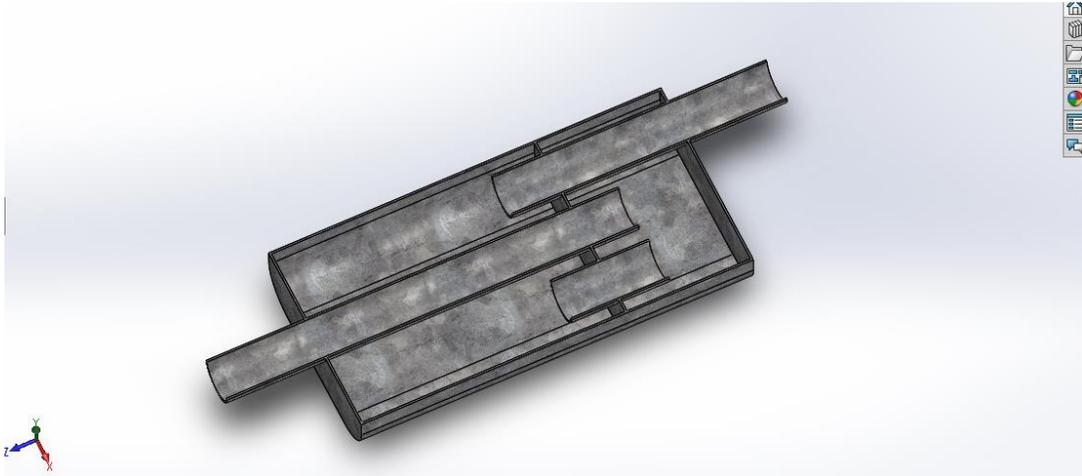
Gambar 4.3 Saluran Gas Buang Tipe 3 dengan ketujuh titik pengambilan data



Gambar 4.4 *Muffler* desain tipe I dengan sekat berada di  $1/3$  bagian *muffler*



Gambar 4.5 *Muffler* desain tipe II dengan sekat berada ditengah-tengah



Gambar 4.6 Muffler desain tipe III dengan sekat berada di 2/3 bagian muffler

#### 4.1.4 Boundary Conditions

Tabel 4.1 Inlet Velocity

<i>Type</i>	<i>Inlet Velocity</i>
<i>Faces</i>	<i>Face&lt;1&gt;@LID18-1</i>
<i>Coordinate system</i>	<i>Face coordinate system</i>
<i>Reference axis</i>	<i>X</i>
<i>Flow parameters</i>	<i>Flow vectors direction: Normal to face</i> <i>Velocity normal to face: 59,310 m/s</i> <i>Fully developed flow: No</i>
<i>Thermodynamic parameters</i>	<i>Approximate pressure: 1,01 bar</i> <i>Temperature : 300 °C</i>
<i>Turbulence parameters</i>	-
<i>Boundary layer parameters</i>	<i>Boundary layer type: Turbulent</i>

Tabel 4.2 Environment Pressure

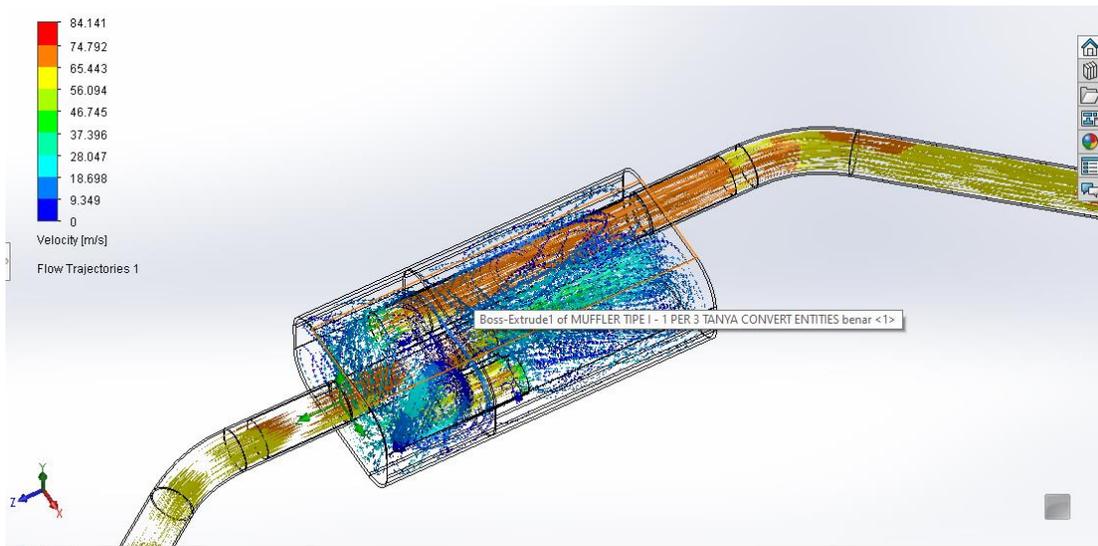
<i>Type</i>	<i>Environment Pressure</i>
<i>Faces</i>	<i>Face&lt;2&gt;@LID17-1</i>
<i>Coordinate system</i>	<i>Face Coordinate System</i>
<i>Reference axis</i>	<i>X</i>
<i>Thermodynamic parameters</i>	<i>Environment pressure: 1,01 bar</i> <i>Temperature: 20,05 °C</i>
<i>Turbulence parameters</i>	-
<i>Boundary layer parameters</i>	<i>Boundary layer type: Turbulence</i>

## 4.2 Hasil Pengujian

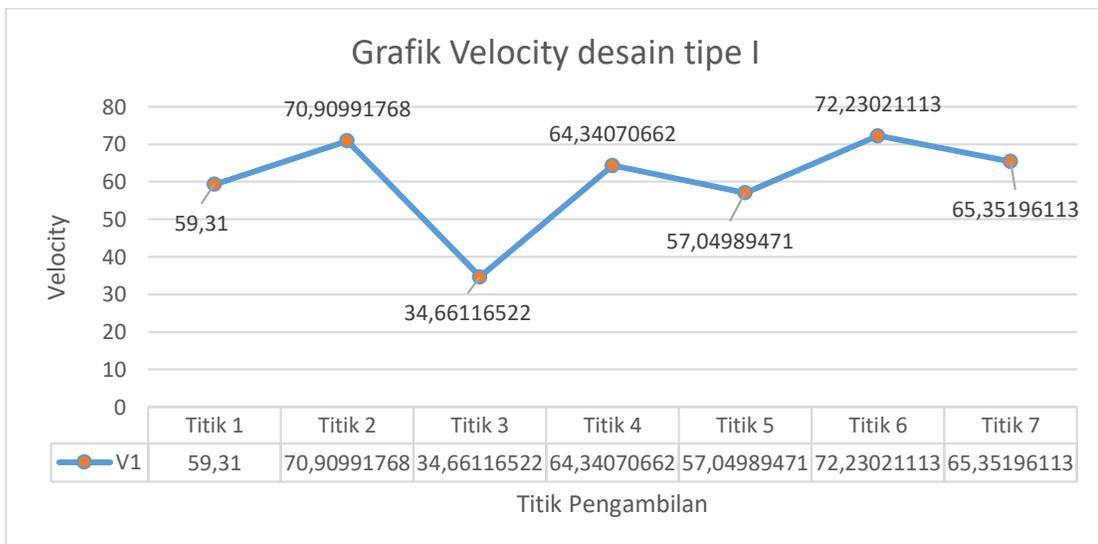
### 4.2.1 Hasil Uji Desain Tipe I

#### a. Velocity

*Maximum velocity* pada titik ke 6 dengan nilai 72,23 m/s.



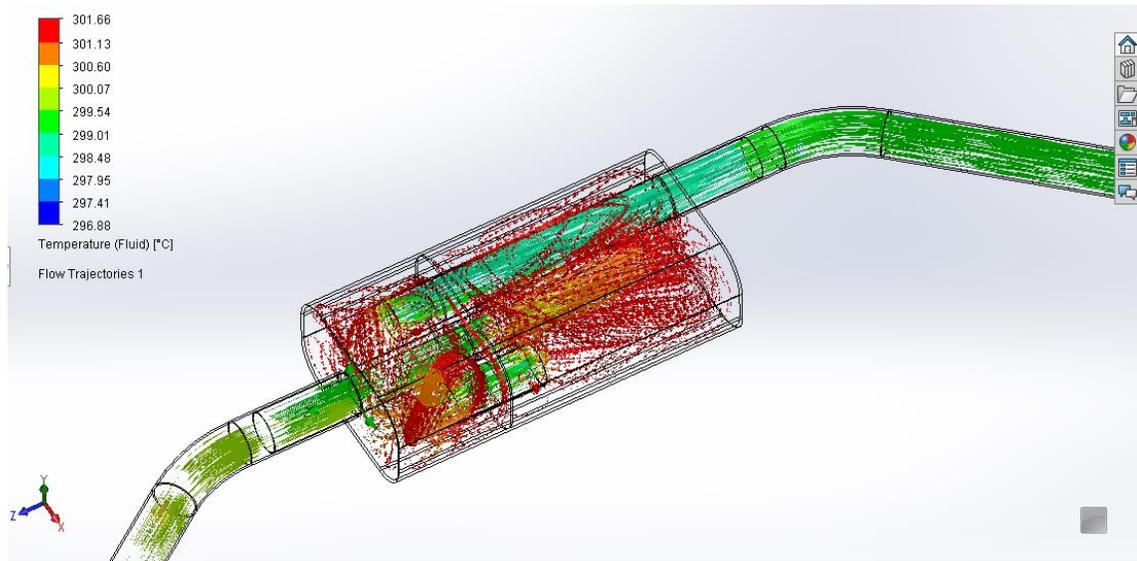
Gambar 4.7 aliran *velocity* pada desain tipe I



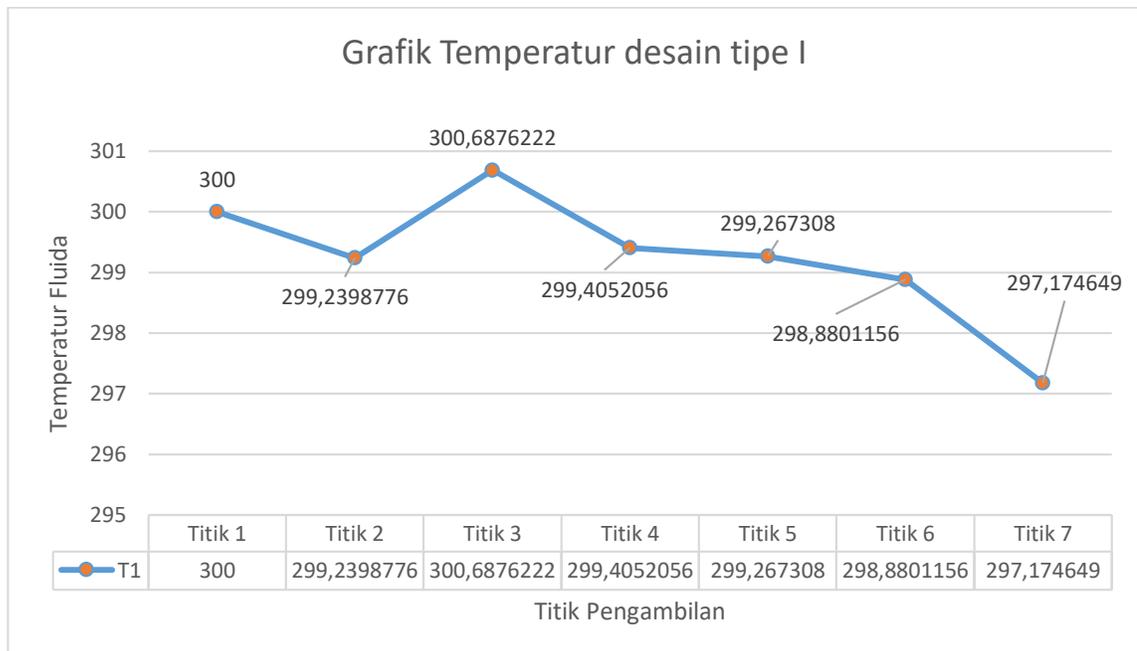
Gambar 4.8 Grafik *Velocity* tipe I

b. *Temperature fluid*

*Maximum Temperature fluid* pada titik ke 1 dengan nilai 300 °C.



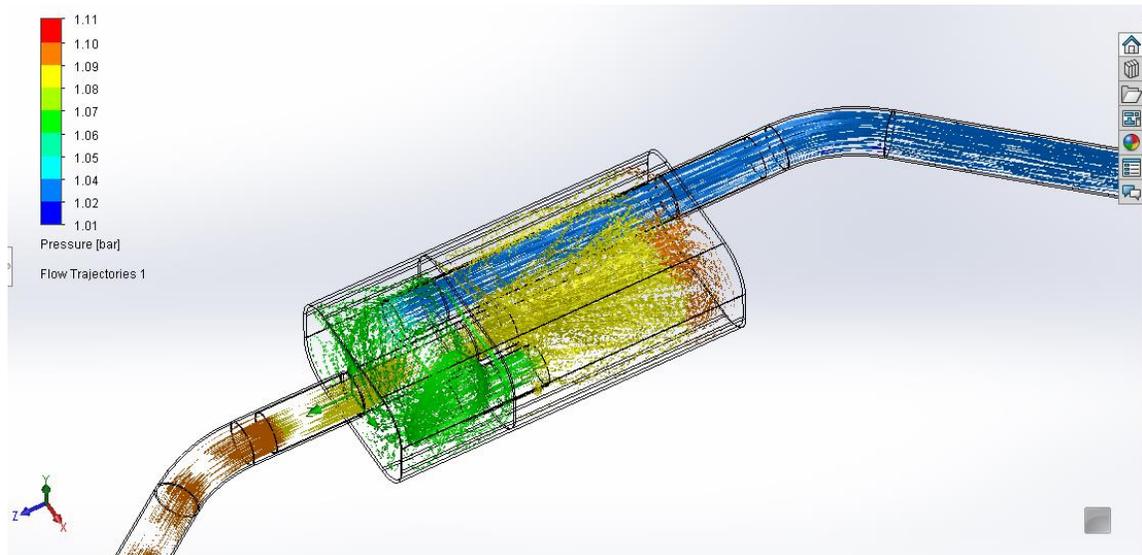
Gambar 4.9 distribusi temperatur fluida pada desain tipe I



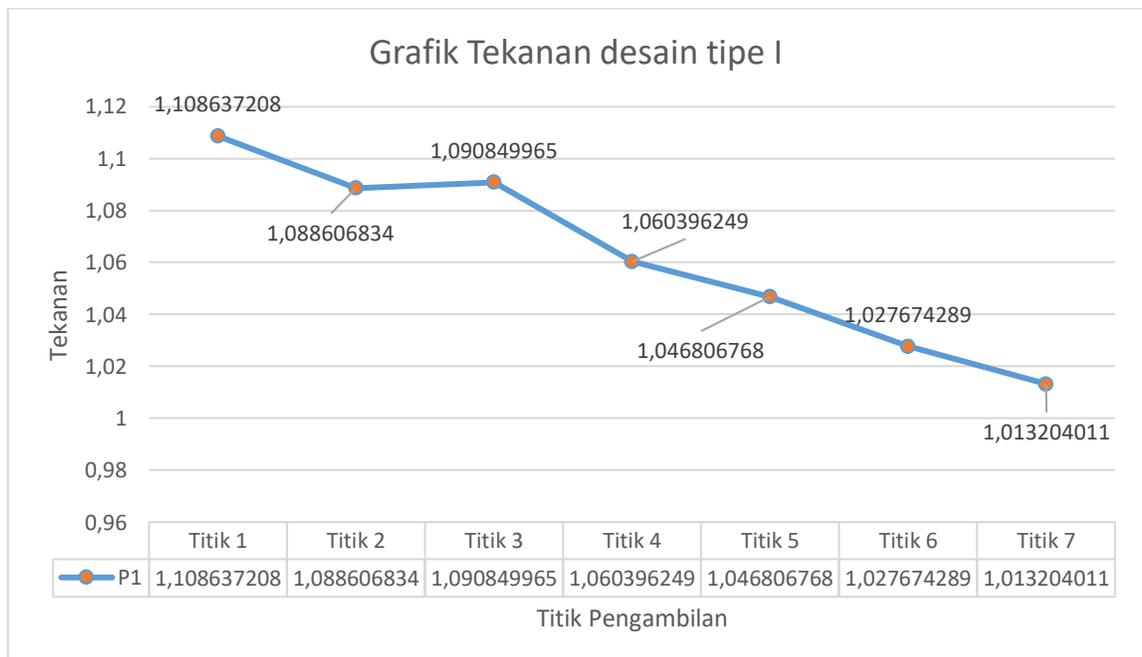
Gambar 4.10 Grafik Temperatur Fluida tipe I

c. *Pressure*

*Maximum pressure* pada titik ke 1 dengan nilai 1,10 bar.



Gambar 4.11 distribusi tekanan fluida pada desain tipe I

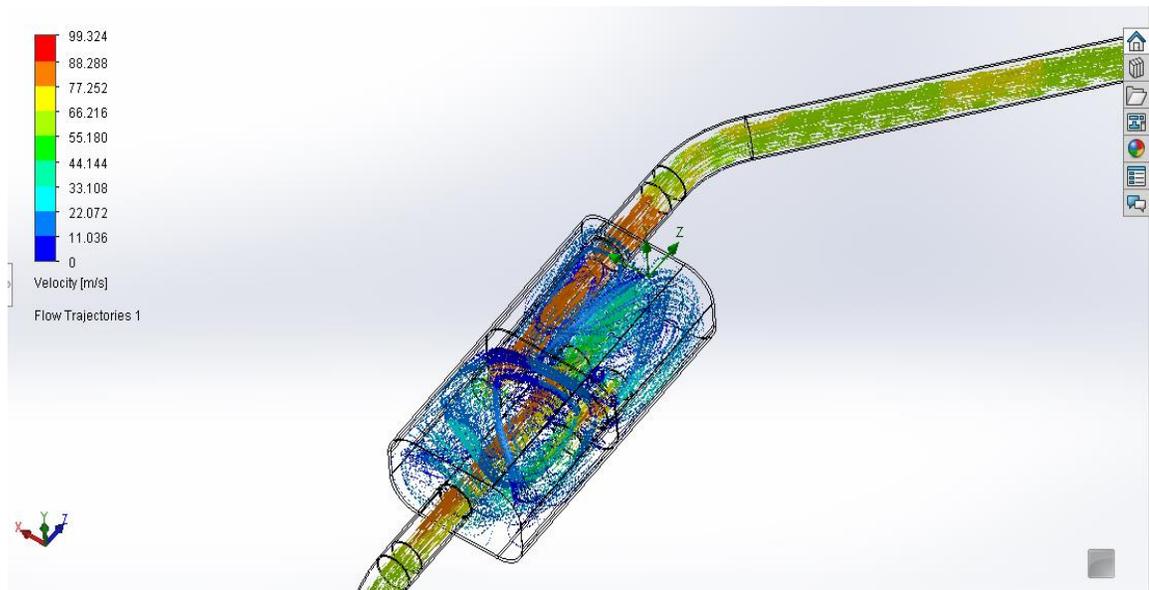


Gambar 4.12 Grafik tekanan fluida tipe I

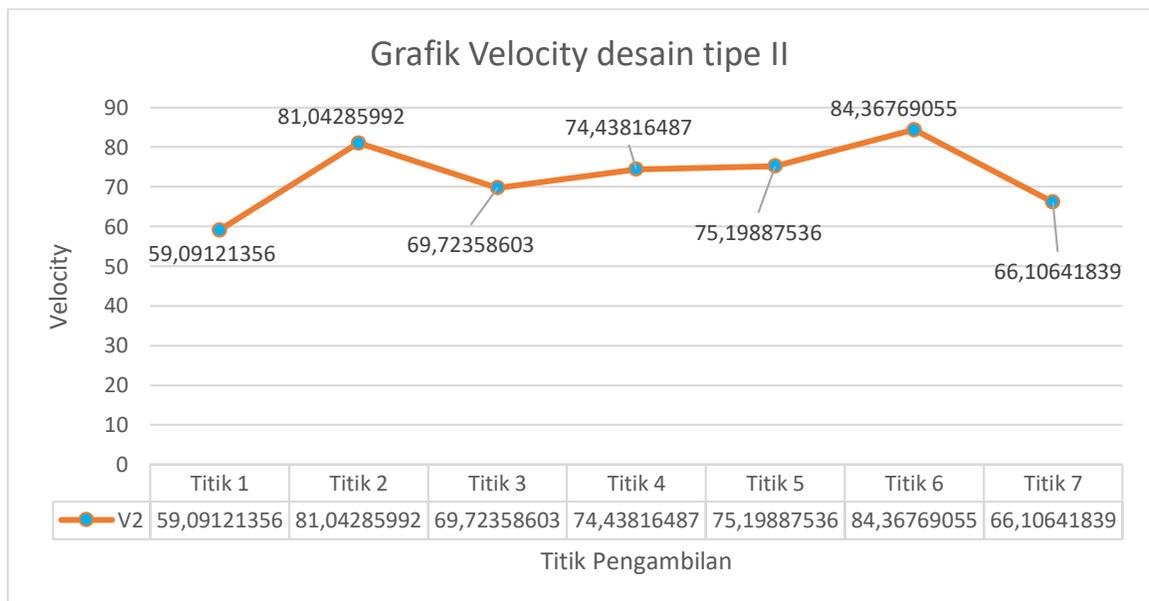
## 4.2.2 Hasil Uji Desain Tipe II

### a. Velocity

*Maximum velocity* pada titik ke 6 dengan nilai 84,36 m/s



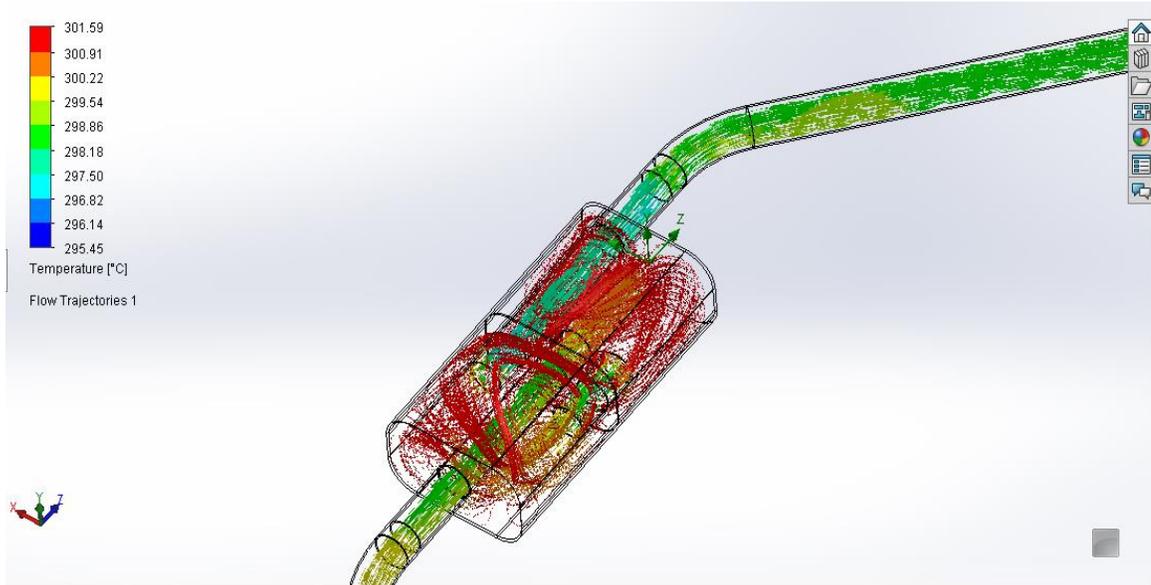
Gambar 4.13 Aliran *velocity* pada desain tipe II



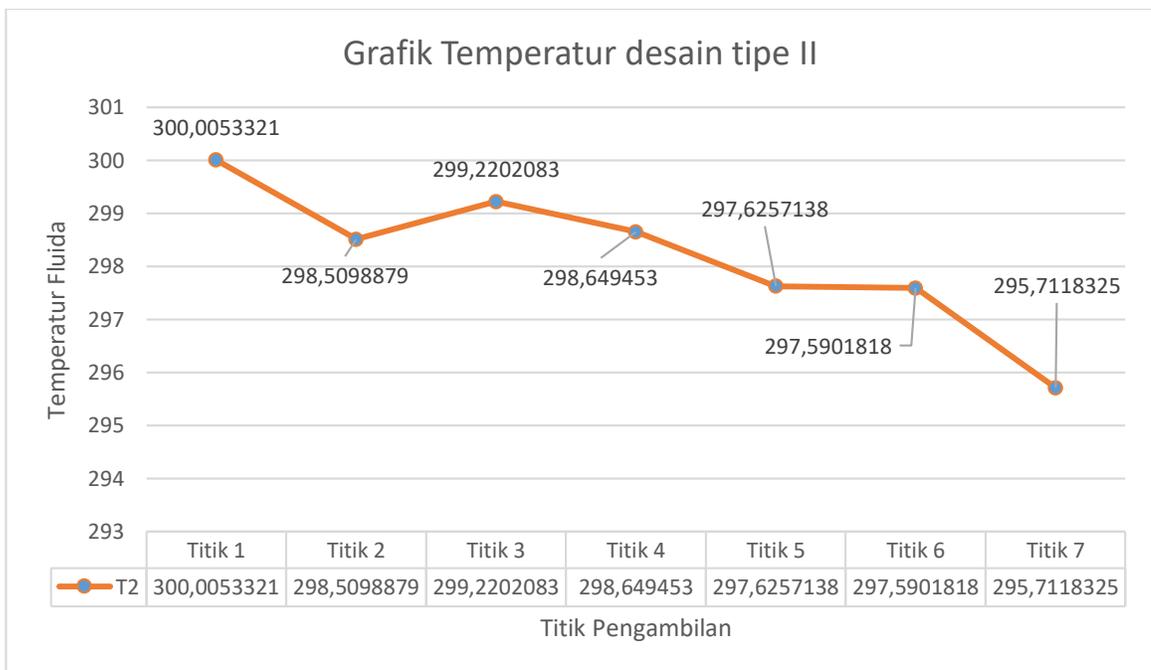
Gambar 4.14 Grafik *Velocity* tipe II

b. *Temperature Fluid*

*Maximum Temperature fluid* pada titik ke 1 dengan nilai 300 °C



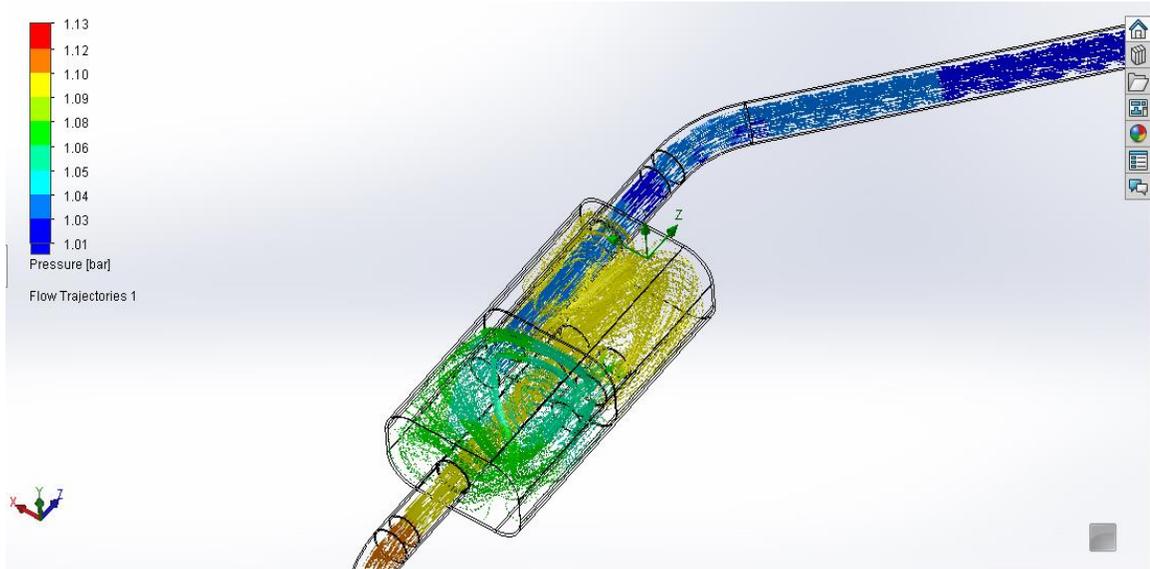
Gambar 4.15 Distribui temperatur fluida pada desain tipe II



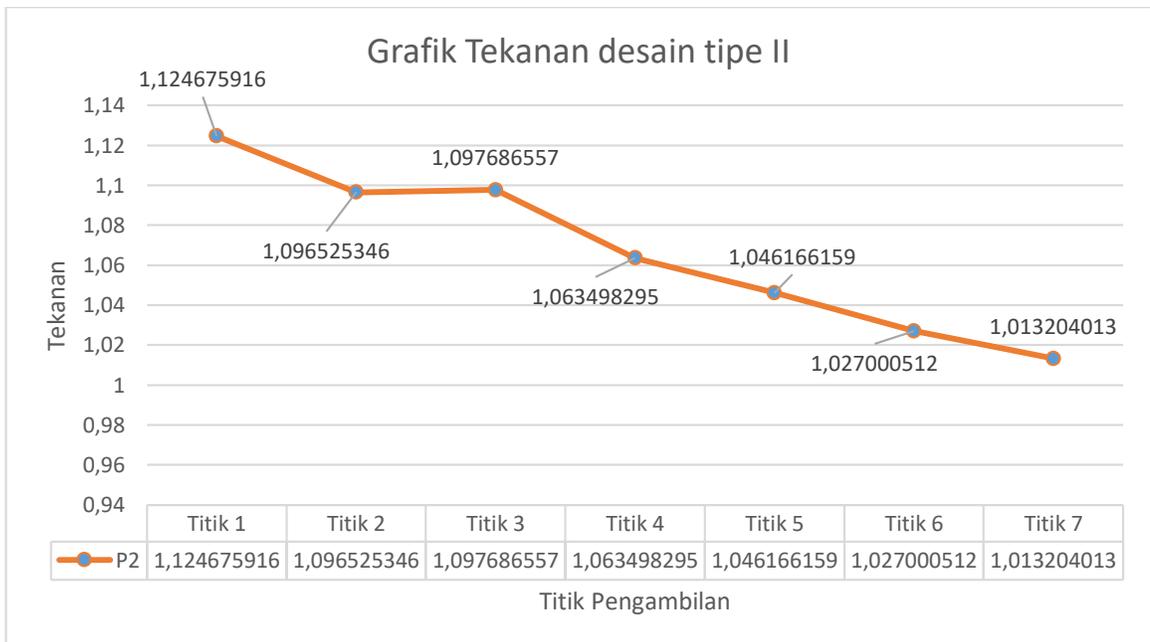
Gambar 4.16 Grafik temperatur fluida tipe II

c. *Pressure*

*Maximum pressure* pada titik ke 1 dengan nilai 1,12 bar.



Gambar 4.17 Distribusi tekanan fluida pada desain tipe II

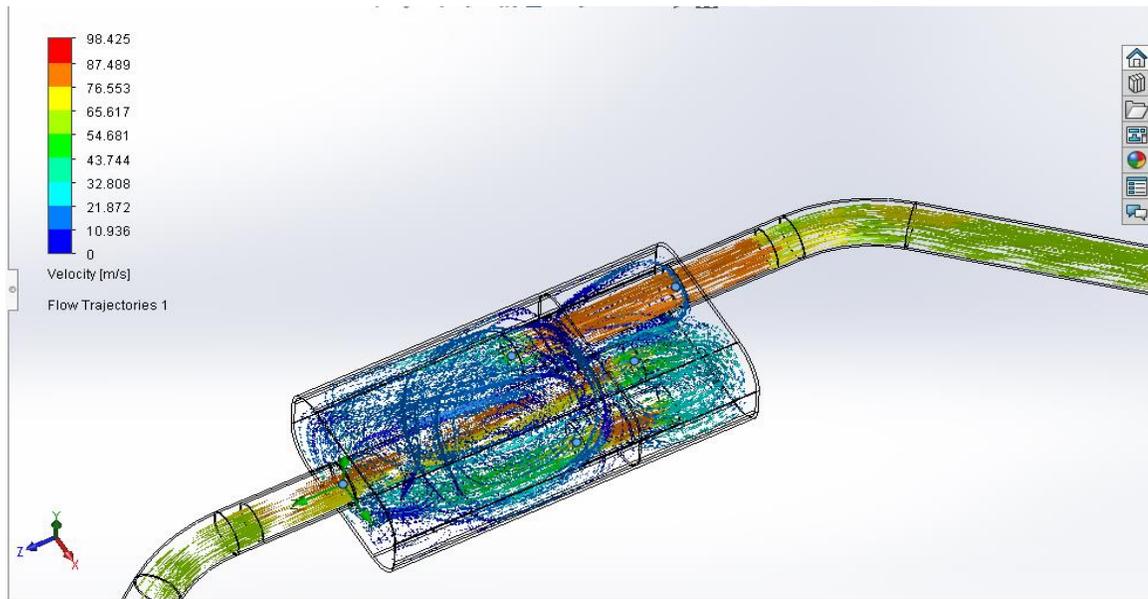


Gambar 4.18 Grafik tekanan fluida tipe II

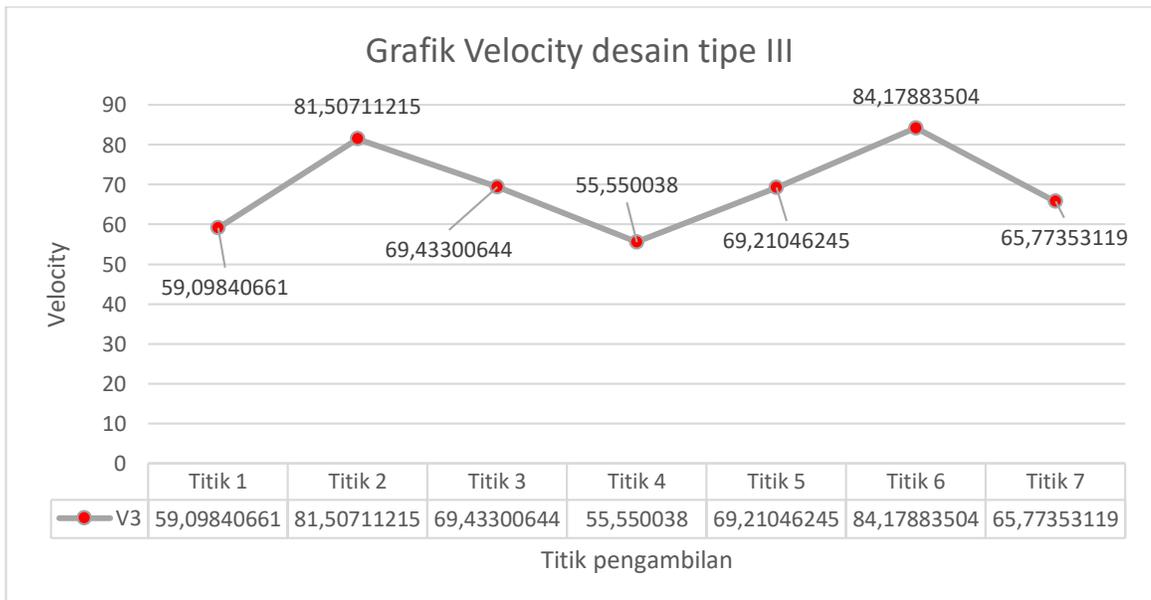
### 4.2.3 Hasil Uji Desain Tipe III

#### a. Velocity

*Maximum velocity* pada titik ke 6 dengan nilai 84,17 m/s



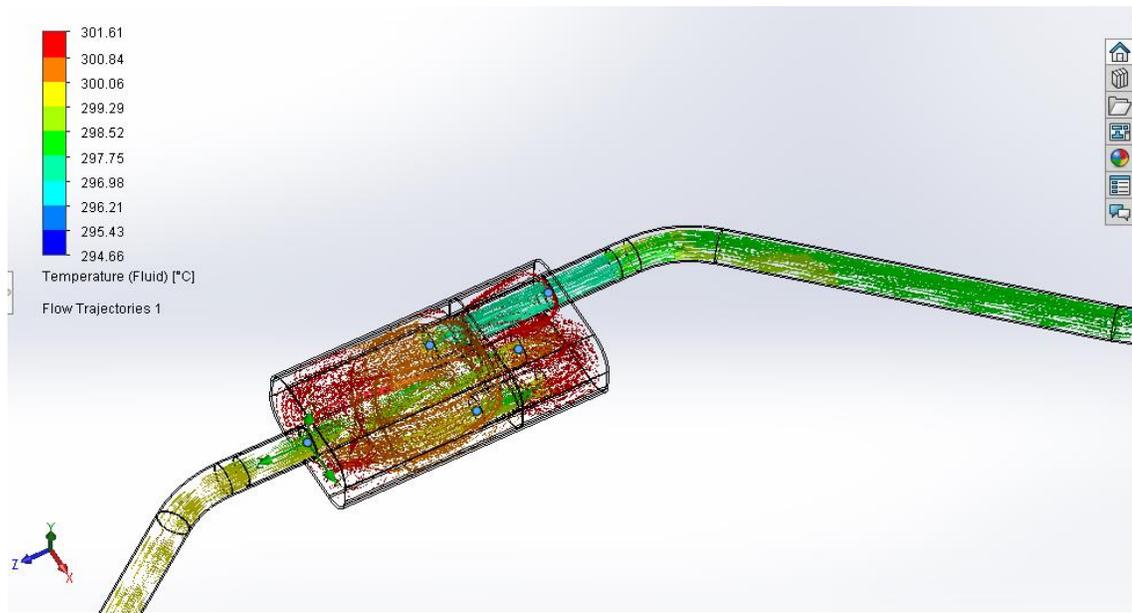
Gambar 4.19 Aliran *velocity* pada desain tipe III



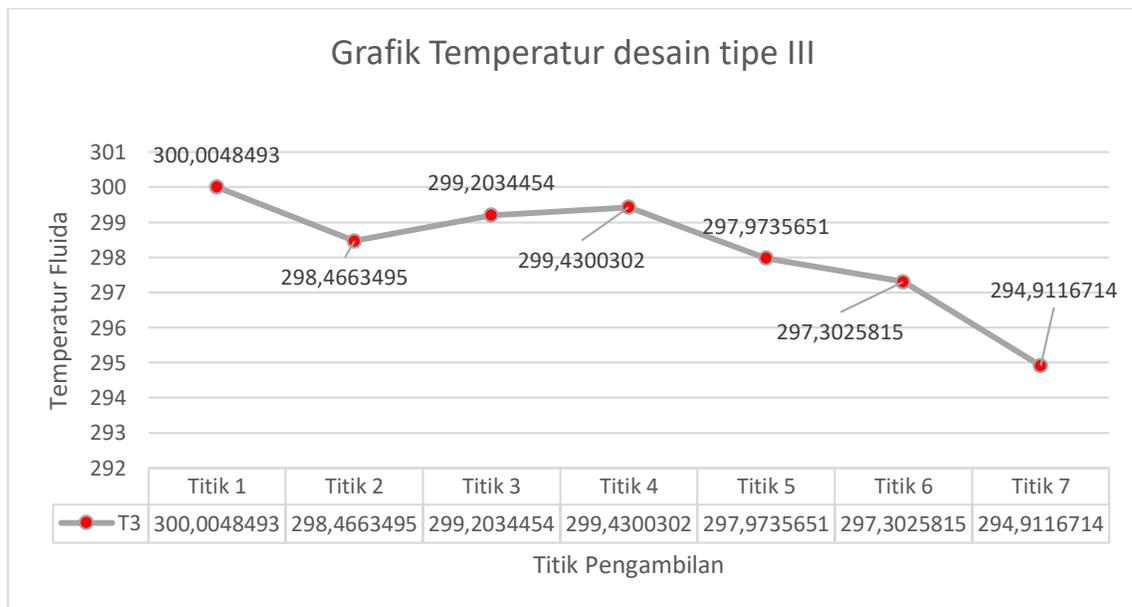
Gambar 4.20 Grafik *Velocity* tipe III

b. *Temperature Fluid*

*Maximum Temperature fluid* pada titik ke 1 dengan nilai 300 °C



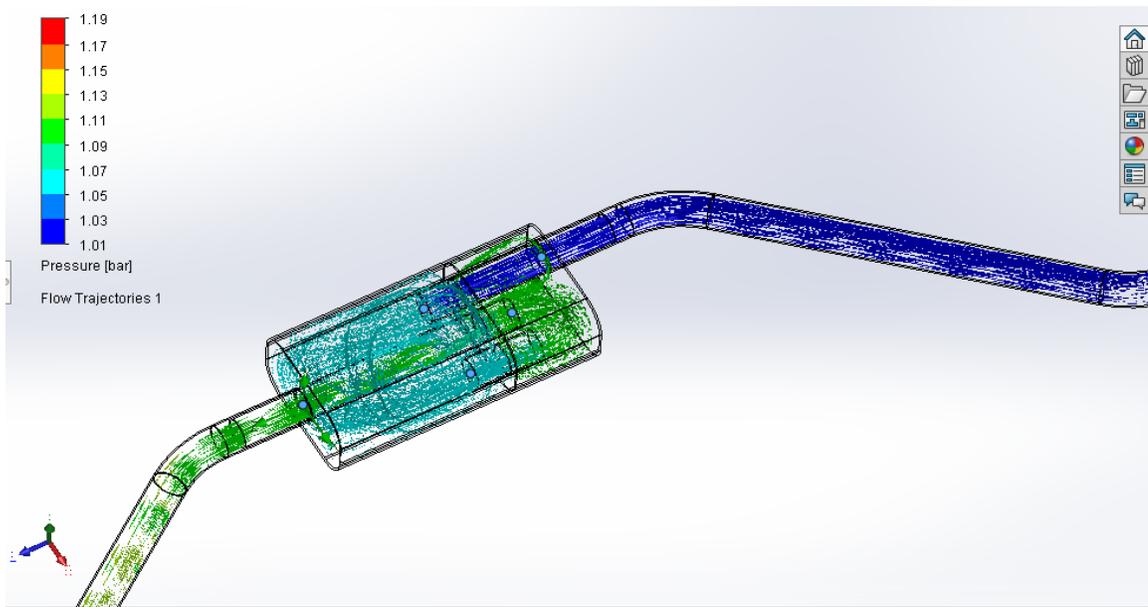
Gambar 4.21 Distribusi temperatur fluida pada desain tipe III



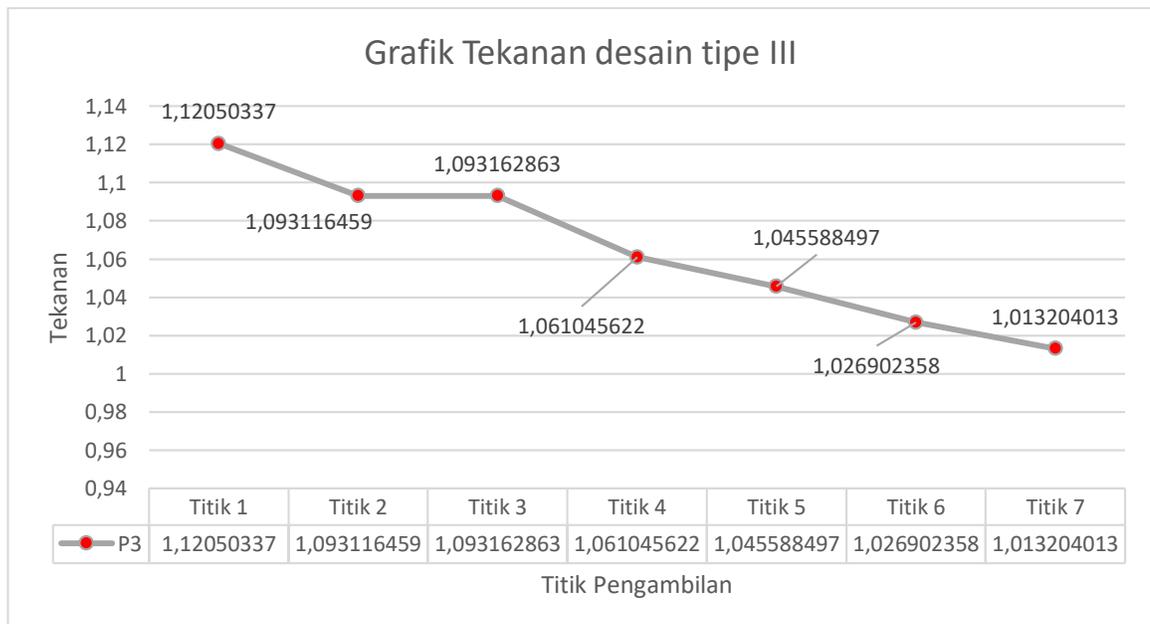
Gambar 4.22 Grafik Temperatur Fluida tipe III

c. *Pressure*

*Maximum pressure* pada titik ke 1 dengan nilai 1,12 bar.



Gambar 4.23 Distribusi tekanan fluida pada desain tipe III



Gambar 4.24 Grafik tekanan fluida tipe III

#### 4.2.4 Perbandingan Hasil Analisis

Desain *muffler* yang berbeda akan menghasilkan nilai *velocity*, *temperature* dan *pressure* yang berbeda-beda. Analisis yang dilakukan menggunakan software *SOLIDWORKS* 2016 menunjukkan nilai yang berbeda. Dengan membandingkan 3 desain *muffler* yang berbeda dalam analisis ini bertujuan untuk mendapatkan desain *muffler* dan juga *exhaust system* terbaik dari segi distribusi aliran kecepatan, berapa besar hambatan yang menghasilkan tekanan dan juga distribusi temperature untuk mengetahui desain mana yang paling baik. Hasil analisis dapat dilihat pada tabel 4.3 di bawah ini dimana kolom berwarna merah merupakan nilai tertinggi dan kolom berwarna hijau merupakan nilai terendah.

Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Analisis Tipe I, II, III

Point	Tipe 1			Tipe 2			Tipe 3		
	Pressu rre (bar)	Veloci ty (m/s)	Tempe rature Fluid (C )	Pressu rre (bar)	Veloci ty (m/s)	Tempe rature Fluid (C )	Pressu rre (bar)	Velo city (m/s )	Tempe rature Fluid (C )
1	1,1086 37208	59,31	300	1,1246 75916	59,091 21356	300,00 53321	1,1205 0337	59,0 9841	300,00 48493
2	1,0886 06834	70,909 91768	299,23 98776	1,0965 25346	81,042 85992	298,50 98879	1,0931 16459	81,5 0711	298,46 63495
3	1,0908 49965	34,661 16522	300,68 76222	1,0976 86557	69,723 58603	299,22 02083	1,0931 62863	69,4 3301	299,20 34454
4	1,0603 96249	64,340 70662	299,40 52056	1,0634 98295	74,438 16487	298,64 9453	1,0610 45622	55,5 5004	299,43 00302
5	1,0468 06768	57,049 89471	299,26 7308	1,0461 66159	75,198 87536	297,62 57138	1,0455 88497	69,2 1046	297,97 35651
6	1,0276 74289	72,230 21113	298,88 01156	1,0270 00512	84,367 69055	297,59 01818	1,0269 02358	84,1 7884	297,30 25815
7	1,0132 04011	65,351 96113	297,17 4649	1,0132 04013	66,106 41839	295,71 18325	1,0132 04013	65,7 7353	294,91 16714

Tabel 4.4 Perbandingan Kecepatan desain tipe I, II, III

	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Titik 7
V 1	59,31	70,90991 768	34,66116 522	64,34070 662	57,04989 471	72,23021 113	65,35196 113
V 2	59,09121 356	81,04285 992	69,72358 603	74,43816 487	75,19887 536	84,36769 055	66,10641 839
V 3	59,09840 661	81,50711 215	69,43300 644	55,55003 8	69,21046 245	84,17883 504	65,77353 119

Keterangan: V1: Kecepatan Tipe I, V2: Kecepatan Tipe II, V3: Kecepatan Tipe III

Tabel 4.5 Perbandingan Temperatur Desain Tipe I, II, III

	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Titik 7
T 1	300	299,2398 776	300,6876 222	299,4052 056	299,2673 08	298,8801 156	297,1746 49
T 2	300,0053 321	298,5098 879	299,2202 083	298,6494 53	297,6257 138	297,5901 818	295,7118 325
T 3	300,0048 493	298,4663 495	299,2034 454	299,4300 302	297,9735 651	297,3025 815	294,9116 714

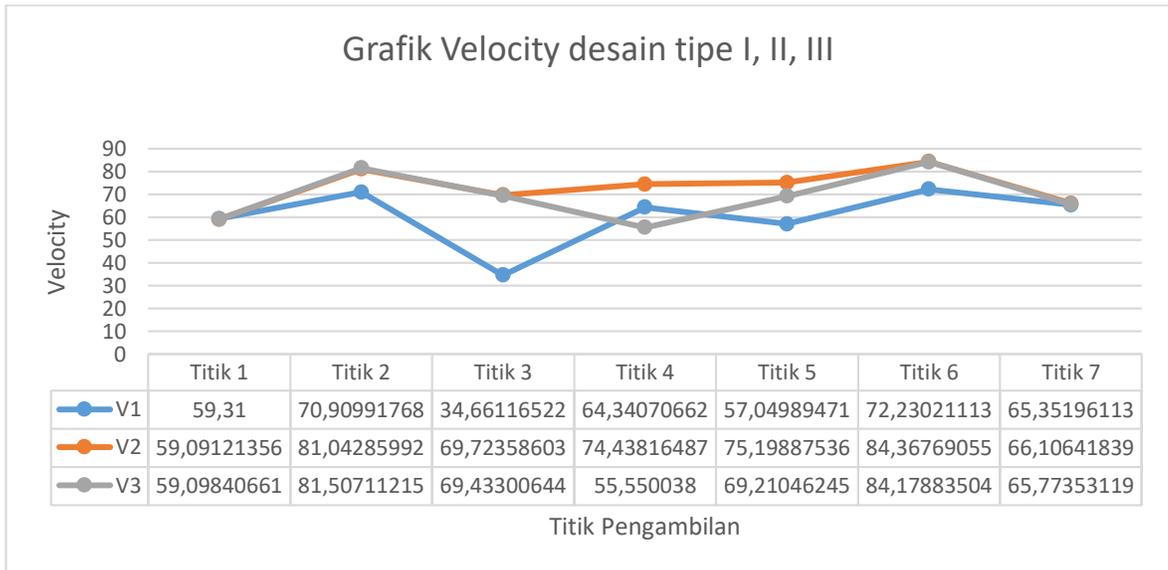
Keterangan: T1: Temperatur Tipe I, T2: Temperatur Tipe II, T3: Temperatur Tipe III

Tabel 4.6 Perbandingan Tekanan Desain Tipe I, II, III

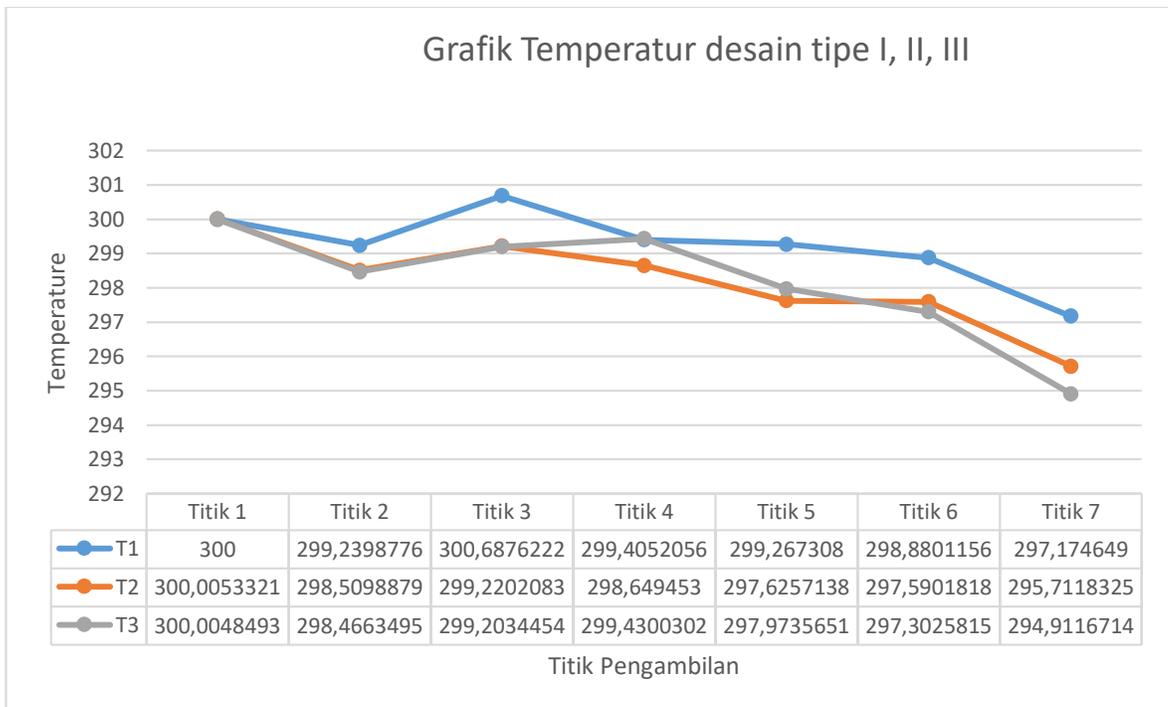
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Titik 7
P 1	1,10863 721	1,08860 683	1,090849 965	1,06039 625	1,04680 677	1,027674 289	1,01320 401
P 2	1,12467 592	1,09652 535	1,097686 557	1,06349 83	1,04616 616	1,027000 512	1,01320 401
P 3	1,12050 337	1,09311 646	1,093162 863	1,06104 562	1,04558 85	1,026902 358	1,01320 401

Keterangan: P1: Tekanan Tipe I, P2: Tekanan Tipe II, P3: Tekanan Tipe III

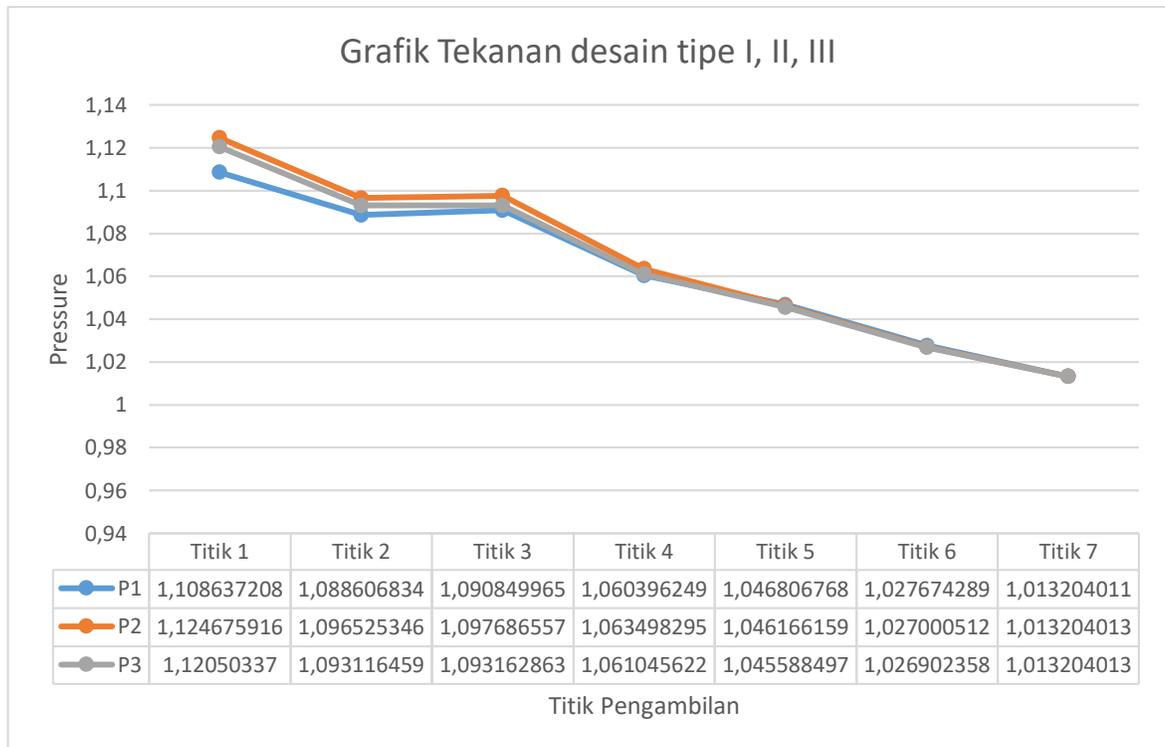
### 4.3 Pembahasan



Gambar 4.25 Perbandingan Kecepatan Desain Tipe I, II, III



Gambar 4.26 Perbandingan Temperatur Desain I, II, III



**Gambar 4.27 Perbandingan Tekanan Tipe I, II, III**

Ketiga gambar grafik diatas yang menunjukkan perbandingan desain tipe I, II, III yang meliputi kecepatan, temperatur, dan tekanan menunjukkan adanya perbedaan nilai antara desain I, II dan III. Hal tersebut membuktikan bahwa penempatan sekat pada *muffler* memberikan perbedaan terhadap nilai kecepatan (*velocity*), temperature (*temperature*), tekanan (*pressure*). Berdasarkan hasil analisis, desain tipe I mempunyai nilai kecepatan tertinggi pada titik ke 6 dengan nilai 72,23 m/s dan nilai kecepatan terendah pada titik ke 3 dengan nilai 34,66 m/s. Dimana selisih nilai kecepatan tertinggi dikurangi nilai kecepatan terendah sebesar 37,56 m/s dan nilai kecepatan awal dikurangi nilai kecepatan akhir sebesar 6,04 m/s. Desain tipe II mempunyai nilai

kecepatan tertinggi pada titik ke 6 dengan nilai 84,36 m/s dan nilai kecepatan terendah pada titik ke 1 dengan nilai 59,09 m/s. Dimana selisih nilai kecepatan tertinggi dikurangi nilai kecepatan terendah sebesar 25,27 m/s dan nilai kecepatan awal dikurangi nilai kecepatan akhir sebesar 7,01 m/s. Desain tipe III mempunyai nilai kecepatan tertinggi pada titik ke 6 dengan nilai 84,17 m/s dan nilai kecepatan terendah pada titik ke 4 dengan nilai 55,55 m/s. Dimana selisih nilai kecepatan tertinggi dikurangi nilai kecepatan terendah sebesar 28,62 m/s dan nilai kecepatan awal dikurangi nilai kecepatan akhir sebesar 6,67 m/s. Untuk nilai tekanan dari desain I, II, dan III nilai rata-rata tekanan terbesar pada desain tipe II dengan nilai sebesar 1,067 bar dan nilai rata-rata temperature terbesar pada desain tipe I. Perbandingan data dapat dilihat pada tabel 4.10, tabel 4.11 dan tabel 4.12.

Tabel 4.7 Data Kecepatan tipe I, II, III

Tipe	Selisih Kecepatan	Titik Tertinggi	Titik Terendah	Kecepatan Tertinggi (m/s)	Kecepatan Terendah (m/s)	Hasil (m/s)	Kecepatan rata-rata (m/s)
I	Tinggi-Rendah (X)	6	3	72,2302111	34,6611652	37,569	60,550551
	Awal-akhir (Y)	7	1	65,3519611	59,31	6,04196	
	X-Y					31,5271	
II	Tinggi-Rendah (X)	6	1	84,36769055	59,09121356	25,2765	72,852687
	Awal-akhir (Y)	7	1	66,10641839	59,09121356	7,0152	
	X-Y					18,2613	

III	Tinggi-Rendah (X)	6	4	84,17883504	55,550038	28,6288	69,250199
	Awal-akhir (Y)	7	1	65,77353119	59,09840661	6,67512	
	X-Y					21,9537	

Tabel 4.8 Data Temperatur tipe I, II, III

Tipe	Selisih Temperatur	Titik Tertinggi	Titik Terendah	Temperatur Tertinggi (C)	Temperatur Terendah (C)	Hasil (C)	Temperatur rata-rata (C)
I	Tinggi-Rendah (X)	1	7	300	297,174649	2,82535	299,2364
	Awal-akhir (Y)	1	7	300	297,174649	2,82535	
	X-Y					0	
II	Tinggi-Rendah (X)	1	7	300,005332	295,711833	4,2935	298,18752
	Awal-akhir (Y)	1	7	300,005332	295,711833	4,2935	
	X-Y					0	
III	Tinggi-Rendah (X)	1	7	300,004849	294,911671	5,09318	298,18464
	Awal-akhir (Y)	1	7	300,004849	294,911671	5,09318	
	X-Y					0	

Tabel 4.9 Data Tekanan tipe I, II, III

Tipe	Selisih Tekanan	Titik Tertinggi	Titik Terendah	Tekanan Tertinggi (bar)	Tekanan Terendah (bar)	Hasil (bar)	Tekanan rata-rata (bar)
I	Tinggi-Rendah (X)	1	7	1,10863721	1,013204	0,095433	1,062311
	Awal-akhir (Y)	7	1	1,10863721	1,013204	0,095433	
	X-Y					0	
II	Tinggi-Rendah (X)	1	7	1,12467592	1,013204	0,111472	1,066965
	Awal-akhir (Y)	7	1	1,12467592	1,013204	0,111472	
	X-Y					0	
III	Tinggi-Rendah (X)	1	7	1,12050337	1,013204	0,107299	1,064789
	Awal-akhir (Y)	7	1	1,12050337	1,013204	0,107299	
	X-Y					0	

Jadi dari hasil analisis, desain tipe II adalah yang terbaik walaupun beberapa nilai parameternya bukan yang terbaik. Secara konstruksi desain tipe II memiliki sekat *muffler* yang berada ditengah-tengah panjang dari *muffler*. Pada grafik *velocity* tipe 2 menunjukkan kecepatan relatif seragam dibanding yang lain sehingga dianggap lebih baik. Kemudian dari hasil grafik temperature dapat diketahui juga grafik temperatur tipe 2 juga menunjukkan rata-rata temperatur yang lebih rendah dibanding tipe 1 dan 3 yakni 298,18 °C sehingga knalpot menjadi lebih awet.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian di atas, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Simulasi yang sudah dilakukan pada ketiga tipe desain *exhaust manifold* (saluran gas buang) dan *muffler* tercipta gambar pola aliran turbulensi paling minim terdapat pada desain tipe 2 dengan kecepatan tertinggi pada titik 6 dengan nilai 84,36 m/s, kecepatan terendah pada titik 1 dengan nilai 59,0 m/s. Rata-rata kecepatan 72,85 m/s, rata-rata tekanan 1,06 bar dan rata-rata temperature 298,18 °C.
2. Desain tipe 2 menjadi desain paling optimal dengan sekat berada di tengah-tengah *muffler* dengan ukuran tabung 400 mm x 200 mm x 120 mm. Desain optimal berupa gambar kerja 2D dan gambar *assembling* 3D dari *software solidworks* guna acuan data produksi knalpot mobil desa.
3. Desain ketiga variasi *muffler* didapatkan tipe 2 menjadi *muffler* yang paling optimal untuk desain saluran buang, karena pada desain tipe 2 memiliki delta (selisih) tekanan dan kecepatan tiap titik sepanjang pipa/saluran paling kecil sebagaimana dilihat pada grafik distribusi tekanan dan distribusi kecepatan.

## 5.2 Saran

Adapun saran dari hasil penelitian, yaitu:

1. Desain tipe 2 menjadi desain yang terbaik dari 3 tipe desain lainnya untuk dijadikan acuan data produksi knalpot mobil desa.
2. Penelitian ini terbatas di 7 titik pengambilan data kedepannya diharapkan bisa lebih banyak titik yang bisa diambil misalnya dititik *elbow*, distribusi disetiap bagian dari saluran gas buang mobil desa dengan menggunakan garis bantu yang digambarkan pada titik tengah pipa. Penelitian ini memiliki batasan design knalpot dengan konstruksi ruang chamber yang tersekat dan terhubung dengan pipa. Perlu diteliti mengenai penggunaan ruang chamber dengan pipa buntu berlubang beraturan mengelilingi pipa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Shemmeri, T. (2012). *Engineering Fluid Mechanics*. Ventus Publishing.
- Ariara Guhan, G. A. (2018). *Exhaust System Muffler Volume Optimization of Light Commercial Vehicle Using CFD Simulation*. Elsevier, 8476.
- Awaludin, Wahyudi, S., & Widodo, A. S. (2014). Analisis Aliran Fluida Dua Fase (Udara-Air) Melalui Belokan. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 5(3), 223.
- Badarudin, A., Setyawan, A., Sugiyarto, & Adilah, U. N. (2019). OBSERVASI POLA ALIRAN UDARA DAN DISTRIBUSI TEMPERATUR. *Seminar Nasional Edusainstek* (p. 104). Semarang: FMIPA UNIMUS 2019.
- Bistna D.T, Ary Budi M. Utari A. (2013). *Ketersediaan SNI dan Lembaga Penilaian Kesesuaian Serta Kesiapan Industri Sektor Otomotif Menghadapi Regulasi UN ECE*. Jurnal Standardisasi volume 16 nomor 3. Hal 235-246.
- Bistna D.T, Ary Budi M. Utari A. (2013). *Ketersediaan SNI dan Lembaga Penilaian Kesesuaian Serta Kesiapan Industri Sektor Otomotif Menghadapi Regulasi UN ECE*. Jurnal Standardisasi volume 16 nomor 3. Hal 235-246.
- Budi Rochmanto, Hari Setiapraja, rizqon Fajar. (2015). *Perhitungan Ketidakpastian Pengukuran Emisi Kendaraan dengan Regulasi R83*. Disubmi untuk jurnal BSN.
- Budi Rochmanto, Hari Setiapraja, rizqon Fajar. (2015). *Perhitungan Ketidakpastian Pengukuran Emisi Kendaraan dengan Regulasi R83*. Disubmi untuk jurnal BSN.
- Darmawan, D., Harijanto, A., & Astutik, S. (2018, MARET 11 ). ANALISIS BILANGAN REYNOLD (Re) UNTUK MENENTUKAN JENIS ALIRAN., 3, p. 181. Jember. Retrieved Februari 10, 2020, from <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/fkip-epro/article/view/7394>
- Deddy. (2019, Agustus 12). *Fungsi Resonator Knalpot*. Retrieved from KABAROTO.com: <https://kabaroto.com/post/read/cari-tahu-apa-fungsi-resonator>
- Fasha , R. (2019, November 6). *Perbedaan Downpipe dengan Header Knalpot Mobil*. Retrieved from GRIDOTO.com:

<https://www.gridoto.com/read/221905459/oh-ternyata-begini-perbedaan-downpipe-dengan-header-knalpot-mobil?page=all>

Fauzi, H. (2013). ANALISIS TEGANGAN PADA FRAME MOBIL LISTRIK SINOSI MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA. *Skripsi Universitas Negeri Semarang*, 10.

Gunawan, Y., Hasbi, M., & Sakti Jaya, M. (2017, Maret). ANALISA DISTRIBUSI TEKANAN UDARA YANG MELEWATI. *ENTHALPY*, Vol. 2(1), 1.

H., H. (1995). *Advanced Engine Tecnology Hodder Headline Group*. London.

Hidayah, T. (2017, November 17). *Solidwork*. Retrieved Februari 17, 2020, from Mechanical Drafter: <https://taufiqdrafting13.blogspot.com/2017/11/apa-sih-kelebihan-solidworks.html>

Hidayat, M. S. (2020, Februari 10). *kemenperin.go.id/*. Retrieved from BERITA INDUSTRI: <https://kemenperin.go.id/artikel/8398/Pertumbuhan-Industri-Otomotif-Diprediksi-Melejit>

Hidayatulloh, A. B., Imron, A., & Setiawan, T. A. (2019). Rancang Bangun *Exhaust System* pada Mobil Minimalis Roda Tiga. *Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application* (p. 91). Surabaya: Program Studi D4 Teknik Desain dan Manufaktur – Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

indonesia, S. (2015, June 18). *Reseller SolidWorks Indonesia*. Retrieved Februari 17, 2020, from [arismadata.com: http://arismadata.com/solidworks/blog/2015/06/menghemat-penggunaan-material-dengan-solidworks-simulation/](http://arismadata.com/solidworks/blog/2015/06/menghemat-penggunaan-material-dengan-solidworks-simulation/)

Irawan, B. R., Purwanto, & Hadiyanto. (2011). MODIFIKASI CATALYTIC CONVERTER, MENGGUNAKAN TEMBAGA BERLAPIS MANGAN UNTUK MEREDUKSI EMISI GAS BUANG MOTOR BENSIN. *http://jurnal.unimus.ac.id*, Vol. 11(No. 2), 48. doi:<https://doi.org/10.26714/traksi.11.2.2011.%25p>

Jayanti, Novita Eka dkk. (2014). *Emisi Gas Carbon Monoksida (CO) Dan Hidrocarbon (HC) Pada Rekayasa Jumlah Blade Turbo Ventilator Sepeda Motor "Supra X 125 Tahun 2006"*. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

Jayanti, Novita Eka dkk. (2014). *Emisi Gas Carbon Monoksida (CO) Dan Hidrocarbon (HC) Pada Rekayasa Jumlah Blade Turbo Ventilator Sepeda*

*Motor "Supra X 125 Tahun 2006"*. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

- Kusuma, I. G. (2002, Desember). ALAT PENURUN EMISI GAS BUANG PADA MOTOR, MOBIL, MOTOR TEMPEL DAN MESIN PEMBAKARAN TAK BERGERAK. *MAKARA JOURNAL OF TEKNOLOGI*, 6(3). doi:10.7454/mst.v6i3.123
- Norhadi, A., Marzuki, A., Wicaksono, L., & Yacob, R. A. (2015). STUDI DEBIT ALIRAN PADA SUNGAI ANTASAN. *Jurnal POROS TEKNIK*, Vol. 7(No. 1), 1-53.
- Nurcholis, L. (2008, Juni). Perhitungan Laju Aliran Fluida pada Jaringan Pipa. *Jurnal.unimus.ac.id*, Vol. 7, 19.
- Nurcholis, L. (2008, Juni). PERHITUNGAN LAJU ALIRAN FLUIDA. *ISSN:1693-3451*, Vol. 7, 21.
- Priangkoso, T., Kurniawan, N., & Darmanto. (2017, April). ANALISIS PENGARUH LAJU ALIRAN UDARA TERHADAP KERUGIAN TEKANAN. *Momentum*, Vol. 13(No. 1), 57.
- Purnama, E. K. (2019). *PENGARUH TEKANAN EXHAUST MANIFOLD TERHADAP KINERJA MOTOR BAKAR BENSIN*. Jember: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember .
- Rajadurai, S., & dkk. (2014, March). Materials for Automotive Exhaust System. *International Journal of Recent Development in Engineering ang Technology*, Volume 2(Issue 3).
- Ramadhan, A. (2018, Mei 2018). *Solidworks, Mengenal program CAD yang user friendly*. Retrieved Februari 17, 2020, from Sharing of Life: <https://www.afrizalr.com/2013/06/solidworks-mengenal-program-cad-yang.html>
- Rohman, F. (2009, Oktober 26). PROTOTYPE ALAT PENGUKUR KECEPATAN ALIRAN DAN DEBIT AIR (FLOWMETER) DENGAN TAMPILAN DIGITAL. 2.
- Setiapraja, Hari dkk. (2015). *Kesiapan Indonesia Menuju Harmonisasi Regulasi Emisi Kendaraan R83-05 Dianatara Negara ASEAN*. Serpong :BPPT.
- Setiapraja, Hari dkk. (2015). *Kesiapan Indonesia Menuju Harmonisasi Regulasi Emisi Kendaraan R83-05 Dianatara Negara ASEAN*. Serpong :BPPT.

- Setiawan, S. (2015). *Aliran Fluida*. Bengkulu.
- Subagyo, R. (2011, Februari). ANALISIS FAKTOR GESEKAN PADA PIPA LURUS DENGAN. *JURNAL TEKNOLOGI TECHNOSCIENTIA*, Vol. 3( No. 2), 237.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sunata, R. (2019, Juni 19). *Apa itu Turbulensi ?* Retrieved Februari 07, 2020, from GenPI.co: <https://www.genpi.co/gaya-hidup/13736/apa-itu-turbulensi>
- Swisscontact. (2003). *Clean Air Project*. Jakarta.
- Syawaluddin, Diniardi, E., Ramadhan, A. I., Basri, H., & Dermawan, E. (2016, November 8). PENGUJIAN DESAIN MUFFLER UNTUK MENGURANGI EMISI. *jurnal.umj.ac.id*, 1.
- Syawaluddin, E. d. (2016). PENGUJIAN DESAIN MUFFLER UNTUK MENGURANGI EMISI SUARA PADA MESIN DIESEL. *Jurnal UMJ*, 2.
- Wikipedia. (2020, Februari 10). <https://id.wikipedia.org/>. Retrieved from WIKIPEDIA Ensiklopedia: [https://id.wikipedia.org/wiki/Mobil\\_nasional\\_\(Indonesia\)](https://id.wikipedia.org/wiki/Mobil_nasional_(Indonesia))

# LAMPIRAN

## 1. Surat Tugas Pembimbing



KEPUTUSAN  
DEKAN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
Nomor: 277 / FT - UNNES / 2019

Tentang  
**PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI/TUGAS AKHIR SEMESTER  
GASAL/GENAP  
TAHUN AKADEMIK 2018/2019**

- Menimbang : Bahwa untuk memperlancar mahasiswa Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Teknik Mesin Fakultas Teknik membuat Skripsi/Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Teknik Mesin Fakultas Teknik UNNES untuk menjadi pembimbing.
- Mengingat : 1. Undang-undang No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78)
2. Peraturan Rektor No. 21 Tahun 2011 tentang Sistem Informasi Skripsi UNNES
3. SK. Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Strata Satu (S1) UNNES;
4. SK Rektor UNNES No.162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;
- Usulan Ketua Jurusan/Prodi Teknik Mesin/Teknik Mesin Tanggal 14 Februari 2019

**MEMUTUSKAN**

- Menetapkan :  
PERTAMA : Menunjuk dan menugaskan kepada:
- Nama : Widya Aryadi, S.T., M.Eng.  
NIP : 197209101999031001  
Pangkat/Golongan : III/a  
Jabatan Akademik : Asisten Ahli  
Sebagai Pembimbing
- Untuk membimbing mahasiswa penyusun skripsi/Tugas Akhir :
- Nama : Febri Dwi Nugroho  
NIM : 5212414022  
Jurusan/Prodi : Teknik Mesin/Teknik Mesin  
Topik : Uji Komposisi, Ketahanan Temperatur dan Ketahanan Korosi  
Sponge Steel sebagai Material Katalitik Konverter.
- KEDUA : Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Tembusan  
1. Pembantu Dekan Bidang Akademik  
2. Ketua Jurusan  
3. Petinggal

DITETAPKAN DI : SEMARANG  
PADA TANGGAL : 18 Februari 2019



Dr. Nur Qudus, M.T.  
NIP. 196911301994031001

5212414022  
..... FM-03-AKD-24/Rev. 00 .....

## 2. Surat Tugas Penguji



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI  
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
**FAKULTAS TEKNIK**  
 Gedung Dekanat Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229  
 Telepon/Fax (024) 8508101 - 8508009  
 Laman : <http://www.ft.unnes.ac.id>, email: [ft@mail.unnes.ac.id](mailto:ft@mail.unnes.ac.id)

### SURAT TUGAS

Nomor : 5490 /UN37.1.5/TD.06/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang memberi tugas kepada Saudara yang namanya tersebut di bawah ini sebagai Penguji Seminar Proposal Skripsi Mahasiswa Prodi S1 Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Adapun nama-namanya sebagai berikut:

No	Nama / NIP	Pangkat / Golru	Tugas
1	Danang Dwi Saputra, S.T., M.T. 197811052005011001	Penata, III/c	Penguji 1
2	Drs. Sunyoto, M.Si. 196511051991021001	Pembina Tk. I, IV/b	Penguji 2
3	Widya Aryadi, S.T., M.Eng. 197209101999031001	Penata Muda, III/a	Pembimbing

untuk menguji mahasiswa :

Nama : Febri Dwi Nugroho  
 NIM : 5212414022  
 Prodi : S1 Teknik Mesin  
 Topik : PENGARUH KONSTRUKSI / RANCANG BANGUN KELUAR PADA PROSES UJI TIPE DAN SERTIFIKASI UJI TIPE DAN SERTIFIKASI UJI LAIK JALAN MOBIL DESA 4 SILINDER 970 CC ELECTRIC FUEL INJECTION (EFI) DENGAN MENGGUNAKAN STANDAR UJI EURO 4

Waktu : Rabu, 29 Mei 2019  
 Jam : 13.00 WIB - Selesai  
 Tempat : Gedung E9, Ruang Seminar, Lantai 2  
 Pakaian : Hitam Putih Jas Almamater

Demikian agar tugas dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.



Semarang, 27 Mei 2019  
 Dekan

Dr. Nur Qudus, M.T., IPM  
 NIP. 196911301994031001

Tembusan :  
 1. Wakil Dekan Bidang II;  
 2. Ketua Jurusan TM;  
 3. Kasubbag Keuangan,  
 Fakultas Teknik UNNES

### 3. Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
FAKULTAS TEKNIK

Gedung E9 Lt 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229  
Telepon: 024 8508101

Laman: mesin.unnes.ac.id, surel: teknik.mesin@mail.unnes.ac.id

No. : 4888/UN37.1.5/KM/2020  
Lamp. :  
Hal : Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana

Dengan ini kami tetapkan bahwa ujian Sarjana Fakultas Teknik UNNES untuk jurusan Teknik Mesin adalah sebagai berikut:

I. Susunan Panitia Ujian:

a. Ketua : RUSIYANTO, S. Pd., M. T.  
b. Sekretaris : Samsudin Anis, S. T., M. T., Ph. D.  
c. Pembimbing Utama : Widya Aryadi, S. T., M. Eng.  
d. Penguji : 1. Danang Dwi Saputro, S. T., M. T.  
: 2. Drs. Sunyoto, M. Si.

II. Calon yang diuji:

Nama : Febri Dwi Nugroho  
NIM/Jurusan/Program Studi : 5212414022/Teknik Mesin  
/Teknik Mesin, S1  
Judul Skripsi : ANALISIS DISTRIBUSI KECEPATAN, TEKANAN DAN TEMPERATUR  
PADA PERANCANGAN SALURAN GAS BUANG MOBIL DESA  
MENGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORKS.

II. Waktu dan Tempat Ujian:

Hari/Tanggal : Jumat / 26 Juni 2020  
Jam : 13:00:00  
Tempat : daring  
Pakaian : Atas.putih.bawah hitam berjas almamater

Semarang, 22 Juni 2020.....

Dekan,



Dr. Nur Qudus, M.T., IPM  
NIP 196911301994031001

Tembusan  
1. Ketua Jurusan TEKNIK MESIN  
2. Calon yang diuji

5212414022

#### 4. Formulir Usulan Topik Skripsi

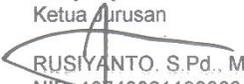


**Formulir Usulan Topik Skripsi**  
FM-1-AKD-24/rev.00  
**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

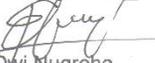
---

Usulan topik skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Febri Dwi Nugroho  
NIM : 5212414022  
Jurusan : Teknik Mesin  
Program Studi : Teknik Mesin, S1  
Topik : Uji Komposisi, Ketahanan Temperatur dan Ketahanan Korosi Sponge Steel sebagai Material Katalitik Konverter.

Menyetujui  
Ketua Jurusan  
  
RUSIYANTO, S.Pd., M.T.  
NIP. 197403211999031002

Semarang, 23 Januari 2018  
Yang mengajukan,

  
Febri Dwi Nugroho  
NIM. 5212414022



## 5. Formulir Usulan Topik Skripsi/TA

 UNNES	<b>KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN</b> <b>UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG (UNNES)</b> Kantor: Gedung H Lt 4 Kampus, Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229 Rektor: (024)8508081 Fax (024)8508082, Purek I: (024) 8508001 Website: <a href="http://www.unnes.ac.id">www.unnes.ac.id</a> - E-mail: <a href="mailto:unnes@unnes.ac.id">unnes@unnes.ac.id</a>		 Certificate ID 11/01904 Certificate ID 11/01904.01
	<b>FORMULIR</b> <b>USULAN TOPIK SKRIPSI/TA</b>		
No. Dokumen FM-01-AKD-24	No. Revisi 01	Hal 1 dari 1	Tanggal Terbit 11 September 2013

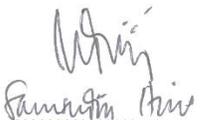
Usulan topik Skripsi/TA ini diajukan oleh:

Nama : Febri Dwi Nugroho  
 NIM : 521 241 40 22  
 Jurusan : Teknik Mesin  
 Program Studi : Teknik Mesin S1  
 Topik : Uji komposisi, ketahanan Temperatur dan ketahanan kerosi sparge steel sebagai Material katalisis konverter

Semarang, 23 Januari 2010

Menyetujui

Ketua Jurusan/Koorprodi,

  
 NIP. 47601070321002

Yang mengajukan,

  
 Febri Dwi Nugroho  
 NIM. 521 241 40 22

## 6. Formulir usulan Pembimbing

 <b>UNNES</b> <small>UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG</small>	<b>KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN</b> <b>UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG (UNNES)</b> Kantor: Gedung H It 4 Kampus, Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229 Rektor: (024)8508081 Fax (024)8508082, Puren I: (024) 8508001 Website: <a href="http://www.unnes.ac.id">www.unnes.ac.id</a> - E-mail: <a href="mailto:unnes@unnes.ac.id">unnes@unnes.ac.id</a>		  Certificate ID 1101904 Certificate ID 1101904.01
	<b>FORMULIR</b> <b>USULAN PEMBIMBING</b>		
No. Dokumen FM-02-AKD-24	No. Revisi 02	Hal 1 dari 1	Tanggal Terbit 11 September 2013

Nomor :  
 Lamp. :  
 Hal : Usulan Pembimbing

Yth. Dekan Fakultas.....  
 Universitas Negeri Semarang

Merujuk Keputusan Rektor UNNES Nomor .....tentang Pedoman  
 Penyusunan Skripsi/TA Mahasiswa Program S1 pasal 7 mengenai  
 penentuan pembimbing, dengan ini saya usulkan:

Nama : *Widya Arwati, S.T., M.Eng.*  
 NIP : *197202101999031001*  
 Pangkat/Golongan : *Pangkat Muda III / 9*  
 Jabatan Akademik : *Asisten Ahli*  
 Sebagai Pembimbing

Dalam penyusunan skripsi/TA oleh mahasiswa

Nama : *Febri Dai Nugroho*  
 NIM : *5212414022*  
 Prodi : *Teknik Mesin, S1*  
 Judul : *Uji komposisi, ketahanan Temperatur dan ketahanan  
 korosi Sponge Steel sebagai Material Katalitik  
 konverter*

Untuk itu, mohon diterbitkan surat penetapannya.

Semarang, *23 Januari 2018*  
 Ketua Jurusan/Koorprodi,  
*[Signature]*  
 NIP. *197010120121002*

## 7. Usulan Pembimbing



KEMENTERIAN RISTEK DAN PENDIDIKAN TINGGI  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
Gedung E9 Lt 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229  
Telepon: 024 8508101  
Laman: mesin.unnes.ac.id, surel: teknik.mesin@mail.unnes.ac.id

Nomor : 111/ UN371.5.2/DT /2019  
Lamp. :  
Hal : Usulan Pembimbing

Yth. Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Semarang

Merujuk Keputusan Rektor Unnes Nomor 164/O/2004 tentang Pedoman Penyusunan Skripsi Mahasiswa Program S1 pasal 7 mengenai penentuan pembimbing, dengan ini saya usulkan

Nama : Widya Aryadi, S.T., M.Eng. →  
NIP : 197209101999031001  
Pangkat/Golongan : III/a  
Jabatan Akademik : Asisten Ahli  
Sebagai Dosen Pembimbing

Dalam penyusunan Skripsi/Tugas Akhir untuk mahasiswa

Nama : Febri Dwi Nugroho  
NIM : 5212414022  
Program Studi : Teknik Mesin, S1  
Topik : Uji Komposisi, Ketahanan Temperatur dan Ketahanan Korosi Sponge Steel sebagai Material Katalitik Konverter.

Untuk itu, mohon diterbitkan surat penetapannya.



Semarang, 14 Februari 2019

Ketua Jurusan

Prilisty/AB/FO, S.Pd., M.T.

NIP. 197403211999031002

