



**PENGARUH VARIASI SUDUT PUTAR *INTAKE*
MANIFOLD MATERIAL *STAINLESS STEEL*
TERHADAP TORSI, DAYA, DAN EMISI GAS BUANG
HONDA KARISMA X 125D**

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar

Sarjana Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif

Oleh

Revian Al Giffari

NIM.5202415012

**PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2019



UNNES

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



**PENGARUH VARIASI SUDUT PUTAR *INTAKE*
MANIFOLD MATERIAL *STAINLESS STEEL*
TERHADAP TORSI, DAYA, DAN EMISI GAS BUANG
HONDA KARISMA X 125D**

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar

Sarjana Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif

Oleh

Revian Al Giffari

NIM.5202415012

**PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2019

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Revian Al Giffari
NIM : 5202415012
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Judul : Pengaruh Variasi Sudut Putar *Intake Manifold* Material
Stainless Steel Terhadap Torsi, Daya, dan Emisi Gas Buang
Honda Karisma X 125D

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian
Skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas
Negeri Semarang.

Semarang, **07** Oktober 2019

Dosen Pembimbing



Dr. M. Burhan Rubai Wijaya, M.Pd
NIP. 196302131988031001

PENGESAHAN

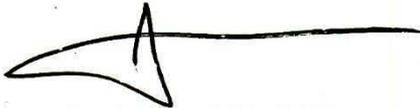
Skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Sudut Putar *Intake Manifold* Material *Stainless Steel* Terhadap Torsi, Daya, dan Emisi Gas Buang Honda Karisma X 125D” telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 26 bulan September tahun 2019

Oleh

Nama : Revian Al Giffari
NIM : 5202415012
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif

Panitia:

Ketua



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

Sekretaris



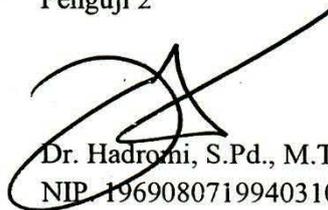
Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T., M.T.
NIP. 196901061994031003

Penguji 1



Drs. Winarno Dwi Rahardjo, M.Pd.
NIP. 195210021981031001

Penguji 2



Dr. Hadroni, S.Pd., M.T.
NIP. 196908071994031004

Pembimbing



Dr. M. Burhan Rubai Wijaya, M.Pd.
NIP. 196302131988031001



Disetujui:
Ketua Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES
Dr. Nur Qodis, M.T., IPM.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

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 tercantum 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, 07 Oktober 2019

Yang membuat pernyataan,



Revian Al Giffari
NIM. 5202415012

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

“innama’al-usriyusro”

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan

(Q.S AlamNasrah : 94)

Learn from yesterday,

Live for today,

And hope for tomorrow

(Albert Einstein)

Persembahan:

Bismillahirrahmanirrahim

Dengan Rahmat Allah yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang,

Dengan ini saya persembahkan skripsi ini untuk

1. Spesial untuk kedua orang tuaku
Bapak Heru Pratikto, S.E. dan Ibu Neneng Rulianti
2. Adikku tercinta Luthfi Maulana
3. Keluarga Besar Eyang Sarwono Banjar
4. Keluarga Besar Nenek dan Kakek Cipari
5. Kekasihku Cici Kustiani
6. Keluarga PTO Rombel 1 (DITEKTIF)
7. Keluarga EneRC (Engineering Research Club) UNNES
8. Keluarga E2C (Engineering English Club) UNNES
9. Keluarga UGT (UNNES Great Teacher) UNNES
10. Keluarga IMAKE (Ikatan Mahasiswa Kebumen) UNNES
11. Seluruh Dosen dan Staff Universitas Negeri Semarang

RINGKASAN

Revian Al Giffari. 2019. Pengaruh Variasi Sudut Putar *Intake Manifold* Material *Stainless Steel* Terhadap Torsi, Daya, dan Emisi Gas Buang Honda Karisma X 125D. Dr. M. Burhan Rubai Wijaya, M.Pd. Pendidikan Teknik Otomotif S1

Perancangan bentuk *intake manifold* dengan material berbeda diharapkan dapat mempermudah dalam pembentukan sudut putar *intake manifold* dan membuat campuran udara dan bahan bakar menjadi homogen untuk proses pembakaran lebih sempurna, sehingga menghasilkan performa yang baik dan mengurangi kadar emisi gas buang sepeda motor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi sudut putar *intake manifold* material *stainless steel* terhadap performa mesin berupa torsi dan daya, selanjutnya terhadap emisi gas buang berupa *carbon monoxide* (CO) dan *hydrocarbon* (HC).

Penelitian ini menggunakan desain penelitian berupa desain eksperimen *true experimental design* dengan bentuk *posttest-only control design* dan menggunakan metode analisis data statistik deskriptif dari hasil data pengujian torsi, daya, dan emisi gas buang CO dan HC.

Penelitian ini menggunakan variasi sudut putar *intake manifold* meliputi kelompok standar (85°), variasi 1 (105°), dan variasi 2 (125°). Penggunaan *intake manifold* kelompok standar yaitu 85° menghasilkan nilai torsi tertinggi yaitu 11.20 N.m pada putaran mesin 3500 rpm dan menghasilkan nilai daya tertinggi yaitu 6.74 kW pada putaran mesin 7000 rpm, penggunaan *intake manifold* kelompok variasi 2 (125°) menghasilkan nilai CO terendah yaitu 1.79% Vol dengan penurunan emisi gas buang CO mencapai 35.75% dan nilai HC terendah yaitu 2246 ppm dengan penurunan emisi gas buang HC mencapai 23.15% dibandingkan penggunaan *intake manifold* kelompok standar.

Kata kunci: *sudut putar, intake manifold, torsi, daya, emisi*

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, nikmat, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Sudut Putar *Intake Manifold* Material *Stainless Steel* Terhadap Torsi, Daya, dan Emisi Gas Buang Honda Karisma X 125D”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S1 Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat Nya di yaumul akhir nanti, Aamiin.

Penyelesaian Skripsi 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 pendidikan di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T., IPM., Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
3. Rusiyanto, S.Pd., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
4. Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T., M.T., Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif Universitas Negeri Semarang.

5. Dr. M. Burhan Rubai Wijaya, M.Pd., Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi serta memberikan saran, ralat, perbaikan pertanyaan, komentar, dan tanggapan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Drs. Winarno Dwi Rahardjo, M.Pd. dan Dr. Hadromi, S.Pd., M.T., Dosen Penguji yang telah memberikan masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.
7. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
8. Bapak, Ibu, dan keluarga yang telah memberikan dukungan serta doa dalam penyelesaian Skripsi ini.
9. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk Skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, baik untuk akademisi, pembaca, serta perkembangan ilmu pengetahuan.

Semarang, 07 Oktober 2019



Revian Al Giffari
NIM.5202415012

DAFTAR ISI

SAMPUL/COVER	i
LEMBAR BERLOGO	ii
JUDUL DALAM	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iv
LEMBAR PENGESAHAN KELULUSAN	v
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	vi
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi Masalah	6
1.3. Pembatasan Masalah	7
1.4. Rumusan Masalah	7
1.5. Tujuan Penelitian	8
1.6. Manfaat Penelitian	8
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	9
2.1 Kajian Pustaka	9
2.2 Landasan Teori	18
2.2.1 Kerja Mesin Empat Langkah	18
2.2.2 Proses Pembakaran	21
2.2.3 <i>Air Fuel Ratio</i>	24
2.2.4 Torsi dan Daya	26

2.2.5 Emisi Gas Buang	27
2.2.6 Faktor yang Mempengaruhi Performa dan Emisi	31
2.2.7 <i>Intake Manifold</i>	34
2.2.8 <i>Die Casting</i> dan <i>Welding</i>	36
2.2.9 Material <i>Aluminum Die Casting</i> dan <i>Stainless Steel</i>	38
2.2.10 Aliran Fluida	40
2.2.11 <i>Dynamometer</i>	47
2.2.12 <i>Exhaust Gas Analyzer</i>	47
2.3 Hipotesis	48
BAB III METODE PENELITIAN	49
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	49
3.1.1 Waktu Pelaksanaan	49
3.1.2 Tempat Pelaksanaan	49
3.2 Desain Penelitian	50
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	51
3.3.1 Alat Penelitian	51
3.3.2 Bahan Penelitian	54
3.4 Parameter Penelitian	60
3.5 Teknik Pengumpulan Data	61
3.6 Kalibrasi Instrumen	70
3.7 Teknik Analisis Data	73
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	75
4.1 Deskripsi Data	75
4.2 Analisis Data	80
4.2.1 Analisis Data Torsi	80
4.2.2 Analisis Data Daya	89
4.2.3 Analisis Data Emisi Gas Buang	98
4.3 Pembahasan	104
4.3.1 Hasil Data Torsi	105
4.3.2 Hasil Data Daya	111
4.3.3 Hubungan Data Torsi dan Daya	118

4.3.4 Hasil Data Emisi Gas Buang	125
BAB V PENUTUP	134
5.1 Kesimpulan	134
5.2 Saran	135
DAFTAR PUSTAKA	136
DAFTAR LAMPIRAN	141

DAFTAR SINGKATAN TEKNIS DAN LAMBANG

Singkatan Teknis

BMEP	<i>Brake Mean Effective Pressure</i>
CDI	<i>Capacitor Discharge Ignition</i>
CFD	<i>Computational Fluid Dynamic</i>
CO	<i>Carbon Monoxide</i>
DC	<i>Direct Current</i>
EGR	<i>Exhaust Gas Recirculation</i>
EMI	<i>Electromagnetic Interference</i>
GTAW	<i>Gas Tungsten Arc Welding</i>
GUI	<i>Graphical User Interface</i>
HC	<i>Hydrocarbon</i>
HP	<i>Horse Power</i>
kg/cm ²	<i>Kilogram per Square Centimeter</i>
kgf.m	<i>Kilogram-force meter</i>
MBT	<i>Maximum Brake Torque</i>
mm	<i>millimetre</i>
Nm	<i>Newton metre</i>
ppm	<i>part per million</i>
PS	<i>Pferdestarke</i>
psi	<i>pounds per square inch</i>
RFI	<i>Radio Frequency Interference</i>
RON	<i>Research Octane Number</i>
rpm	<i>revolution per minute</i>
SOHC	<i>Single Overhead Camshaft</i>
TIG	<i>Tungsten Inert Gas</i>
WOT	<i>Wide Open Throttle</i>

Lambang

π	phi ($\frac{22}{7}$ atau 3,14)
$^{\circ}$	Derajat
Θ	Sudut belokan
A	Luas penampang
A/F	Perbandingan Udara dan Bahan Bakar
Al	Unsur aluminium
b	Jarak pusat rotasi
C	Unsur karbon
CO_2	<i>Carbon Dioxide</i>
Cr	Unsur khrom
Cu	Unsur tembaga
D	Diameter pipa
d	Diameter penampang
f	Faktor gesek
f	Koefisien kerugian
F	Gaya
g	Gravitasi
H_f	<i>Head major loss</i>
h_f	<i>Minor head loss</i>
K	Kelvin (suhu)
L	Panjang pipa
m_a	Nilai massa udara
m_f	Nilai massa bahan bakar
Mn	Unsur mangan
N	Jumlah putaran mesin
Ni	Unsur nikel
NO	<i>Nitrogen Monoxide</i>
NO_x	<i>Nitrogen Oxide</i>
O_1	Data Hasil Pengujian Tanpa Perlakuan

O₂	Data Hasil Pengujian dengan Perlakuan
O ₂	Unsur oksigen
<i>P</i>	Daya
Q	Debit aliran
R	Jari - jari lengkung sumbu belokan
R	Sampel (Honda Karisma X 125D)
Re	<i>Reynolds number</i>
<i>T</i>	Torsi
t	Waktu
V	Tegangan listrik
V	Volume fluida
v	Kecepatan aliran
<i>ν</i>	Viskositas kinematik
X	Perlakuan
<i>Zn</i>	Unsur Seng

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jumlah Kendaraan Bermotor Nasional Tahun 2015 – 2017	1
Tabel 2.1 Ambang Batas Emisi Gas Buang Sepeda Motor	31
Tabel 2.2 Spesifikasi <i>Stainless Steel</i> Tipe 304	40
Tabel 3.1 Spesifikasi Bahan Bakar RON 90	58
Tabel 3.2 Tabel Isian Hasil Pengujian Torsi	68
Tabel 3.3 Tabel Isian Hasil Pengujian Daya	69
Tabel 3.4 Tabel Isian Hasil Pengujian Emisi Gas Buang	70
Tabel 4.1 Tabel Hasil Pengujian Torsi	76
Tabel 4.2 Tabel Hasil Pengujian Daya	78
Tabel 4.3 Tabel Hasil Pengujian Emisi Gas Buang	79

DARTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Empat Langkah <i>Spark Ignition</i>	20
Gambar 2.2 Persamaan Proses Pembakaran	21
Gambar 2.3 Perbandingan <i>Crank Angle</i> dan <i>Pressure</i>	22
Gambar 2.4 Pembakaran pada Mesin <i>Spark Ignition</i>	23
Gambar 2.5 Perbandingan NO, CO, dan HC dengan Rasio A/F	26
Gambar 2.6 Prinsip Pengoperasian <i>Dynamometer</i>	26
Gambar 2.7 Perbandingan CO dengan Rasio A/F	29
Gambar 2.8 Grafik Variasi Timing Pengapian Terhadap Torsi	31
Gambar 2.9 Perbandingan NO dengan Waktu Pengapian	32
Gambar 2.10 <i>Intake Manifold</i> Karisma X 125D	35
Gambar 2.11 Tipe <i>Die Casting Machine</i>	36
Gambar 2.12 Skema Pengelasan GTAW	37
Gambar 2.13 Percobaan Reynolds (Aliran <i>Laminar</i> dan <i>Turbulent</i>)	41
Gambar 2.14 Gerakan <i>Swirl</i>	42
Gambar 2.15 Rumus <i>Major Head Loss</i>	44
Gambar 2.16 Rumus <i>Minor Head Loss</i>	45
Gambar 2.17 Rumus Koefisien Kerugian	45
Gambar 3.1 Desain Penelitian <i>Pottest – Only Control Design</i>	51
Gambar 3.2 Skema Instalasi Pengujian Torsi, Daya, dan Emisi Gas Buang ..	53
Gambar 3.3 Honda Karisma X 125D	55
Gambar 3.4 Desain <i>Intake Manifold</i> Standar Sudut Putar 85°	56
Gambar 3.5 Desain <i>Intake Manifold Stainless Steel</i> Sudut Putar 105°	57
Gambar 3.6 Desain <i>Intake Manifold Stainless Steel</i> Sudut Putar 125°	57
Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian	66
Gambar 3.8 Tampilan <i>Load Cell Zeroing</i>	71
Gambar 3.9 Tampilan <i>Load Cell Scale</i>	72
Gambar 3.10 Tampilan <i>Autozero</i>	73
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Nilai Rata - Rata Torsi <i>Intake Manifold</i> Standar dengan Nilai Rata - Rata Torsi <i>Intake Manifold</i> Variasi 1	80

Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Nilai Rata - Rata Torsi <i>Intake Manifold</i> Variasi 1 dengan Nilai Rata - Rata Torsi <i>Intake Manifold</i> Variasi 2	83
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Nilai Rata - Rata Torsi <i>Intake Manifold</i> Standar dengan Nilai Rata - Rata Torsi <i>Intake Manifold</i> Variasi 2	86
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Nilai Rata - Rata Daya <i>Intake Manifold</i> Standar dengan Nilai Rata - Rata Daya <i>Intake Manifold</i> Variasi 1	89
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Nilai Rata - Rata Daya <i>Intake Manifold</i> Variasi 1 dengan Nilai Rata - Rata Daya <i>Intake Manifold</i> Variasi 2	92
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Nilai Rata - Rata Daya <i>Intake Manifold</i> Standar dengan Nilai Rata - Rata Daya <i>Intake Manifold</i> Variasi 2	95
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Nilai Rata - Rata Emisi CO <i>Intake Manifold</i> Standar dengan Nilai Rata - Rata Emisi CO <i>Intake Manifold</i> Variasi 1	98
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Nilai Rata - Rata Emisi CO <i>Intake Manifold</i> Variasi 1 dengan Nilai Rata - Rata Emisi CO <i>Intake Manifold</i> Variasi 2	99
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Nilai Rata - Rata Emisi CO <i>Intake Manifold</i> Standar dengan Nilai Rata - Rata Emisi CO <i>Intake Manifold</i> Variasi 2	100
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Nilai Rata - Rata Emisi HC <i>Intake Manifold</i> Standar dengan Nilai Rata - Rata Emisi HC <i>Intake Manifold</i> Variasi 1	101
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Nilai Rata - Rata Emisi HC <i>Intake Manifold</i> Variasi 1 dengan Nilai Rata - Rata Emisi HC <i>Intake Manifold</i> Variasi 2	102
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Nilai Rata - Rata Emisi HC <i>Intake Manifold</i> Standar dengan Nilai Rata - Rata Emisi HC <i>Intake Manifold</i> Variasi 2	103
Gambar 4.13 Grafik Nilai Rata - Rata Torsi	105
Gambar 4.14 Grafik Nilai Rata - Rata Daya	111
Gambar 4.15 Grafik Hubungan Data Torsi dan Daya	118
Gambar 4.16 Grafik Nilai Rata - Rata Emisi CO	125
Gambar 4.17 Grafik Nilai Rata - Rata Emisi HC	126

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data <i>Dynotest</i> 1 pada <i>Intake Manifold</i> Standar	141
Lampiran 2 Data <i>Dynotest</i> 2 pada <i>Intake Manifold</i> Standar	142
Lampiran 3 Data <i>Dynotest</i> 3 pada <i>Intake Manifold</i> Standar	143
Lampiran 4 Data <i>Dynotest</i> 1 pada <i>Intake Manifold</i> Variasi 1	144
Lampiran 5 Data <i>Dynotest</i> 2 pada <i>Intake Manifold</i> Variasi 1	145
Lampiran 6 Data <i>Dynotest</i> 3 pada <i>Intake Manifold</i> Variasi 1	146
Lampiran 7 Data <i>Dynotest</i> 1 pada <i>Intake Manifold</i> Variasi 2	147
Lampiran 8 Data <i>Dynotest</i> 2 pada <i>Intake Manifold</i> Variasi 2	148
Lampiran 9 Data <i>Dynotest</i> 3 pada <i>Intake Manifold</i> Variasi 2	149
Lampiran 10 Data Emisi Gas Buang 1 pada <i>Intake Manifold</i> Standar	150
Lampiran 11 Data Emisi Gas Buang 2 pada <i>Intake Manifold</i> Standar	151
Lampiran 12 Data Emisi Gas Buang 3 pada <i>Intake Manifold</i> Standar	152
Lampiran 13 Data Emisi Gas Buang 1 pada <i>Intake Manifold</i> Variasi 1	153
Lampiran 14 Data Emisi Gas Buang 2 pada <i>Intake Manifold</i> Variasi 1	154
Lampiran 15 Data Emisi Gas Buang 3 pada <i>Intake Manifold</i> Variasi 1	155
Lampiran 16 Data Emisi Gas Buang 1 pada <i>Intake Manifold</i> Variasi 2	156
Lampiran 17 Data Emisi Gas Buang 2 pada <i>Intake Manifold</i> Variasi 2	157
Lampiran 18 Data Emisi Gas Buang 3 pada <i>Intake Manifold</i> Variasi 2	158
Lampiran 19 Perhitungan Nilai Debit Aliran dan Kecepatan Aliran	159
Lampiran 20 Perhitungan Nilai Torsi dan Daya	183
Lampiran 21 Perhitungan Nilai Koefisien Kerugian dan <i>Minor Head Loss</i> ...	195
Lampiran 22 Dokumentasi Pengujian <i>Dynotest</i>	197
Lampiran 23 Dokumentasi Pengujian Emisi Gas Buang	199
Lampiran 24 Surat Usulan Topik Skripsi	201
Lampiran 25 Surat Usulan Pembimbing	202
Lampiran 26 Surat Keputusan Penetapan Dosen Pembimbing Skripsi	203
Lampiran 27 Surat Persetujuan Seminar Proposal	204
Lampiran 28 Surat Tugas Penguji Seminar Proposal	205
Lampiran 29 Berita Acara Seminar Proposal Skripsi	206

Lampiran 30 Lembar Pernyataan Selesai Revisi Proposal Skripsi	207
Lampiran 31 Surat Izin Penelitian Torsi dan Daya	208
Lampiran 32 Surat Izin Penelitian Emisi Gas Buang	209
Lampiran 33 Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana	210

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) pada masa sekarang sangat berdampak terhadap perubahan kehidupan manusia. Berkembangnya teknologi dan banyaknya penemuan-penemuan baru dari berbagai sektor bidang, seperti pendidikan, teknologi, kesehatan, dan lain sebagainya yang sangat berpengaruh terhadap kemajuan komponen hidup manusia. Kehadiran perkembangan IPTEK ini juga membawa pengaruh terhadap sektor industri otomotif. Teknologi otomotif yang sangat membantu masyarakat dalam kehidupan keseharian di bidang transportasi. Salah satu bentuk transportasi yang banyak digunakan oleh masyarakat adalah kendaraan bermotor.

Tabel 1.1 Jumlah Kendaraan Bermotor Nasional Tahun 2015-2017
(Sumber: Badan Pusat Statistik Online Nasional diakses pada tanggal 09 Februari 2019)

Jenis Kendaraan Bermotor	Tahun (unit)		
	2015	2016	2017
Mobil Penumpang	13.480.973	14.580.656	15.493.068
Mobil Bus	2.420.917	2.486.898	2.509.258
Mobil Barang	6.611.028	7.063.433	7.523.550
Sepeda Motor	98.881.267	105.150.082	113.030.793
Jumlah	121.394.185	129.281.079	138.556.669

Sesuai dengan data Badan Pusat Statistik (BPS) Online Nasional terdapat peningkatan penggunaan kendaraan bermotor dari tahun 2015 hingga tahun 2017 oleh masyarakat Indonesia, dan penggunaan jenis kendaraan bermotor terbesar

terdapat pada sepeda motor sebagai media transportasi di berbagai daerah di wilayah Indonesia dengan jumlah volume kendaraan sebanyak 113.030.793 unit di tahun 2017. Selain dengan alasan sepeda motor adalah alat transportasi yang mudah dijangkau oleh kalangan masyarakat, dan sepeda motor juga menyediakan berbagai tipe kebutuhan untuk masyarakat luas. Ditandainya minat konsumen sepeda motor yang cukup tinggi, maka produsen otomotif sepeda motor bersaing dalam memproduksi sepeda motor dengan menciptakan keunggulan masing – masing untuk berupaya memenuhi keperluan konsumen secara luas. Peningkatan jumlah kendaraan pada kondisi ini akan berdampak terhadap kualitas lingkungan, kontribusi pencemaran udara yang berasal dari sektor transportasi pada daerah perkotaan mencapai 60 persen. Tingginya kontribusi pencemaran udara dari sektor transportasi menimbulkan masalah udara (Saepudin dan Admono, 2005:29-30).

Dari berbagai produsen otomotif khususnya sepeda motor telah banyak memproduksi segala produk sepeda motor baik kelas motor bebek, *scooter*, hingga *sport* dari tahun ke tahun di pasar Indonesia dengan berbagai fitur unggulan. Salah satu fitur pendahulu yang diterapkan pada sepeda motor adalah sistem karburator (*carburetor system*). Karburator adalah unit yang terdapat pada sistem bahan bakar konvensional. Sistem bahan bakar konvensional merupakan sistem bahan bakar yang menerapkan unit karburator sebagai alat untuk melakukan proses pencampuran bahan bakar dengan udara sebelum disalurkan ke ruang bakar (Direktorat Pembinaan Kursus dan Pelatihan, 2013:3). Walaupun pada era modern ini produksi sepeda motor telah banyak menerapkan sistem injeksi (*injection system*) pada sistem bahan bakar sepeda motor, tetapi masih banyak kalangan

masyarakat menggunakan sepeda motor jenis karburator dan banyaknya masyarakat baik perorangan maupun komunitas yang melakukan modifikasi pada sepeda motor jenis karburator karena lebih mudah dalam melakukan *upgrade* untuk mendapatkan performa mesin yang lebih tinggi, seperti pernyataan yang dikemukakan oleh Mahdi (2016:46) bahwa tingginya keinginan orang untuk melakukan modifikasi melatarbelakangi berdirinya bengkel modifikasi sebagai mata pencaharian. Sebagian besar masyarakat menginginkan perubahan dari segi performa mesin yang tinggi (*high performance*) dengan cara memodifikasi komponen sepeda motor seperti penggantian *camshaft*, modifikasi katup (*valve*), modifikasi piston, perubahan *setting* sistem pengapiannya, dan modifikasi pada *intake manifold* untuk mendapatkan performa mesin yang tinggi seperti daya (*power*) dan torsi (*torque*) sepeda motor, seperti menurut Winarto dan Adiwibowo (2014:201) menyatakan bahwa penggunaan *intake manifold* dengan melakukan variasi sudut dapat meningkatkan daya efektif pada mesin. Tetapi sebagian besar masyarakat khususnya di kalangan remaja secara mandiri melakukan modifikasi sepeda motor tanpa melalui suatu tes atau pengujian terhadap hasil modifikasi sepeda motor khususnya performa mesin dan emisi, karena sasaran utamanya tertuju pada semakin meningkatnya kecepatan laju dan menariknya tampilan *body* sepeda motor dibandingkan kondisi standar, sehingga berdampak negatif bagi modifikator meliputi tidak mengetahui seberapa besar data peningkatan perubahan performa mesin dan data jumlah emisi gas buang yang dikeluarkan oleh sepeda motor saat dioperasikan.

Upaya menurunkan emisi gas buang merupakan hal utama untuk masalah lingkungan, maka terdapat dua metode dalam mengurangi emisi berbahaya, salah satunya meningkatkan teknologi mesin dan bahan bakar sehingga terjadi pembakaran yang lebih baik dan emisi yang dihasilkan akan menjadi berkurang (Pulkrabek, 1997:31). Upaya perubahan yang dilakukan pada sepeda motor untuk menurunkan kadar emisi dapat dilakukan pada bagian sebelum pembakaran seperti perubahan saringan udara (*air filter*), karburator, bahan bakar, *intake manifold*, lalu perubahan pada saat proses pembakarannya meliputi perbandingan kompresi, celah katup, celah busi, dan desain piston maupun desain ruang bakar, kemudian pada bagian setelah pembakaran yaitu *exhaust manifold*, desain knalpot (*muffler*), dan penambahan *catalytic converter*, seperti menurut penelitian Pranoto dan Adiwibowo (2016:127) dihasilkan penggunaan *intake manifold* sudut putar dapat menurunkan emisi gas buang lebih baik dibandingkan dengan *intake manifold* standar.

Berdasarkan hasil penelitian oleh Surono *et al.* (2012:5) dengan judul Pengaruh Penambahan Turbulator Pada *Intake Manifold* Terhadap Unjuk Kerja Mesin Bensin 4 Tak, dengan menggunakan variasi turbulator kemiringan bilah 30°, 45°, dan 60° memperoleh hasil penurunan torsi dengan bertambahnya putaran mesin dengan torsi tertinggi pada sudut kemiringan bilah 30° pada putaran 3750 rpm sebesar 9,05 Nm dan secara keseluruhan menghasilkan daya terbesar pada sudut kemiringan bilah 30° baik pada putaran rendah hingga putaran tinggi, tetapi dalam penelitian yang telah dilakukan oleh Surono *et al.* (2012) tentang *intake manifold* belum mendapatkan hasil performa yang optimal dan perlu dilakukan modifikasi

bentuk *intake manifold* untuk mendapatkan hasil performa yang lebih baik dan penelitian terhadap nilai emisi gas buang yang dihasilkan. Selanjutnya pada hasil penelitian Winarto dan Adiwibowo (2014:202) dengan judul Pengaruh Modifikasi Sudut Kelengkungan *Intake Manifold* Terhadap Performa Mesin Pada Motor Empat Langkah memperoleh hasil perubahan *intake manifold* variasi dapat membentuk aliran menjadi turbulen, sehingga campuran bahan bakar yang masuk lebih homogen dan membuat pembakaran lebih sempurna yang ditandai dengan kenaikan performa mesin, tetapi dalam penelitian oleh Winarto dan Adiwibowo (2014) belum menggunakan material uji yang berbeda dengan material standar pada *intake manifold* sehingga masih belum optimal dalam pembentukan sudut kelengkungannya dan belum dilaksanakannya pengujian emisi gas buang pada sepeda motor. Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu solusi untuk memperoleh performa yang lebih baik dan menurunkan emisi gas buang pada sepeda motor untuk hasil yang lebih baik dari segi performa mesin dan emisi gas buang sepeda motor.

Saluran masuk (*intake manifold*) terletak diantara karburator dan *port* menuju katup masuk di ruang silinder, *intake manifold* berfungsi mengalirkan campuran bahan bakar dan udara dari karburator menuju ke ruang bakar melalui katup masuk (*in*) agar dapat dimulainya proses pembakaran di ruang bakar. *Intake manifold* juga berperan penting untuk menentukan kualitas dari campuran bahan bakar dengan udara. Menurut Baihaqi (2011:62) kondisi campuran bahan bakar dengan udara terdiri dari (1) Bahan bakar dalam bentuk uap dengan udara akan bercampur dengan baik, sehingga campuran bahan bakar dan udara akan mengalir

bersama-sama ke dalam silinder ruang bakar, (2) Terdapat sebagian kecil bahan bakar masih dalam bentuk tetes caftan (*droplet*), sehingga tidak bercampur sempurna dengan udara, (3) Terdapat lapisan tipis bahan bakar (film) pada dinding *intake manifold*, karena bahan bakar masih dalam bentuk titik-titik caftan (*droplet*).

Perancangan pembuatan bentuk *intake manifold* dengan material berbeda diharapkan dapat mempermudah dalam pembentukan sudut putar *intake manifold* dan membuat campuran udara dan bahan bakar menjadi lebih baik. Dengan terjadinya aliran campuran bahan bakar dan udara di dalam *intake manifold* yang telah dibentuk sudut putarnya maka aliran akan berbentuk acak (turbulen) dan menjadi homogen yang menjadikan proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar yang masuk di ruang silinder lebih sempurna dan menghasilkan performa yang baik dan mengurangi kadar emisi gas buang pada sepeda motor. Berdasarkan penjelasan dan penjabaran di atas, maka peneliti akan melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Sudut Putar Intake Manifold Material *Stainless Steel* Terhadap Torsi, Daya, dan Emisi Gas Buang Honda Karisma X 125D”.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka identifikasi masalah yang akan dibahas yaitu:

1. Meningkatnya jumlah volume kendaraan khususnya sepeda motor sebagai tuntutan minat konsumen.
2. Meningkatnya volume sepeda motor berdampak pada kualitas udara akibat emisi gas buang.

3. Masyarakat menginginkan peningkatan performa mesin sepeda motor yang tinggi.
4. Minat masyarakat berbagai kalangan untuk melakukan modifikasi sepeda motor berupa *upgrade* performa mesin dan tampilan *body*.
5. Kurang mengetahui data performa mesin hasil modifikasi sepeda motor.
6. Kurang mengetahui nilai kandungan emisi gas buang sepeda motor hasil modifikasi.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Penelitian dilaksanakan untuk upaya meningkatkan performa mesin dan menurunkan emisi gas buang sepeda motor dengan pembuatan *intake manifold* menggunakan material *stainless steel* dengan perubahan variasi sudut putar *intake manifold* sepeda motor Honda Karisma X 125D.
2. Pengujian performa mesin dilakukan dengan parameter torsi dan daya, sedangkan pengujian emisi gas buang dengan parameter CO dan HC.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang ada, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi sudut putar pada *intake manifold* bermaterial *stainless steel* terhadap torsi mesin Honda Karisma X 125D?
2. Bagaimana pengaruh variasi sudut putar pada *intake manifold* bermaterial *stainless steel* terhadap daya mesin Honda Karisma X 125D?

3. Bagaimana pengaruh variasi sudut putar pada *intake manifold* bermaterial *stainless steel* terhadap emisi gas buang Honda Karisma X 125D?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi sudut putar pada *intake manifold* bermaterial *stainless steel* terhadap torsi mesin Honda Karisma X 125D.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi sudut putar pada *intake manifold* bermaterial *stainless steel* terhadap daya mesin Honda Karisma X 125D.
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi sudut putar pada *intake manifold* bermaterial *stainless steel* terhadap emisi gas buang Honda Karisma X 125D.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu:

1. Manfaat teoritis, penelitian ini memberikan manfaat secara teoritis berupa:
 - a. Penelitian ini dapat dijadikan referensi atau rujukan sebagai pengembangan untuk penelitian selanjutnya dengan bidang atau topik yang sama.
 - b. Memberikan wawasan ilmu yang luas dan bermanfaat.
2. Manfaat praktis, penelitian ini memberikan manfaat secara praktis berupa:
 - a. Peningkatan performa mesin akibat variasi sudut putar *intake manifold* bermaterial *stainless steel* pada mesin Honda Karisma X 125D.
 - b. Mengurangi kadar emisi gas buang pada Honda Karisma X 125D.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sulaiman *et al.* (2010:103) dengan judul penelitian “Study of Flow In Air – Intake System for A Single – Cylinder Go – Kart Engine”, menggunakan tiga jenis bentuk *intake manifold* yaitu bentuk pertama *intake manifold* dengan panjang 204 mm, bentuk kedua tanpa *intake manifold* dan yang ketiga *intake manifold* dengan bentuk tambahan *surge tank* dan *bell mouth*. Penelitian ini menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Hasil dari penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan *surge tank* dan bentuk *bell mouth* pada *intake manifold* menghasilkan peningkatan koefisien aliran sebesar 6% jika dibandingkan sistem pencampuran *intake manifold* standar. Penelitian yang dilakukan oleh Sulaiman *et al.* (2010) adalah memberikan tambahan *surge tank* dan *bell mouth* pada *intake manifold* kendaraan Go - Kart dan dilakukan pengujian sebatas pada simulasi *Computational Fluid Dynamic (CFD)*, penelitian yang hendak dilaksanakan adalah melakukan variasi sudut putar pada *intake manifold* dengan bahan (material) yang berbeda dan dilakukan pengujian terhadap performa mesin berupa torsi dan daya, selanjutnya pada emisi gas buang berupa *carbon monoxide (CO)* dan *hydrocarbon (HC)* pada sepeda motor.

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Surono *et al.* (2012:7) dengan judul “Pengaruh Penambahan Turbulator Pada Intake Manifold Terhadap Unjuk Kerja Mesin Bensin 4 Tak”, menggunakan media sepeda motor Jupiter Z 113 cc dengan

melakukan variasi sudut bilah 30°, 45°, dan 60° dapat disimpulkan bahwa penggunaan pengarah aliran (turbulator) pada *intake manifold* dengan sudut bilah 30° menghasilkan performa mesin terbaik, yang ditunjukkan dari hasil pengujian torsi dan daya serta perhitungan BMEP yang mempunyai hasil rata-rata paling tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Surono *et al.* (2012) adalah memberikan tambahan variasi pengarah aliran (turbulator) pada *intake manifold* dan dilakukan pengujian sebatas pada performa mesin sepeda motor saja, penelitian yang hendak dilaksanakan adalah melakukan variasi sudut putar pada *intake manifold* dengan bahan (material) yang berbeda dan dilakukan pengujian terhadap performa mesin berupa torsi dan daya, selanjutnya pada emisi gas buang berupa *carbon monoxide* (CO) dan *hydrocarbon* (HC) pada sepeda motor.

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Ma *et al.* (2014:780) dengan judul penelitian “Effects of Intake Manifold Water Injection on Combustion and Emissions of Diesel Engine”, dengan melakukan penelitian pengaruh *Intake Manifold Water Injection* (IMWI) menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) *simulation* untuk diterapkan pada mesin diesel. Kesimpulan hasil penelitian adalah IMWI dapat mengurangi tekanan dan suhu rata – rata di dalam silinder pada kondisi beban sebagian (*part load*) sehingga menyebabkan penurunan emisi gas NO_x dan jelaga karena proses *water injection*. Penelitian yang dilakukan oleh Ma *et al.* (2014) adalah memberikan tambahan *Intake Manifold Water Injection* (IMWI) pada *intake manifold* untuk penerapan pada mesin diesel dan dilakukan pengujian sebatas pada *Computational Fluid Dynamics* (CFD) *simulation* saja, penelitian yang hendak dilaksanakan adalah melakukan variasi sudut putar pada

intake manifold dengan bahan (material) yang berbeda dan dilakukan pengujian terhadap performa mesin berupa torsi dan daya, selanjutnya pada emisi gas buang berupa *carbon monoxide* (CO) dan *hydrocarbon* (HC) pada sepeda motor.

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Huda dan Adiwibowo (2014:164) dengan judul penelitian “Pengaruh Pemanfaatan Gas Buang Sebagai Pemanas *Intake Manifold* Terhadap Performa Mesin Supra X Tahun 2002”, dengan pemanas *intake manifold* tipe *parallel flow* dengan bukaan katup kran gas buang sebesar 30°, 60°, dan 90° mengalami peningkatan torsi masing-masing sebesar 8,69%, 11,84%, dan 12,26%. Dari segi daya mengalami peningkatan daya masing-masing sebesar 9,57%, 12,08%, dan 13,28% sedangkan untuk tipe *counter flow* menghasilkan peningkatan torsi masing-masing sebesar 5,14%, 5,97%, dan 10,67%, juga mengalami peningkatan daya masing-masing sebesar 5,90%, 6,88%, dan 11,99%. Penelitian yang dilakukan oleh Huda dan Adiwibowo (2014) adalah memberikan tambahan katup kran gas untuk memanfaatkan gas buang sebagai pemanas pada *intake manifold* dan dilakukan pengujian sebatas pada performa mesin sepeda motor saja, penelitian yang hendak dilaksanakan adalah melakukan variasi sudut putar pada *intake manifold* dengan bahan (material) yang berbeda dan dilakukan pengujian terhadap performa mesin berupa torsi dan daya, selanjutnya pada emisi gas buang berupa *carbon monoxide* (CO) dan *hydrocarbon* (HC) pada sepeda motor.

Penelitian lainnya oleh Sinaga *et al.* (2014:32) dengan judul “Pengaruh Perubahan Bentuk *Intake Manifold* Terhadap Unjuk Kerja Motor Diesel Dengan Metode Simulasi”, dengan model penambahan ulir di permukaan dalam pipa

intake manifold dengan dimensi diameter dalam 32 mm dengan variasi kerapatan ulir 40 mm, 70 mm, dan 100 mm menghasilkan aliran udara dengan tingkat turbulensi yang paling baik pada panjang ulir yang paling kecil (40mm). Hasil pengujian diperoleh bahwa pemasangan desain *intake manifold* pada mesin diesel mampu beroperasi sampai pada pembebanan maksimal untuk putaran mesin yang sama dan masing-masing desain *intake manifold* yang diujikan pada mesin diesel dapat mengurangi konsumsi bahan bakar 6% - 9%. Penelitian yang dilakukan oleh Sinaga *et al.* (2014) adalah melakukan perubahan bentuk pada *intake manifold* penerapan mesin diesel dan dilakukan pengujian sebatas metode simulasi saja, penelitian yang hendak dilaksanakan adalah melakukan variasi sudut putar pada *intake manifold* dengan bahan (material) yang berbeda dan dilakukan pengujian terhadap performa mesin berupa torsi dan daya, selanjutnya pada emisi gas buang berupa *carbon monoxide* (CO) dan *hydrocarbon* (HC) pada sepeda motor.

Penelitian berikutnya yang dilakukan oleh Sevrinanda dan Adiwibowo (2014:204) dengan judul penelitian “Pengaruh *Intake Manifold* Memodifikasi Dengan Variasi Sudut Kelengkungan Terhadap Emisi Gas Buang Pada Motor Empat Langkah”, dengan melakukan variasi sudut kelengkungan 34°, 73°, dan 108° menghasilkan penurunan emisi CO terendah menggunakan *intake manifold* variasi 3 yaitu sudut kelengkungan kanan 108° sebesar 0,38% vol dengan persentase penurunan 78,65% pada putaran 1500 rpm, selanjutnya penurunan emisi HC terendah menggunakan *intake manifold* variasi 3 sudut kelengkungan kanan 108° sebesar 276 ppm vol dengan persentase penurunan 22,90% pada putaran 9000 rpm, dan peningkatan emisi CO₂ tertinggi menggunakan *intake manifold* variasi 3 sudut

kelengkungan kanan 108° sebesar 12,0% vol dengan persentase peningkatan 30,43% pada putaran 9000 rpm. Penelitian yang dilakukan oleh Sevrinanda dan Adiwibowo (2014) adalah melakukan perubahan variasi sudut kelengkungan pada *intake manifold* dan dilakukan pengujian sebatas pada emisi gas buang sepeda motor saja, penelitian yang hendak dilaksanakan adalah melakukan variasi sudut putar pada *intake manifold* dengan bahan (material) yang berbeda dan dilakukan pengujian terhadap performa mesin berupa torsi dan daya, selanjutnya pada emisi gas buang berupa *carbon monoxide* (CO) dan *hydrocarbon* (HC) pada sepeda motor.

Penelitian berikutnya yang dilakukan oleh Winarto dan Adiwibowo (2014:202) dengan judul “Pengaruh Modifikasi Sudut Kelengkungan *Intake Manifold* Terhadap Performa Mesin Pada Motor Empat Langkah”, pengujian dilakukan pada *intake manifold* variasi 1 dengan sudut kelengkungan kanan 150° , variasi 2 dengan sudut kelengkungan kanan 130° , dan variasi 3 dengan sudut kelengkungan kanan 110° . Pengujian menghasilkan torsi optimal pada *intake manifold* variasi 3 sudut kelengkungan kanan 110° sebesar 3,69 kgf.m dengan persentase peningkatan 4,53% pada putaran 6000 rpm dibandingkan dengan *intake manifold* standar, daya efektif optimal dihasilkan dengan menggunakan *intake manifold* variasi 3 sudut kelengkungan kanan 110° sebesar 5,41 PS dengan persentase peningkatan 4,58% pada 8000 rpm dibandingkan dengan *intake manifold* standar. Tekanan efektif rata-rata optimal dihasilkan dengan menggunakan *intake manifold* variasi 3 sudut kelengkungan kanan 110° sebesar $1,886 \text{ kg/cm}^2$ dengan persentase peningkatan 10,22% pada putaran 5000 rpm

dibandingkan dengan *intake manifold* standar. Penelitian yang dilakukan oleh Winarto dan Adiwibowo (2014) adalah melakukan modifikasi sudut kelengkungan pada *intake manifold* dan dilakukan pengujian sebatas pada performa mesin sepeda motor saja, penelitian yang hendak dilaksanakan adalah melakukan variasi sudut putar pada *intake manifold* dengan bahan (material) yang berbeda dan dilakukan pengujian terhadap performa mesin berupa torsi dan daya, selanjutnya pada emisi gas buang berupa *carbon monoxide* (CO) dan *hydrocarbon* (HC) pada sepeda motor.

Penelitian berikutnya yang dilakukan oleh Hijjah dan Adiwibowo (2014:147) dengan judul penelitian “Pengaruh Variasi Sudut Elbow *Intake Manifold* Terhadap Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Supra X Tahun 2002”, dengan menggunakan *intake manifold* variasi 1 dengan sudut elbow 180°, variasi 2 dengan sudut elbow 225°, dan variasi 3 dengan sudut elbow 270° menghasilkan data pengujian berupa persentase rata-rata reduksi emisi CO *intake manifold* elbow variasi 1, 2, dan 3 masing-masing sebesar 52,38%, 30,99%, dan 46,18%. Persentase rata-rata peningkatan gas buang CO₂ *intake manifold* elbow variasi 1, 2, dan 3 masing-masing sebesar 8,41%, 3,68%, dan 5,67%. Persentase rata-rata reduksi emisi HC *intake manifold* elbow variasi 1, 2, dan 3 masing-masing sebesar 14,45%, 10,37%, dan 11,84%. Persentase rata-rata peningkatan O₂ *intake manifold* elbow variasi 1, 2, dan 3 masing-masing sebesar 32,15%, 18,26%, dan 14,99%. Penelitian yang dilakukan oleh Hijjah dan Adiwibowo (2014) adalah melakukan perubahan sudut elbow pada *intake manifold* dan dilakukan pengujian sebatas pada emisi gas buang sepeda motor saja, penelitian yang hendak dilaksanakan adalah melakukan

variasi sudut putar pada *intake manifold* dengan bahan (material) yang berbeda dan dilakukan pengujian terhadap performa mesin berupa torsi dan daya, selanjutnya pada emisi gas buang berupa *carbon monoxide* (CO) dan *hydrocarbon* (HC) pada sepeda motor.

Penelitian berikutnya yang dilakukan oleh Wicaksono dan Adiwibowo (2014:157) dengan judul penelitian “Pengaruh Modifikasi *Intake Manifold* Dengan Sudut Kelengkungan Sampai $\frac{3}{4}$ Putaran (270°) Terhadap Unjuk Kerja Mesin Supra X Tahun 2002”, menggunakan *intake manifold* variasi 1 dengan sudut lengkung 180° , variasi 2 dengan sudut lengkung 225° , dan variasi 3 dengan sudut lengkung 270° . Penelitian ini menghasilkan peningkatan performa mesin terjadi pada variasi 1 dengan sudut kelengkungan 180° dengan peningkatan torsi rata-rata sebesar 1,32%, daya efektif rata-rata sebesar 1,56%, tekanan efektif rata-rata sebesar 1,56%, dan penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 6,98%. Penelitian yang dilakukan oleh Wicaksono dan Adiwibowo (2014) adalah melakukan modifikasi sudut kelengkungan pada *intake manifold* dan dilakukan pengujian sebatas pada performa mesin sepeda motor saja, penelitian yang hendak dilaksanakan adalah melakukan variasi sudut putar pada *intake manifold* dengan bahan (material) yang berbeda dan dilakukan pengujian terhadap performa mesin berupa torsi dan daya, selanjutnya pada emisi gas buang berupa *carbon monoxide* (CO) dan *hydrocarbon* (HC) pada sepeda motor.

Penelitian tahun lainnya yang dilakukan oleh Prasetyo dan Subagyo (2016:17) dengan judul penelitian “Pengaruh Dari Penambahan Panjang dan Kebengkokan Intake Manifold Terhadap Daya, Torsi, dan Konsumsi Bahan Bakar

Pada Motor Bensin Mitsubishi Cold L 300”, dengan menggunakan *intake manifold* standar dan *intake manifold* modifikasi. Penelitian ini menghasilkan daya tertinggi pada penggunaan *intake manifold* standar dengan nilai 10.42 HP pada putaran mesin 8980 rpm, menghasilkan torsi tertinggi pada penggunaan *intake manifold* standar dengan nilai 119.9 N.m pada putaran mesin 8980 rpm, dan menghasilkan asumsi bahan bakar paling irit pada penggunaan *intake manifold* modifikasi dengan takaran bahan bakar 300 ml dengan waktu 01.39.8 menit. Penelitian yang dilakukan oleh Prasetyo dan Subagyo (2016) adalah melakukan penambahan panjang dan kebengkokan pada *intake manifold* dan dilakukan pengujian pada performa mesin dan konsumsi bahan bakar pada kendaraan mobil, penelitian yang hendak dilaksanakan adalah melakukan variasi sudut putar pada *intake manifold* dengan bahan (material) yang berbeda dan dilakukan pengujian terhadap performa mesin berupa torsi dan daya, selanjutnya pada emisi gas buang berupa *carbon monoxide* (CO) dan *hydrocarbon* (HC) pada sepeda motor.

Penelitian berikutnya yang dilakukan oleh Pranoto dan Adiwibowo (2016:127) dengan judul penelitian “Modifikasi *Intake Manifold* Dengan Variasi Sudut Putar Terhadap Emisi Gas Buang Honda Supra X Tahun 2002”, dengan menggunakan variasi sudut putar *intake manifold* sebesar 125°, 150°, dan 175°. Hasil dari penelitian menyatakan pada *intake manifold* putar 125° dapat menurunkan CO rata-rata sebesar 1,10% Vol, HC rata-rata sebesar 2,58% ppmVol, dan peningkatan CO₂ rata-rata sebesar 16,79% Vol. Pada *intake manifold* putar 150° dapat menurunkan CO rata-rata sebesar 3,24% Vol, HC rata-rata sebesar 4,32% ppmVol, dan peningkatan CO₂ rata-rata sebesar 16,85% Vol. Pada *intake manifold*

putar 175° dapat menurunkan CO rata-rata sebesar 10,46%Vol, HC rata-rata sebesar 12,17% ppmVol, dan peningkatan CO_2 rata-rata sebesar 24,01%Vol. Penelitian yang dilakukan oleh Pranoto dan Adiwibowo (2016) adalah melakukan modifikasi sudut putar pada *intake manifold* dan dilakukan pengujian sebatas pada emisi gas buang sepeda motor saja, penelitian yang hendak dilaksanakan adalah melakukan variasi sudut putar pada *intake manifold* dengan bahan (material) yang berbeda dan dilakukan pengujian terhadap performa mesin berupa torsi dan daya, selanjutnya pada emisi gas buang berupa *carbon monoxide* (CO) dan *hydrocarbon* (HC) pada sepeda motor.

Penelitian tahun berikutnya dilakukan oleh Purnomo *et al.* (2017:478) dengan judul penelitian “Pengembangan Intake Manifold Dengan Bahan Dasar Komposit (Serat Nanas)”, pada penelitian ini menggunakan sampel sepeda motor Honda Supra X 125 tahun 2007. Hasil dari penelitian menghasilkan penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 0,016073 ml/detik atau 20,7% dari penggunaan *intake manifold* standar pada putaran mesin rendah hingga tinggi, selanjutnya terdapat penurunan emisi gas buang CO sebesar 0,711% atau 38,7% dari penggunaan *intake manifold* standar, lalu penurunan emisi gas buang HC sebesar 37 ppm atau 3,1% dari penggunaan *intake manifold* standar, mengalami peningkatan torsi maksimum sebesar 0,039 kgf.m atau 3,5% dari *intake manifold* standar, dan peningkatan daya maksimum sebesar 0,2 PS atau 2% dari daya maksimum yang dihasilkan *intake manifold* standar. Penelitian yang dilakukan oleh Purnomo *et al.* (2017) adalah melakukan pembuatan *intake manifold* dengan bahan dasar komposit (serat nanas) tanpa melakukan variasi sudut putar atau

kelengkungan *intake manifold*, penelitian yang hendak dilaksanakan adalah melakukan variasi sudut putar pada *intake manifold* dengan bahan (material) yang berbeda dan dilakukan pengujian terhadap performa mesin berupa torsi dan daya, selanjutnya pada emisi gas buang berupa *carbon monoxide* (CO) dan *hydrocarbon* (HC) pada sepeda motor.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Kerja Mesin Empat Langkah

Sebagian besar mesin pembakaran dalam, baik dengan pengapian percikan (*spark ignition*) maupun pengapian kompresi (*compression ignition*) beroperasi pada siklus empat langkah atau dua langkah. Menurut pendapat dari Pulkrabek (1997:25) bahwa siklus kerja mesin empat langkah pada mesin pembakaran dalam tipe *spark ignition* sebagai berikut:

a. Langkah pertama: langkah isap atau pemasukan (*intake stroke*)

Piston bergerak dari titik mati atas (*top dead centre*) ke titik mati bawah (*bottom dead centre*) dengan posisi katup masuk terbuka dan katup buang tertutup, pada langkah ini menciptakan peningkatan volume pada ruang silinder. Langkah isap menghasilkan tekanan atmosfer dari luar menuju ke dalam silinder akibat kevakuman ruang silinder, udara yang masuk melewati sistem intake dengan jumlah bahan bakar yang diatur oleh injeksi bahan bakar maupun dengan karburator.

b. Langkah kedua: langkah kompresi (*compression stroke*)

Ketika piston mencapai titik mati bawah (*bottom dead centre*), katup *intake* menutup dan piston bergerak kembali menuju ke titik mati atas (*top dead centre*) dengan keadaan semua katup dalam kondisi tertutup. Pada langkah kompresi terjadi

penekanan campuran udara dan bahan bakar, maka mengakibatkan peningkatan tekanan dan suhu di ruang silinder. Pada akhir langkah kompresi busi mulai memercikkan bunga api dan pembakaran dimulai.

c. Pembakaran:

Pembakaran campuran udara dan bahan bakar terjadi dalam waktu yang singkat dan terbatas dengan posisi piston dekat dengan titik mati atas (*top dead centre*). Proses pembakaran dimulai pada akhir langkah kompresi dengan posisi piston dekat dengan titik mati atas (*top dead centre*) sampai awal langkah usaha dengan posisi piston dekat dengan titik mati atas (*top dead centre*). Proses pembakaran mengubah komposisi dari campuran udara dan bahan bakar menjadi gas buang dan terjadi peningkatan puncak pada tekanan dan suhu.

d. Langkah ketiga: langkah usaha (*expansion stroke or power stroke*)

Pada langkah usaha kondisi seluruh katup pada posisi tertutup, tekanan tinggi yang dihasilkan pada saat proses pembakaran mengakibatkan piston terdorong menjauhi titik mati atas (*top dead centre*). Pada langkah usaha ini menghasilkan kerja dari siklus mesin. Posisi piston bergerak dari titik mati atas (*top dead centre*) menuju ke titik mati bawah (*bottom dead centre*) dan pada langkah usaha ini terjadi peningkatan volume ruang silinder dan penurunan suhu dan tekanan.

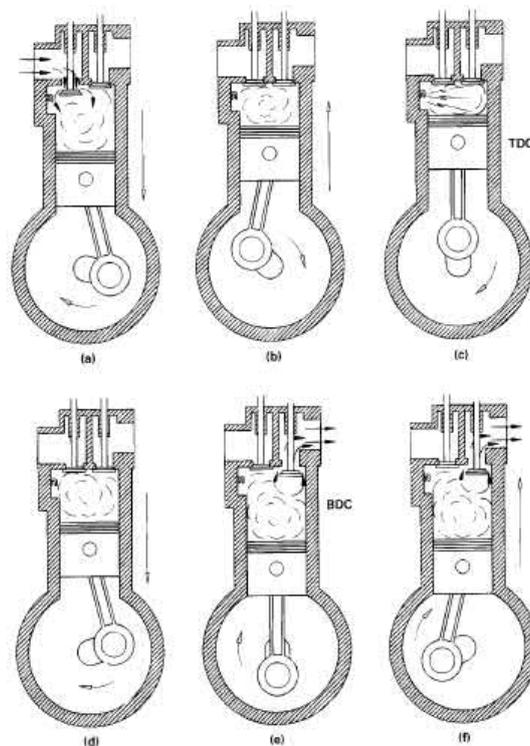
e. *Exhaust Blowdown*

Ketika akhir langkah usaha, katup buang terbuka dan proses *exhaust blowdown* terjadi. Ketika piston dekat dengan titik mati bawah (*bottom dead centre*), banyak jumlah gas buang terdorong keluar dari ruang silinder melalui sistem pembuangan

blowdown. Gas buang yang keluar dari ruang silinder menghilangkan jumlah entalpi yang tinggi dan menurunkan efisiensi termal pada siklus.

f. Langkah keempat: langkah pembuangan (*exhaust stroke*)

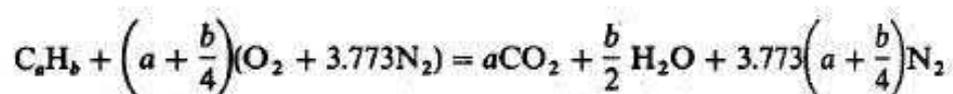
Pada saat piston mencapai titik mati bawah (*bottom dead centre*) dan proses *blowdown* selesai, tetapi masih terdapat banyak gas buang pada ruang silinder. Pada saat posisi katup buang masih tetap terbuka dan piston bergerak dari titik mati bawah (*bottom dead centre*) menuju ke titik mati atas (*top dead centre*) saat langkah buang, maka piston akan mendorong sebagian besar sisa gas buang untuk keluar dari ruang silinder melalui katup buang. Saat menuju akhir langkah buang ketika piston mendekati titik mati atas (*top dead centre*), posisi katup masuk mulai terbuka.



Gambar 2.1 Siklus Empat Langkah *Spark Ignition*
(Sumber: Pulkrabek, 1997:26)

2.2.2 Proses Pembakaran

Pembakaran (*combustion*) adalah suatu reaksi kimia yang terjadi antara unsur – unsur bahan bakar yang bersatu dengan oksigen yang dapat menyebabkan peningkatan suhu gas (Maleev, 1945:71). Proses pembakaran diawali dengan suatu loncatan bunga api pada akhir langkah kompresi. Pada saat proses pembakaran menghasilkan dua bagian utama yaitu bagian campuran udara dan bahan bakar yang terbakar dan campuran udara dan bahan bakar yang tidak terbakar, antara kedua bagian tersebut dibatasi oleh api pembakaran (*front flame*). Suhu yang terjadi saat proses pembakaran yaitu pada rentang 2100 K sampai 2500 K (Arends dan Berenschot, 1980:60). Pembakaran dapat terjadi secara normal dengan terjadinya pengapian dari busi dan perambatan nyala api secara stabil maupun pembakaran tidak normal (*abnormal*) (Stone, 1992:72). Pertimbangan proses pembakaran (*combustion*) secara lengkap oleh bahan bakar *hydrocarbon* secara umum yang terdiri dari komposisi molekul C_aH_b dengan udara. Persamaan pembakaran lengkap secara keseluruhan yaitu:



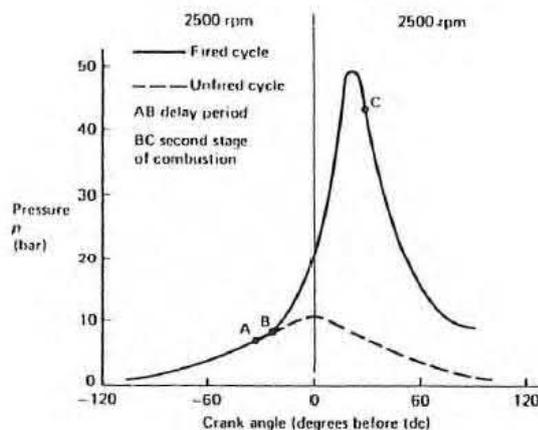
Gambar 2.2 Persamaan Proses Pembakaran
(Sumber: Heywood, 1988:69)

Menurut pendapat Samlawi (2017:14-15) bahwa kecepatan dan efisiensi pembakaran tergantung pada 3T yaitu *time* (waktu), temperatur, dan turbulensi. Pembakaran memerlukan waktu yang tepat untuk mereaksikan senyawa kimia pada campuran bahan bakar dan udara agar hasil dari pembakaran lebih sempurna, selanjutnya zat campuran bahan bakar dan udara harus pada temperatur penyalaan

saat proses pembakaran, dan untuk menghindari udara masuk langsung ke ruang bakar tanpa adanya kontak dengan bahan bakar, maka campuran udara dan bahan bakar dapat dialirkan dengan cara memusarkan aliran udara berbentuk turbulensi sangat membantu untuk mempermudah proses pembakaran.

A. Normal Combustion

Normal combustion terjadi ketika piston mendekati akhir langkah kompresi, lalu percikan bunga api muncul diantara elektroda busi. Percikan bunga api menyisakan inti kecil api (*nucleus*) yang merambat ke gas yang belum terbakar. Selama *nucleus* merambat mencapai ukuran skala turbulensi, maka perambatan tidak bisa ditingkatkan oleh turbulensi di ruang bakar, sehingga menyebabkan terjadinya periode tunda (*delay period*) seperti Gambar 2.3 di bawah ini.



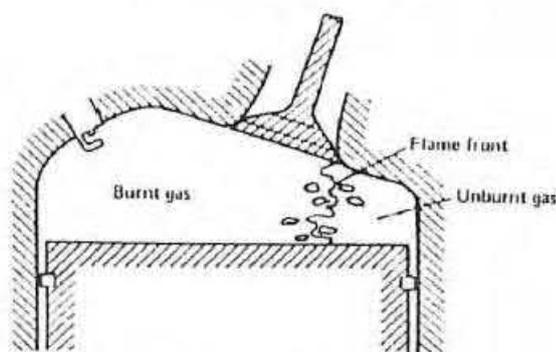
Gambar 2.3 Perbandingan *Crank Angle* dan *Pressure*
(Sumber: Stone, 1992:73)

Periode tunda terjadi dengan durasi 0,5 ms pada sudut $7\frac{1}{2}^{\circ}$ dari *crank angle* di putaran mesin 2500 rpm. Periode tunda terjadi karena dapat disebabkan oleh suhu, tekanan dan komposisi campuran udara dan bahan bakar. Periode tunda lebih kecil

jika campuran udara dan bahan bakar sedikit lebih kaya dari campuran *stoichiometric* ketika kecepatan api laminar paling tinggi. *Second stage of combustion* terjadi setelah tekanan puncak dan dipengaruhi sama seperti periode tunda dan oleh turbulensi. Hal ini sangat menguntungkan karena dengan meningkatnya kecepatan putaran mesin maka akan dapat meningkatkan turbulensi, dengan kata lain *second stage of combustion* terletak pada derajat sudut *crank* yang konstan. Tekanan tinggi pada *top dead centre* mempengaruhi terhadap langkah kerja dan dapat meningkatkan tenaga yang dihasilkan dari pembakaran (Stone, 1992:73-74).

B. *Abnormal Combustion*

Pembakaran *abnormal* dapat terjadi dalam beberapa bentuk yaitu *pre ignition* dan *self ignition*. *Pre ignition* terjadi ketika campuran bahan bakar dan udara terbakar pada area panas seperti pada katup pembuangan (*exhaust valve*) atau endapan sisa karbon pembakaran, sedangkan *self ignition* terjadi saat gas sisa campuran bahan bakar dan udara yang tidak terbakar tersebut menyala (*ignite*) secara spontan.



Gambar 2.4 Pembakaran pada Mesin *Spark Ignition*
(Sumber: Stone, 1992:75)

Pada Gambar 2.4 *flame front* terlihat merambat menjauhi busi dan gas yang tidak terbakar menjadi panas akibat radiasi dari *flame front* dan hasil penekanan dari proses pembakaran (*combustion*). Pembakaran spontan terjadi akibat dari adanya gas yang tidak terbakar tersebut sehingga memiliki karakteristik yang disebut *knocking*. Suara *knock* (ketukan) terjadi karena adanya resonansi di dalam ruang pembakaran (Stone, 1992:74-75). Seperti pendapat yang dinyatakan oleh Heywood (1988:375) bahwa *knock* adalah fenomena pembakaran *abnormal* yang berasal pembakaran otomatis (*autoignition*) sebagian bahan bakar, udara, dan campuran gas sisa di depan nyala api normal. Saat nyala api merambat melintasi ruang pembakaran, campuran yang tidak terbakar sebelumnya ikut terkompresi sehingga menyebabkan tekanan, suhu, kepadatan campuran yang terkompresi meningkat. Sehingga saat setelah proses pembakaran menghasilkan peningkatan energi 5 kali hingga 25 kali dari karakteristik pembakaran normal, maka mengakibatkan suara ketukan yang disebut *knock*.

2.2.3 Air Fuel Ratio

Pada pengujian mesin, nilai aliran massa udara (\dot{m}_a) dan nilai aliran massa bahan bakar (\dot{m}_f) biasanya diukur. Rasio laju aliran ini berguna untuk menentukan kondisi operasi mesin.

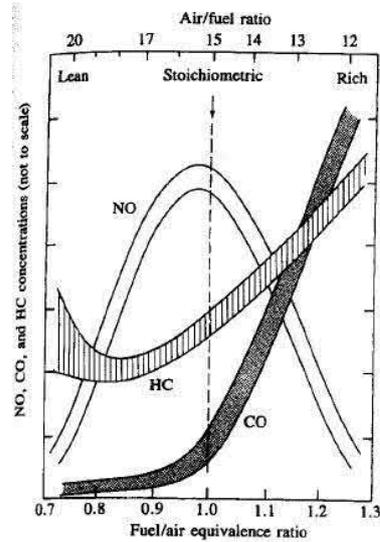
$$\text{Air / Fuel Ratio (A/F)} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \quad (\text{Heywood, 1988:53})$$

Rentang operasi normal dari mesin konvensional *spark ignition* (SI) menggunakan bahan bakar bensin adalah :

$$12 \leq A/F \leq 18 \quad (0,056 \leq F/A \leq 0,083) \quad (\text{Heywood, 1988:53}).$$

Rasio udara dan bahan bakar yang ideal untuk sebagian besar mesin bensin (*spark ignition*) adalah sekitar 14,7 pound udara dicampur dengan 1 pound bahan bakar, hal ini memberikan rasio ideal (A/F) 14,7 : 1 karena udara jauh lebih ringan dibandingkan dengan bahan bakar, maka sangat penting pengiriman campuran udara dan bahan bakar yang tepat. Ketika campuran udara dan bahan bakar memiliki jumlah udara lebih dari rasio ideal, maka campuran tersebut disebut dengan campuran miskin. Rasio campuran 15 sampai 16 : 1 memberikan penghematan terbaik dari mesin bensin. Ketika campuran memiliki nilai rasio dibawah 14,7 : 1 maka disebut campuran kaya. Campuran kaya (12 sampai 13 : 1) memberikan lebih banyak produksi tenaga dari mesin tetapi menyebabkan konsumsi bahan bakar yang lebih besar (Erjavec, 2009:729).

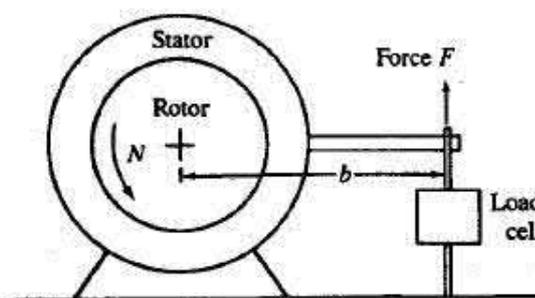
Suhu gas buang bervariasi sesuai dengan rasio kesetaraan (A/F). Suhu gas pembuangan bervariasi secara terus – menerus saat gas buang keluar dari silinder mesin dan mengalir melalui lubang pembuangan, *exhaust manifold* dan pipa pembuangan. Rasio kesetaraan udara dan bahan bakar (A/F) merupakan parameter penting untuk mengendalikan emisi mesin. Faktor – faktor penting yang mempengaruhi emisi yang diatur oleh rasio kesetaraan (A/F) adalah konsentrasi oksigen (O_2) dan suhu gas yang terbakar. Kelebihan dari gas oksigen disebabkan oleh pembakaran campuran perbandingan kurus dari *stoichiometric*. Suhu gas pembakaran maksimum terjadi saat campuran perbandingan A/F kaya dari *stoichiometric* pada dimulainya langkah ekspansi (usaha) dan komposisi pada *stoichiometric* di akhir langkah ekspansi dan selama proses pembuangan (Heywood, 1988:835).



Gambar 2.5 Perbandingan NO,CO, dan HC dengan Rasio A/F
(Sumber: Heywood, 1988:571)

2.2.4 Torsi dan Daya

Torsi mesin biasanya diukur menggunakan dynamometer (*dynamometer*), mesin dijepit pada *test bed* dan porosnya terhubung ke rotor *dynamometer*. Gambar di bawah ini menggambarkan prinsip pengoperasian *dynamometer*.



Gambar 2.6 Prinsip Pengoperasian *Dynamometer*
(Sumber: Heywood, 1988:46)

Rotor digabungkan secara elektromagnetik, hidrolik, atau dengan gesekan mekanis ke stator yang didukung dalam bantalan gesekan rendah. Stator diimbangi dengan stasioner rotor. Torsi yang diberikan pada stator dengan putaran rotor diukur

dengan menyeimbangkan stator dengan beban, pegas, atau alat pneumatik.

Menggunakan notasi pada Gambar 2.6, jika torsi yang diberikan oleh mesin adalah

T :

$$T = F \times b \text{ (Heywood, 1988:46)}$$

Rumus torsi memiliki keterangan seperti:

T = Torsi benda berputar (N.m)

F = *Force* (Gaya sentrifugal dari benda yang berputar) (N)

b = Jarak benda dari pusat rotasi (m)

Torsi (T) adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan pekerjaan, sedangkan daya (P) adalah laju dimana pekerjaan dilakukan.

Daya (P) yang dihasilkan oleh mesin dan diserap oleh *dynamometer* adalah hasil dari torsi dan kecepatan sudut :

$$P = 2\pi NT \text{ (Heywood, 1988:46)}$$

Rumus daya memiliki keterangan seperti:

P = *Power* (Watt/kW)

π = *phi* ($3,14/\frac{22}{7}$)

N = Putaran mesin (RPM)

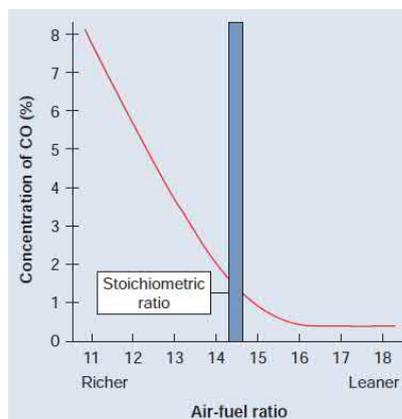
T = Torsi (N.m)

2.2.5 Emisi Gas Buang

Sevrinanda dan Adiwibowo (2014:199) menyatakan bahwa emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor termasuk dalam polutan yang mengakibatkan pencemaran terbesar terhadap lingkungan.

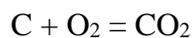
A. CO (*Carbon Monoxide*)

Emisi gas CO (Karbon Monoksida) adalah produk sampingan (sisa) proses pembakaran yang dihasilkan dari kesalahan jumlah perbandingan campuran udara dan bahan bakar (A/F) (Erjavec, 2009:731). Karbon monoksida (CO) adalah senyawa kimia beracun yang berasal dari karbon dan oksigen. Karbon monoksida (CO) tidak berwarna, tidak berbau, dan termasuk gas yang mengandung racun tinggi sehingga dapat menyebabkan pusing, sakit kepala, gangguan berpikir, dan kematian akibat kekurangan oksigen (O_2). CO terbentuk pada proses pembakaran ketika *engine* kekurangan jumlah oksigen (O_2) untuk kombinasi campuran dengan karbon. Karbon monoksida (CO) dapat ditemukan di saluran pembuangan kendaraan dan dapat juga berada di dalam bak mesin (*crankcase*). Emisi gas karbon monoksida (CO) disebabkan oleh kurangnya jumlah udara atau terlalu banyaknya jumlah bahan bakar pada campuran udara dan bahan bakar. Ketika rasio perbandingan udara dan bahan bakar (A/F) menjadi campuran kaya, maka level karbon monoksida (CO) meningkat seperti terlihat pada Gambar 2.7, sedangkan pada kondisi rasio (A/F) *stoichiometric*, emisi karbon monoksida (CO) terlihat rendah, dan pada saat rasio (A/F) terjadi campuran miskin maka emisi karbon monoksida (CO) tetap rendah, tetapi karbon monoksida (CO) bukan merupakan indikator akurat dari rasio (A/F) campuran miskin (Erjavec, 2009:979).



Gambar 2.7 Perbandingan CO dengan Rasio A/F
(Sumber: Erjavec, 2009:980)

Menurut pendapat Jayanti *et al.* (2014:1) bahwa pembakaran sempurna terhadap C (*Carbon*) akan menghasilkan reaksi berikut:



Ketika jumlah O_2 (Oksigen) tidak mencukupi untuk memenuhi pembakaran sempurna maka akan terciptanya CO dengan reaksi sebagai berikut:



B. HC (*Hydrocarbon*)

Emisi gas HC (Hidrokarbon) sebagian besar disebabkan oleh bahan bakar yang tidak terbakar di dalam ruang bakar, emisi HC dapat juga berasal dari penguapan bahan bakar di tangki bahan bakar (Erjavec, 2009:731). Menurut pendapat yang dikemukakan oleh Erjavec (2009:979) bahwa emisi hidrokarbon (HC) terjadi dari hasil proses pembakaran ketika:

- a. Campuran udara dan bahan bakar yang terkompresi lebih kecil di dalam ruang bakar sehingga percikan bunga api tidak mampu melakukan pembakaran.
- b. Bahan bakar yang terserap oleh pelumas pada dinding silinder.

- c. Bahan bakar yang terserap oleh kotoran karbon yang berada di ruang pembakaran (*combustion chamber*).
- d. Ketika api pembakaran meninggalkan beberapa karbon yang tidak terbakar saat nyala api pembakaran telah berlangsung saat mendekati dinding silinder.
- e. Campuran udara dan bahan bakar yang tidak terbakar seluruhnya akibat pengapian terhenti sebelum seluruh campuran udara dan bahan bakar terbakar (*misfire*).
- f. Bahan bakar dan udara tidak tercampur baik, maka mengakibatkan penyalaan terjadi sampai sebelum akhir pembakaran.
- g. Ketika katup buang tertutup, kemungkinan terjadi kebocoran bahan bakar selama langkah isap, kompresi, dan usaha.
- h. Terjadi *misfire* (kegagalan penyalaan) akibat kesalahan sistem pengapian.

C. Ambang Batas Emisi Gas Buang

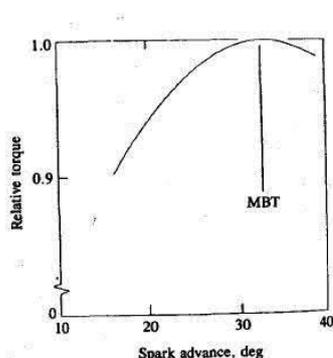
Menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor khususnya pada tipe L (sepeda motor) menyatakan bahwa batas maksimum zat atau bahan pencemar yang boleh dikeluarkan oleh pipa gas buang sepeda motor ditunjukkan oleh Tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1 Ambang Batas Emisi Gas Buang Sepeda Motor
(Sumber: Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2006, 2006)

Kategori	Tahun Pembuatan	Parameter		Metode Uji
		CO (%)	HC (ppm)	
Sepeda Motor 2 Langkah	< 2010	4.5	12000	Idle
Sepeda Motor 4 Langkah	< 2010	5.5	2400	Idle
Sepeda Motor (2 Langkah dan 4 Langkah)	≥ 2010	4.5	2000	Idle

2.2.6 Faktor yang Mempengaruhi Performa dan Emisi

A. Timing Pengapian

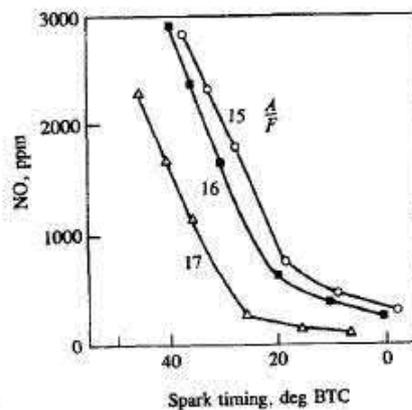


Gambar 2.8 Grafik Variasi Timing Pengapian Terhadap Torsi
(Sumber: Heywood, 1988:374)

Pada Gambar 2.8 telah dibuktikan bahwa variasi timing pengapian relatif menuju ke arah pusat atas yang terpengaruh oleh tekanan dalam silinder mesin *spark ignition* (SI). Jika pembakaran dimulai terlalu awal dalam siklus, maka transfer tenaga dari piston ke gas di silinder pada akhir langkah kompresi terlalu besar, tetapi jika proses pembakaran terlambat maka tekanan puncak akan berkurang dan transfer tenaga langkah ekspansi (usaha) dari gas ke piston akan berkurang. Terdapat waktu pengapian tertentu yang memberikan torsi mesin maksimum pada kecepatan, komposisi campuran, dan laju aliran tetap. Ini disebut

sebagai MBT (*Maximum Brake Torque-timing*). *Timing* ini juga memberikan *power* maksimum dan konsumsi bahan bakar spesifik minimum. Pada setiap kecepatan saat pengapian dimajukan dari pengaturan awal yang terlalu mundur, maka torsi akan naik ke maksimum, lalu berkurang.

Timing pengapian mempengaruhi tekanan puncak silinder dan karena suhu puncak gas terbakar dan tidak terbakar. Perlambatan waktu pengapian dari optimum dapat mengurangi variabel – variabel di atas. Tetapi pengurangan waktu pengapian terkadang digunakan untuk mengontrol emisi NOx.



Gambar 2.9 Perbandingan NO dengan Waktu Pengapian
(Sumber: Heywood, 1988:586)

Pengurangan waktu pengapian terkadang digunakan untuk mengurangi emisi *hydrocarbon* (HC) dari peningkatan sebagian kecil oksidasi selama langkah ekspansi (*work*) dan pembuangan (*exhaust*) karena hasil suhu gas tinggi yang terbakar (Heywood, 1988:827-829).

B. Komposisi Campuran

Campuran yang tidak terbakar dalam silinder mesin terdiri dari bahan bakar (biasanya uap), udara, dan gas yang terbakar. Sebagian kecil gas yang terbakar adalah sisa gas penggunaan gas buang untuk mengontrol NO. Komposisi campuran

selama pembakaran adalah paling kritis, sehingga membutuhkan perkembangan proses pembakaran untuk mengatur karakteristik pengoperasian mesin. Untuk mempertimbangkan pengaruh perubahan komposisi campuran pada pengoperasian mesin dan karakteristik emisi dapat melalui dua kondisi, yaitu

1. *Wide - Open Throttle* (WOT) atau beban penuh.
2. *Part throttle* atau beban sebagian.

Pada WOT, aliran udara mesin maksimum karena akan diinduksikan mesin. Aliran bahan bakar dapat bervariasi tetapi aliran udara diatur oleh variabel desain mesin dan kecepatan. Pada *part throttle* (beban sebagian), aliran udara, aliran bahan bakar, dan aliran EGR dapat bervariasi. Evaluasi perubahan komposisi campuran pada beban sebagian harus dilakukan pada beban dan kecepatan tetap, yaitu dalam kondisi mesin memberikan tingkat torsi yang diinginkan pada kecepatan yang ditentukan. Untuk mempertahankan torsi (load atau bmep) konstan karena komposisi campuran bervariasi biasanya membutuhkan perubahan dalam pengaturan throttle (jika EGR bervariasi, maka perlu pengaturan katup kontrol aliran EGR) (Heywood, 1988:829-830).

C. Rasio Kompresi

Proses kompresi dan usaha pada mesin dipengaruhi oleh pengaturan waktu katup (*valve timing*) dan aliran campuran udara dan bahan bakar yang melewati katup saat terbuka dan saat tertutup (sesuai kecepatan mesin). Untuk rentang kompresi penting yaitu antara 9 sampai 11 terjadi peningkatan efisiensi relatif sebesar 1% sampai 3% untuk setiap peningkatan unit rasio kompresi yang dipengaruhi oleh ukuran silinder dan kondisi pengoperasian (Heywood, 1988:843-

844). Suhu gas pembuangan mengalami penurunan saat rasio kompresi dan efisiensi meningkat menuju tercapainya efisiensi maksimum. Efek perubahan rasio kompresi terhadap emisi NO sangat kecil, tetapi peningkatan rasio kompresi dapat menghasilkan peningkatan pada emisi *hydrocarbon* (HC). Faktor yang berkontribusi dalam hal tersebut adalah suhu gas yang lebih rendah pada saat akhir langkah usaha menghasilkan berkurangnya oksidasi HC di dalam silinder (Heywood, 1988:844).

2.2.7 Intake Manifold

Intake manifold adalah sebuah sistem perpipaan yang berfungsi mengirimkan udara masuk ke silinder, biasanya terbuat dari logam cor, plastik, atau material komposit. *Intake manifold* merupakan sistem pemasukan (*intake system*) dengan tujuan utama memaksimalkan campuran udara dan bahan bakar masuk ke dalam ruang bakar (Ceviz dan Akin, 2010:2239). Pada sebagian besar mesin *spark ignition* (SI), bahan bakar ditambahkan ke udara di dalam sistem *intake manifold* baik untuk injeksi bahan bakar maupun karburator. Beberapa *intake manifold* dipanaskan untuk meningkatkan penguapan bahan bakar. Pipa tunggal *intake manifold* untuk satu silinder disebut dengan *runner* (Pulkrabek, 1997:22). *Intake manifold* harus dapat dirancang untuk memastikan distribusi campuran bahan bakar dan udara yang sama ke setiap silinder. Distribusi yang tidak merata dapat disebabkan oleh hambatan (*resistance*) yang berbeda dan tikungan yang tajam pada hubungan antara karburator dan silinder (Maleev, 1945:147).

Intake manifold (runner) harus memiliki diameter yang cukup besar sehingga tidak terjadi hambatan (*resistance*) aliran yang tinggi dan efisiensi

volumetrik yang rendah. Tetapi disisi lain *intake manifold* juga harus dapat berdiameter cukup kecil untuk memastikan kecepatan udara tinggi dan terbentuknya turbulensi, yang dapat meningkatkan kemampuan penguapan dan pengaliran campuran bahan bakar dan udara ke silinder. Untuk meminimalkan hambatan aliran campuran bahan bakar dan udara, maka *intake manifold* seharusnya tidak memiliki tikungan tajam dan permukaan dinding dalam harus halus tanpa tonjolan seperti pada tepi gasket (Pulkrabek, 1997:167).

Desain intake manifold standar pada sepeda motor Karisma X 125D :



Gambar 2.10 *Intake Manifold* Karisma X 125D

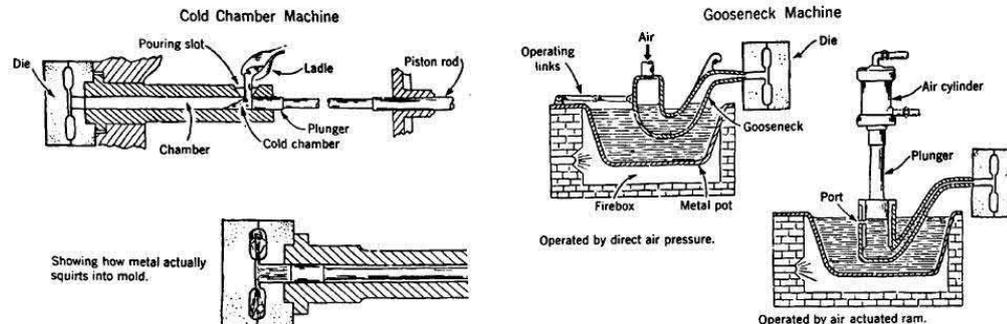
Spesifikasi *intake manifold* Karisma X 125D :

- a. Diameter dalam : 22 mm
- b. Diameter luar : 27,60 mm
- c. Sudut putar : 85°
- d. Material (bahan) : *Aluminium die casting*

2.2.8 Die Casting dan Welding

A. Die Casting

Meskipun *die casting* (pengecoran cetakan baja) serupa dengan banyak hal, tetapi *die casting* berbeda dengan pengecoran cetakan permanen (*permanent mould casting*), karena logam pada *die casting* dipaksa ke dalam rongga cetakan di bawah tekanan setinggi 20.000 psi. Proses *die casting* hanya layak secara ekonomis untuk melakukan produksi besar karena biaya pembuatan *die* (cetakan baja) yang sangat tinggi (mahal). Dua jenis mesin *die casting* yang umum digunakan adalah tipe *cold chamber* yang beroperasi pada tekanan hingga 20.000 psi dapat melelehkan logam saat dimasukkan ke dalam mesin ini, sedangkan mesin *gooseneck* tekanannya jarang melebihi 600 psi untuk melelehkan logam.



Gambar 2.11 Tipe Die Casting Machine

(Sumber: Schlenker, 1969:116)

Seluruh proses *die casting* biasanya berlangsung secara otomatis. Pengecoran (*casting*) membutuhkan sedikit atau bahkan tanpa membutuhkan *finishing*, permukaan hasil pengecoran sangat bagus. Cetakan baja (*die*) dapat dilakukan proses pendinginan menggunakan air untuk memperpanjang masa ketahanan kerjanya. Logam untuk proses *die casting* umumnya dari seng (Zn) dan aluminium

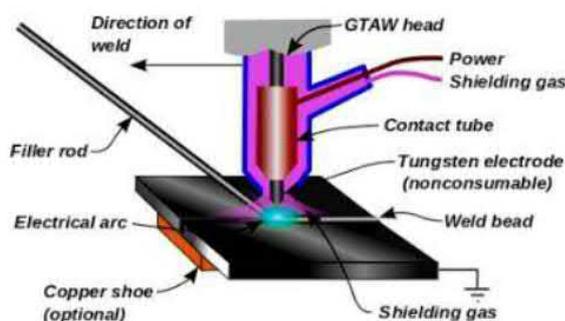
(Al), tetapi kuningan (Cu – Zn) dapat dilakukan proses *die casting* dengan hasil yang baik pada mesin tipe *cold chamber* (Schlenker, 1969:116).

B. *Welding*

Pengelasan (*welding*) adalah proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam dengan cara penambahan bahan tambah ataupun tanpa penambahan bahan tambah dan saat prosesnya menggunakan energi panas sebagai pencairan bahan yang akan dilakukan proses pengelasan (Syahrani *et al.*, 2017:722). Penambahan bahan tambah (elektroda) pada saat pemanasan bahan di proses pengelasan akan memberikan kekuatan terhadap sambungan las. Faktor yang mempengaruhi kekuatan sambungan las yaitu prosedur pengelasan, bahan yang digunakan, elektroda, dan jenis kampuh pengelasan (Syahrani *et al.*, 2017:722).

a. *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW)

Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) atau disebut dengan *Tungsten Inert Gas* (TIG) adalah salah satu jenis dari pengelasan yang memiliki bentuk busur las listrik (*arc welding*) yang menerapkan penggunaan *inert gas* untuk pelindung dan *tungsten* atau *wolfram* sebagai elektroda las (Syahrani *et al.*, 2017:723).



Gambar 2.12 Skema Pengelasan GTAW
(Sumber: Ghadi dan Shivakumar, 2016:66)

2.2.9 Material Aluminum Die Casting dan Stainless Steel

A. Aluminum Die Casting

Intake manifolds untuk mesin (*engine*) kendaraan saat ini biasanya terbuat dari bahan *die-cast aluminum* ataupun plastik. Bahan – bahan ini digunakan untuk mengurangi berat (Erjavec, 2009:952). Pengecoran Aluminium (Al) lebih ringan dan mampu menahan suhu kerja (operasi) tertinggi dari semua jenis paduan (*alloys*) pada *die casting*. Karakteristik paduan aluminium (*aluminum alloy*) adalah:

- a. Suhu operasi tinggi
- b. Ketahanan korosi yang baik
- c. Ringan
- d. Kekuatan dan kekerasan bahan yang baik
- e. Kekakuan dan rasio kekuatan terhadap berat yang baik
- f. Memiliki pelindung EMI dan RFI yang luar biasa
- g. Konduktivitas panas yang baik
- h. Konduktivitas listrik yang tinggi
- i. Karakteristik *finishing* yang baik.
- j. Dapat dilakukan daur ulang penuh.

Keuntungan dari *aluminum die casting*:

Manfaat paling signifikan yang diberikan oleh *aluminum die casting* adalah menciptakan bagian yang lebih ringan dan *finishing* permukaan yang baik dibandingkan dengan jenis paduan *die casting* lainnya. Selain itu *aluminum die casting* dapat menahan suhu operasi tertinggi dari semua jenis paduan *die casting*,

tahan terhadap korosi, mempertahankan stabilitas dimensi dengan dinding tipis dan dapat digunakan hampir di semua industri.

Aplikasi *aluminum die casting*:

Aluminum die casting dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar otomotif dengan memenuhi syarat mengurangi berat pada kendaraan. Aluminium digunakan dalam berbagai peralatan jaringan dan infrastruktur industri telekomunikasi (Dynacast, 2019).

B. *Stainless Steel*

Stainless steel termasuk baja paduan yang berdasarkan beratnya memiliki kandungan minimal 11,5% krom dan memiliki sifat tidak mudah mengalami korosi (*corrosion*) (Sumarji, 2011:2). Sumarji (2011:2) berpendapat bahwa jenis *stainless steel* menurut struktur kristal terdiri dari *ferritic stainless steel*, *precipitation-hardening stainless steel*, *duplex stainless steel*, *martensitic stainless steel*, dan *austenitic stainless steel*. Penggunaan material *stainless steel* di dunia industri diutamakan sebagai material konstruksi untuk penyambungan suatu komponen berdasarkan desain dengan menggunakan teknik pengelasan (Setyowati dan Suheni, 2016:29). Material *stainless steel* sangat baik diterapkan pada bahan pembuatan komponen otomotif untuk penggunaan jangka panjang, seperti pendapat yang dikemukakan oleh Setyowati dan Widodo (2017:74) yaitu material *stainless steel* memiliki ketahanan korosi yang baik dan memiliki umur pemakaian untuk jangka panjang.

a. *Stainless Steel* Tipe 304

Suastiyanti dan Hasybi (2018:48) menyatakan bahwa *stainless steel* tipe 304 berdasarkan struktur kristal termasuk dalam jenis *austenitic stainless steel*. Menurut pendapat Setyowati dan Suheni (2016:30) bahwa:

Austenitic stainless steel merupakan baja paduan yang memiliki kandungan 16 - 26% Cr, 0.75 - 19.0% Mn, 1 - 40% Ni, 0.03 - 0.35% C, dan kandungan N sebagai penstabil austenite pada temperature ruang dan kenaikan temperatur tertentu.

Spesifikasi material *stainless steel* tipe 304 berdasarkan AK Steel (2007:1) tertera pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

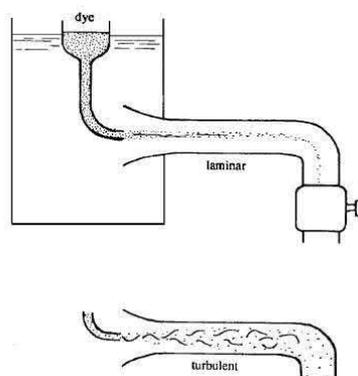
Tabel 2.2 Spesifikasi *Stainless Steel* Tipe 304
(Sumber: AK Steel, 2007:1)

Composition	Type 304 (wt %)
Carbon	0.08 max
Manganese	2.00 max
Phosphoruse	0.045 max
Sulfur	0.030 max
Silicon	0.75 max
Chromium	18.00 - 20.00
Nickel	8.00 - 12.00
Nitrogen	0.10 max
Iron	Balance

2.2.10 Aliran Fluida

Aliran dengan viskositas fluida sangat penting dengan terbagi menjadi dua jenis aliran yaitu aliran *laminar* dan aliran *turbulent*. Aliran *laminar* adalah sebuah aliran yang memiliki partikel fluida yang melakukan pergerakan dalam lapisan yang halus, sedangkan aliran *turbulent* adalah salah satu aliran yang memiliki partikel – partikel fluida yang cepat bercampur ketika partikel – partikel tersebut

bergerak bersama karena fluktuasi kecepatan tiga dimensi secara acak (Fox *et al.*, 2004:38). Perbedaan mendasar antara kedua aliran tersebut telah dibuktikan oleh Reynolds pada tahun 1833 pada percobaan penyuntikan pewarna pada aliran di dalam tabung seperti ditunjukkan pada Gambar 2.13 di bawah ini, pada laju aliran rendah, aliran pewarna mengalir mengikuti jalur lurus dengan baik menunjukkan cairan pewarna tersebut bergerak sejajar (*laminae*), maka aliran tersebut dinamakan aliran *laminar*, dan ketika laju aliran ditingkatkan terjadi pergerakan cairan pewarna yang tidak teratur dan menyebar ke seluruh penampang tabung, maka aliran ini disebut aliran *turbulent*. Reynolds menunjukkan transisi dari aliran laminar menuju ke aliran turbulent terjadi pada nilai tetap yaitu $Re = V d / \nu \sim 3000$, dengan V adalah kecepatan rata – rata di atas penampang, d adalah diameter penampang, dan ν adalah viskositas kinematik (Kundu dan Cohen, 2008:296).



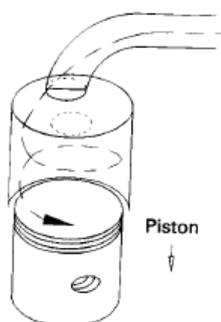
Gambar 2.13 Percobaan Reynolds (Aliran *Laminar* dan *Turbulent*)
(Sumber: Kundu dan Cohen, 2008:296)

Beberapa karakteristik dari aliran *turbulent* menurut Kundu dan Cohen (2008:538) antara lain:

- a. Keacakan (*randomness*), aliran *turbulent* terlihat tidak teratur, kacau dan tidak dapat diprediksi.

- b. Tidak linear (*nonlinearity*), aliran *turbulent* bergerak tidak sejajar.
- c. Difusivitas (*diffusivity*), aliran *turbulent* melakukan pencampuran artikel fluida secara makroskopis, maka aliran *turbulent* diciran dengan laju perpindahan momentum dan panas yang cepat.

Aliran fluida pada kendaraan untuk proses pembakaran adalah campuran udara dan bahan bakar menuju ke dalam silinder melalui *intake manifold*. Gerakan massa makro utama dalam silinder kendaraan adalah gerakan rotasi yang disebut *swirl*. *Swirl* dihasilkan dengan membangun sistem masukan campuran udara dan bahan bakar yang baik menuju ke dalam silinder, seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.14. Untuk dapat menciptakan sebuah *swirl* maka dapat dilakukan pembentukan berbagai bentuk dari *intake manifold*, *port valve*, hingga bentuk permukaan piston (Pulkrabek, 1997:208). Menurut pendapat Mohiuddin (2011:205) bahwa efek dari gerak berputar (*swirl*) jika dibandingkan dengan turbulensi normal menunjukkan peningkatan tenaga dan torsi saat kecepatan idle dan saat berjalan menurun dalam kecepatan akselerasi. *Swirl* dapat meningkatkan campuran udara dan bahan bakar untuk menghasilkan campuran yang homogen dan dapat mempercepat mekanisme penyebaran api selama proses pembakaran (Pulkrabek, 1997:208).



Gambar 2.14 Gerakan *Swirl*
(Sumber: Pulkrabek, 1997:209)

A. Debit

Menurut pendapat Triatmodjo (1993:134) bahwa debit pada suatu aliran mempunyai makna yaitu:

Jumlah zat cair yang mengalir melalui tampang lintang aliran tiap satuan waktu disebut debit aliran dan diberi notasi Q . Debit aliran biasanya diukur dalam volume zat cair tiap satuan waktu, sehingga satuannya adalah meter kubik per detik (m^3/d) atau satuan yang lain (*liter/detik, liter/menit, dsb*).

Debit aliran dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Q = \frac{V}{t} \text{ (Zainudin et al., 2012:76)}$$

Kecepatan aliran campuran udara dan bahan bakar yang melewati saluran *intake manifold* dapat dihitung dengan rumus:

$$v = \frac{Q}{A} \text{ (Pradhana dan Widodo, 2017:40)}$$

Rumus debit (Q) memiliki keterangan seperti:

Q = Debit aliran fluida (m^3/s)

A = Luas penampang pipa (m^2)

V = Volume fluida (m^3)

v = Kecepatan aliran fluida (m/s)

B. Head Loss

Aliran campuran antara udara dan bahan bakar yang melewati *intake manifold* berbentuk pipa dengan variasi sudut putar akan mengalami *head loss*. *Head loss* merupakan kejadian yang terjadi pada aliran berupa penurunan tekanan pada sistem perpipaan yang terdiri dari *major head loss* dan *minor head loss* (Wahana Duta Jaya Rucika, 2018). *Major head loss* (kerugian mayor) adalah

kerugian berupa penurunan tekanan akibat gesekan saat fluida mengalir melewati dinding pipa yang memiliki luas penampang tetap, sedangkan *minor head loss* (kerugian minor) adalah kerugian berupa penurunan tekanan akibat gesekan yang dialami oleh fluida saat melewati sambungan pipa, belokan pipa, katup – katup, dan dinding pipa yang memiliki luas penampang pipa tidak tetap (Zainudin, 2012:77). Menurut pendapat Zainudin (2012:77) menyatakan bahwa cara menentukan nilai dari *major head loss* dapat menggunakan rumus persamaan Darcy – Weisbach seperti pada Gambar 2.15 di bawah ini:

$$H_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Gambar 2.15 Rumus *Major Head Loss*
(Sumber: Zainudin, 2012:77)

Rumus persamaan Darcy – Weisbach untuk mencari nilai dari *major head loss* memiliki keterangan seperti:

- H_f : *Head major loss* (m)
 L : Panjang pipa (m)
 D : Diameter pipa (m)
 f : Faktor gesek (diagram moody)
 v : Kecepatan (m/s)
 g : Gravitasi (m/s^2)

Penerapan sistem perpipaan pada *intake manifold* dengan variasi sudut putar terjadi peristiwa *minor head loss* karena konstruksi *intake manifold* yang berupa belokan pipa dan membentuk suatu sudut. Menurut pendapat Sularso dan Tahara (2000:32)

menyatakan bahwa rumus untuk mencari nilai dari *minor head loss* menggunakan rumus pada Gambar 2.16 di bawah ini:

$$h_f = f \frac{v^2}{2g}$$

Gambar 2.16 Rumus *Minor Head Loss*
(Sumber: Sularso dan Tahara, 2000:32)

Rumus *minor head loss* memiliki keterangan seperti:

h_f : *Minor head loss* (m)

v : Kecepatan rata - rata di dalam pipa (m/s)

g : Percepatan gravitasi (0,98 m/s²)

f : Koefisien kerugian

Konstruksi belokan *intake manifold* yang memiliki variasi pada besar sudut putarnya maka akan berpengaruh pula dalam mencari nilai koefisien kerugian (f) pada rumus *minor head loss* pada Gambar 2.16. Menurut pendapat Sularso dan Tahara (2000:33-34) bahwa nilai koefisien kerugian (f) dapat dicari menggunakan rumus Fuller seperti pada Gambar 2.17 di bawah ini:

$$f = \left[0,131 + 1,84 \frac{D}{2R} \right] \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

Gambar 2.17 Rumus Koefisien Kerugian
(Sumber: Sularso dan Tahara, 2000:34)

Rumus mencari nilai koefisien kerugian (f) memiliki keterangan seperti:

D : Diameter dalam pipa (m)

R : Jari - jari lengkung sumbu belokan (m)

Θ : Sudut belokan (derajat)

f : Koefisien kerugian

Nilai koefisien kerugian (f) yang muncul dari penerapan variasi sudut putar berupa belokan pipa pada *intake manifold* berkaitan dengan faktor gesekan antara aliran campuran bahan bakar dan udara dengan permukaan dinding dalam yang berbentuk belokan sesuai besar sudut putar pada *intake manifold*. Semakin besar variasi sudut putar *intake manifold* yang berupa belokan pipa maka akan semakin besar pula nilai koefisien kerugian (f) yang muncul dalam rumus Fuller yang berakibat pada kenaikan pada nilai *minor head loss* yang semakin tinggi. Pengaruh tingginya nilai *minor head loss* akibat perubahan nilai koefisien kerugian (f) dari variasi belokan sudut putar *intake manifold* maka akan berpengaruh langsung terhadap kondisi fluida di dalam *intake manifold*. Kondisi fluida yang berbentuk campuran bahan bakar dan udara yang mengalami kenaikan nilai *minor head loss* akan mengalami gerakan pusaran (*swirl*) akibat konstruksi variasi sudut putar pada *intake manifold* yang berbentuk belokan dan campuran bahan bakar dan udara tersebut pula mengalami gesekan selama melalui belokan sudut *intake manifold* yang mengakibatkan semakin turbulennya aliran campuran bahan bakar dan udara dari pengaruh besar gesekan yang meningkatkan gerakan partikel tidak teratur, seperti pendapat yang dikemukakan oleh Kaprawi (2009:69) bahwa aliran fluida yang mengalir dekat dengan dinding pipa bagian luar memiliki kecepatan aliran yang lebih cepat dibandingkan dengan aliran fluida yang mengalir pada posisi dekat dengan dinding pipa bagian dalam, sehingga akan menimbulkan tegangan geser terbesar pada aliran fluida pada posisi dekat dengan dinding pipa. Kondisi yang

dihasilkan campuran udara dan bahan bakar yang melewati pipa *intake manifold* akan semakin homogen, seperti pendapat yang dinyatakan oleh Winarto dan Adiwibowo (2014:202) bahwa perubahan *intake manifold* variasi akan menghasilkan aliran campuran bahan bakar dan udara yang turbulen dan mengakibatkan proses pembakaran di ruang bakar menjadi lebih sempurna.

2.2.11 Dynamometer

Dynamometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur torsi dan daya dari operasi mesin atas rentang kecepatan dan beban kendaraan (Pulkrabek, 1997:53).

2.2.12 Exhaust Gas Analyzer

Menguji kualitas gas buang adalah prosedur untuk menguji tingkat emisi dan diagnostik secara rutin. Alat analisis buang adalah salah satu alat diagnostik yang berharga untuk masalah kelancaran kinerja (*driveability*) kendaraan. Analisis emisi awal adalah mengukur jumlah *hydrocarbon* (HC) dan *carbon monoxide* (CO). *Hydrocarbon* (HC) pada pembuangan adalah hasil bahan bakar mentah yang tidak terbakar. Emisi *hydrocarbon* (HC) menunjukkan bahwa pembakaran total tidak terjadi pada mesin. Alat *emissions analyzers* atau *gas analyzer* mengukur kadar *hydrocarbon* (HC) dalam parts per million (ppm) atau grams per mile (g/mil). Sedangkan untuk gas *carbon monoxide* (CO) adalah gas tidak berbau, tetapi beracun yang merupakan gas hasil pembakaran yang disebabkan kurangnya jumlah udara atau jumlah bahan bakar yang terlalu banyak pada campuran udara dan bahan bakar. *Carbon monoxide* (CO) biasanya diukur dengan satuan persen dari total gas pembuangan (Erjavec, 2009:1012-1013).

2.3 Hipotesis

Hipotesis (jawaban sementara) pada penelitian ini yaitu:

1. Ada pengaruh dari variasi perubahan sudut putar pada *intake manifold* dengan material *stainless steel* terhadap torsi sepeda motor Honda Karisma X 125D.
2. Ada pengaruh dari variasi perubahan sudut putar pada *intake manifold* dengan material *stainless steel* terhadap daya sepeda motor Honda Karisma X 125D.
3. Ada pengaruh dari variasi perubahan sudut putar pada *intake manifold* dengan material *stainless steel* terhadap emisi gas buang (CO dan HC) sepeda motor Honda Karisma X 125D.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian pengaruh variasi sudut putar *intake manifold* material *stainless steel* terhadap torsi, daya, dan emisi gas buang Honda Karisma X 125D dari hasil pembahasan maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh sudut putar *intake manifold* terhadap nilai torsi yang dihasilkan berupa penggunaan *intake manifold* sudut putar 85° (standar) menghasilkan nilai torsi tertinggi yaitu dengan nilai 11.20 N.m pada putaran mesin 3500 rpm, penggunaan *intake manifold* material *stainless steel* sudut putar 105° (variasi 1) menghasilkan nilai torsi tertinggi yaitu dengan nilai 10.77 N.m pada putaran mesin 4000 rpm, dan penggunaan *intake manifold* material *stainless steel* sudut putar 125° (variasi 2) menghasilkan nilai torsi tertinggi yaitu dengan nilai 10.84 N.m pada putaran mesin 4000 rpm.
2. Terdapat pengaruh sudut putar *intake manifold* terhadap nilai daya yang dihasilkan berupa penggunaan *intake manifold* sudut putar 85° (standar) menghasilkan nilai daya tertinggi yaitu dengan nilai 6.74 kW pada putaran mesin 7000 rpm, penggunaan *intake manifold* material *stainless steel* sudut putar 105° (variasi 1) menghasilkan nilai daya tertinggi yaitu dengan nilai 6.64 kW pada putaran mesin 6500 rpm, dan penggunaan *intake manifold* material *stainless steel* sudut putar 125° (variasi 2) menghasilkan nilai daya tertinggi yaitu dengan nilai 6.54 kW pada putaran mesin 6500 rpm.

3. Penggunaan *intake manifold* material *stainless steel* dengan variasi sudut putar 125° menghasilkan nilai *carbon monoxide* (CO) terendah yaitu 1.79% Vol dengan penurunan emisi gas buang *carbon monoxide* (CO) mencapai 35.75% dan nilai *hydrocarbon* (HC) terendah yaitu 2246 ppm dengan penurunan emisi gas buang *hydrocarbon* (HC) mencapai 23.15% dibandingkan penggunaan *intake manifold* standar dan penurunan emisi gas buang *carbon monoxide* (CO) mencapai 24.02% dan nilai *hydrocarbon* (HC) terendah yaitu 2246 ppm dengan penurunan emisi gas buang *hydrocarbon* (HC) mencapai 9.08% dibandingkan penggunaan *intake manifold* variasi 1.

5.2 Saran

1. Penggunaan *intake manifold* variasi 2 dengan spesifikasi sudut putar 125° sangat disarankan dengan tujuan mengurangi emisi gas buang sepeda motor.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menghitung nilai emisi gas buang *carbon monoxide* (CO) dan *hydrocarbon* (HC) dari penggunaan variasi sudut putar *intake manifold* di atas putaran mesin idle.
3. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan variasi sudut putar *intake manifold* dengan spesifikasi sudut putarnya lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian ini.
4. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan *finishing* permukaan dalam *intake manifold* terutama area batas pengelasan agar permukaan dalam *intake manifold* menjadi halus tanpa terdapat hambatan.

DAFTAR PUSTAKA

- AK Steel. 2007. *Product Data Sheet 304/304L Stainless Steel*. West Chester: AK Steel Corporation.
- Arends, BPM. dan H. Berenschot. 1980. *Benzinemotoren*. Vam - Voorschoten. Voorschoten. Terjemahan U. Sukrisno. 2001. *Motor Bensin*. Jakarta: Erlangga.
- Astra Honda Motor. 2002. *Buku Pedoman Reparasi Honda Karisma*. Jakarta: PT. Astra Honda Motor.
- Badan Pusat Statistik. 2019. *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2017*. <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133bpsq@bps.go.id>. 09 Februari 2019 (20:27).
- Baihaqi. 2011. Analisa Pengaruh Intake Manifold Dengan Posh Terhadap Peningkatan Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor Empat Langkah. *Jurnal Intake* 2(2): 61-75.
- Ceviz, M.A. dan M. Akin. 2010. Design of New SI Engine Intake Manifold with Variable Length Plenum. *Energy Conversion and Management Journal* 51(19): 2239-2244.
- Direktorat Pembinaan Kursus dan Pelatihan. 2013. *Sistem Bahan Bakar Pada Sepeda Motor*. Jakarta: Ditjen PAUDNI.
- Dynacast. 2019. *Aluminum Die Casting Metals*. <https://www.dynacast.com/aluminum-die-casting-privacy@dynacast.com>. 24 Maret 2019 (19:58).
- Erjavec, J. 2009. *Automotive Technology A System Approach*. 5th ed. New York: Delmar Cengage Learning, Inc.
- Fox, R.W., A.T. McDonald, dan P.J. Pritchard. 2004. *Introduction to Fluid Mechanics*. 6th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Ghadi, G. dan S. Shivakumar. 2016. Analysis of TIG Welding Process Parameters for Stainless Steel (SS202). *International Journal of Advanced Engineering Research and Science* 3(13): 66-70.
- Heywood, J.B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. 1st ed. New York: McGraw – Hill, Inc.

- Hijjah, E.W. dan P.H. Adiwibowo. 2014. Pengaruh Variasi Sudut Elbow Intake Manifold Terhadap Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Supra X Tahun 2002. *Jurnal Teknik Mesin* 3(2): 140-147.
- Huda, A.C. dan P.H. Adiwibowo. 2014. Pengaruh Pemanfaatan Gas Buang Sebagai Pemanas Intake Manifold Terhadap Performa Mesin Supra X Tahun 2002. *Jurnal Teknik Mesin* 3(2): 158-165.
- Jayanti, N. E., M. Hakam, dan I. Santiasih. 2014. Emisi Gas *Carbon Monooksida* (CO) Dan *Hidrocarbon* (HC) Pada Rekayasa Jumlah *Blade Turbo Ventilator* Sepeda Motor “Supra X 125 Tahun 2006”. *ROTASI* 16(2): 1-5.
- Kaprawi. 2009. Aliran Dalam Pipa Lengkung 90° dengan Radius yang Bervariasi. *Jurnal Rekayasa Mesin* 9(3): 67-72.
- Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 0486.K/10/DJM.S/2017. *Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin 90 yang Dipasarkan di Dalam Negeri*. 23 November 2017. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. Jakarta.
- Kundu, P.K. dan I.M. Cohen. 2008. *Fluid Mechanics*. 4th ed. Burlington: Academic Press.
- Ma, X., F. Zhang, K. Han, Z. Zhu, dan Y. Liu. 2014. Effects of Intake Manifold Water Injection on Combustion and Emissions of Diesel Engine. *International Conference on Applied Energy* 61(178): 777-781.
- Mahdi, I. 2016. Alasan Modifikasi Motor Ditinjau Dari Pasal 132 Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 dan Masalah Mursalah. *Skripsi*. Jurusan Hukum Bisnis Syariah Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Maleev, V.L. 1945. *Internal - Combustion Engines Theory and Design*. 2nd ed. California: McGraw - Hill Kogakusha, Ltd.
- Mohiuddin, A.K.M. 2011. Investigation of The Swirl Effect on Engine Using Designed Swirl Adapter. *IIUM Engineering Journal* 12(3): 197-205.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2006. *Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*. 01 Agustus 2006. Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Pradhana, R. Y. dan E. Widodo. 2017. Analisa Pengaruh Variasi Diameter Pipa Tekan PVC Pada Pompa Aksial Untuk Kecepatan Gaya Dorong Air. *R. E. M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal* 2(1): 37-43.

- Pranoto, K.S.B. dan P.H. Adiwibowo. 2016. Modifikasi Intake Manifold Dengan Variasi Sudut Putar Terhadap Emisi Gas Buang Honda Supra X Tahun 2002. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin* 4(2): 122-128.
- Prasetyo, G.B. dan T. Subagyo. 2016. Pengaruh Dari Penambahan Panjang dan Kebengkokan Intake Manifold Terhadap Daya, Torsi, dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Motor Bensin Mitsubishi Cold L 300. *Cyber-Techn* 10(2): 1-18.
- Pulkrabek, W.W. 1997. *Engineering Fundamentals of The Internal Combustion Engine*. 1st ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Purnomo, B.G., A. Setiyawan, dan F. Akhyat. 2017. Pengembangan Intake Manifold Dengan Bahan Dasar Komposit (Serat Nanas). *Prosiding Seminar Nasional UNS Vocational Day*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 472-479.
- Saepudin, A. dan T. Admono. 2005. Kajian Pencemaran Udara Akibat Emisi Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta. *Jurnal Teknologi Indonesia* 28(2): 29-39.
- Samlawi, A.K. 2017. *Teknik Pembakaran*. Banjarbaru: Universitas Lambung Mangkurat.
- Schlenker, B.R. 1969. *Introduction to Materials Science*. Sydney: John Wiley & Sons Australasia Pty Ltd.
- Setyowati, V. A. dan E. W. R. Widodo. 2017. Pengaruh Pengelasan TIG Pada *Stainless Steel* 304 dan 304 L Terhadap Sifat Mekanik, Karakterisasi XRD, dan EDX Sebagai Material *Pressure Vessel*. *Jurnal Teknik Mesin* 7(2): 74-80.
- Setyowati, V. A. dan Suheni. 2016. Variasi Arus dan Sudut Pengelasan Pada Material *Austenitic Stainless Steel* 304 Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Makro. *Jurnal IPTEK* 20(2): 29-36.
- Sevrinanda, F. dan P.H. Adiwibowo. 2014. Pengaruh Intake Manifold Modifikasi Dengan Variasi Sudut Kelengkungan Terhadap Emisi Gas Buang Pada Motor Empat Langkah. *Jurnal Teknik Mesin* 3(1): 198-205.
- Sinaga, D.F., S. Sanuri, dan A. Zuhdi. 2014. Pengaruh Perubahan Bentuk Intake Manifold Terhadap Unjuk Kerja Motor Diesel dengan Metode Simulasi. *Jurnal Teknik Pomits* 3(1): 30-33.
- Sport Devices. 2009. *Sportdyno V3.4 User's Manual*. Valencia: SPORTDEV, S.L.

- Stone, R. 1992. *Introduction to Internal Combustion Engines*. 2nd ed. London: The Macmillan Press Ltd.
- Suastiyanti, D. dan M. K. Hasybi. 2018. Kekerasan Hasil Pengelasan TIG dan SMAW Pada Stainless Steel SS 304 Untuk Aplikasi Boiler Shell. *Prosiding Seminar Nasional Pakar*. Universitas Trisakti. Jakarta. 47-52.
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sulaiman, S.A., S.H.M. Murad, I. Ibrahim, dan Z.A.A. Karim. 2010. Study of Flow In Air – Intake System for A Single – Cylinder Go – Kart Engine. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering* 1(8): 91-104.
- Sularso dan H. Tahara. 1983. *Pumps and Compressors*. Association for International Technical Promotion. Tokyo. Sularso. 2000. *Pompa & Kompresor*. Cetakan Ketujuh. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Sumarji. 2011. Studi Perbandingan Ketahanan Korosi *Stainless Steel* Tipe SS 304 dan SS 201 Menggunakan Metode *U-Bend Test* Secara Siklik dengan Variasi Suhu dan pH. *Jurnal ROTOR* 4(1): 1-8.
- Surono, U.B., J. Winarno, dan F. Alaudin. 2012. Pengaruh Penambahan Turbulator Pada Intake Manifold Terhadap Unjuk Kerja Mesin Bensin 4 Tak. *Jurnal Teknik* 2(1): 1-7.
- Syahrani, A., Mustafa, dan Oktavianus. 2017. Pengaruh Variasi Arus Pengelasan GTAW Terhadap Sifat Mekanis Pada Pipa Baja Karbon ASTM A 106. *Jurnal Mekanikal* 8(1): 721-729.
- Tecnotest. 2001. *Stargas Mod 898 Operating Instructions*. Parma: Tecnotest, s.r.l.
- Triatmodjo, B. 1993. *HIDRAULIKA 1*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wahana Duta Jaya Rucika. 2018. *Head Loss Pada Instalasi Pipa*. <https://www.rucika.co.id/head-loss-pada-instalasi-pipa/>. 01 Juli 2019 (12:00).
- Wicaksono, B.A. dan P.H. Adiwibowo. 2014. Pengaruh Modifikasi Intake Manifold Dengan Sudut Kelengkungan Sampai $\frac{3}{4}$ Putaran (270°) Terhadap Unjuk Kerja Mesin Supra X Tahun 2002. *Jurnal Teknik Mesin* 3(2): 148-157.

Winarto, E. dan P.H. Adiwibowo. 2014. Pengaruh Modifikasi Sudut Kelengkungan Intake Manifold Terhadap Performa Mesin Pada Motor Empat Langkah. *Jurnal Teknik Mesin* 2(2): 196-202.

Zainudin, I.M.A. Sayoga, dan I.M. Nuarsa. 2012. Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap Head Losses Aliran Pipa. *Jurnal Dinamika Teknik Mesin* 2(2): 75-83.