PENGARUH SUDUT KELENGKUNGAN DAN PANJANG SALURAN MASUK *(INTAKE MANIFOLD)* TERHADAP PERFORMA MESIN, KONSUMSI BAHAN BAKAR (FC) DAN EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR JUPITER MX 135 CC

SKRIPSI

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif

Oleh

Faiz Afifudin

5202414029

PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2018

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama	: Faiz Afifudin
Nim	: 5202414029
Program Studi	: Pendidikan Teknik Otomotif S1
Judul	: Pengaruh Sudut Kelengkungan dan Panjang Saluran Masuk (*Intake Manifold*) Terhadap Performa Mesin Konsumsi Bahan Bakar (Fc) dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Jupiter Mx 135 CC

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

Semarang, ...1/11... 2018

Pembimbing.

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

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi/TA dengan judul Pengaruh Sudut Kelengkungan dan Panjang Saluran Masuk *(Intake Manifold)* Terhadap Performa Mesin, Konsumsi Bahan Bakar (Fc) dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Jupiter Mx 135 CC, telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi/TA Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang Pada tanggal 21 November 2018.

Oleh

Nama : Faiz Aifudin

Nim : 5202414029

Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif S1

Ketua

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

Sekretaris

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

Penguji 1

Angga Septiyanto, S.Pd, MT.
NIP. 1987091120150811004

Penguji 2

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

Pembimbing

Dr. M. Burhan Rubai Wijaya, M.Pd.
NIP. 19630131988031001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Nur Qudus M.T
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 dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian 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, 5 Oktober 2018

Yang membuat pernyataan,

Faiz Afifudin

NIM. 5202414029

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

1. "Kau akan berhasil dalam setiap pelajaran, dan kau harus percaya akan berhasil, dan berhasillah kau. Anggap semua pelajaran mudah, dan semua akan jadi mudah. Jangan takut pada pelajaran apa pun, karena ketakutan itu sendiri kebodohan awal yang akan membodohkan semua" – Pramoedya Ananta Toer.
2. Berani dengan mencoba dan mencoba untuk berani. Keberanian akan tumbuh ketika kamu berani untuk menghadapi.
3. Meskipun belum tau keadaan seperti apa nantinya yang akan dihadapi, paling tidak kau sudah mempunyai pemikiran jangka jauh dari sekarang untuk nanti.
4. "Pray hard, work hard and believe fully to God"

Persembahan:

1. Bapak Muhammad Mansur dan Ibu Sinah, yang sudah memberi segalanya kemampuan untuk anaknya. Do'a, semangat, kasih sayang dan perjuangan yang sudah diberikan untuk anakmu.
2. Fatia Nur Azizah, my beloved sister.
3. Keluarga besar, kerabat dan saudara yang telah memberikan motivasi dan dukungan.
4. Sahabat dan teman dekat yang memberikan bantuan, do'a, dukungan dan pelajaran hidup.

ABSTRAK

Afifudin, Faiz. 2018. Pengaruh Sudut Kelengkungan dan Panjang Saluran Masuk *(Intake manifold)* Terhadap Performa Mesin, Konsumsi Bahan Bakar (Fc) dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor Jupiter MX 135 CC. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Dr. M. Burhan Rubai Wijaya, M.Pd.

Perkembangan bidang otomotif terus mengalami kemajuan dan peningkatan secara pesat berpengaruh terhadap penggunaan bahan bakar dan emisi gas buang. Performa mesin dipengaruhi oleh proses pembakaran di dalam ruang bakar. Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh sudut kelengkungan dan panjang saluran masuk *(intake manifold)* terhadap performa mesin (torsi dan daya), konsumsi bahan bakar (fc) dan emisi gas buang (karbon monoksida dan hidrokarbon) pada sepeda motor Jupiter MX 135 CC.

Metode penelitian menggunakan eksperimen dengan analisis deskriptif. Teknik pengumpulan data menggunakan observasi. Pengujian performa mesin, konsumsi bahan bakar (fc) dan emisi gas buang pada setiap penggunaan *intake manifold* standar/variasi dilakukan sebanyak 3 (tiga) setiap putaran mesin yang ditentukan. Torsi tertinggi diperoleh *intake manifold* M2 sebesar 12,08 N.m dan peningkatan sebesar 0,92% pada putaran mesin 5500 rpm (spesifikasi pabrik) dan daya terbesar diperoleh *intake manifold* M4 dengan sudut kelengkungan 15° dan panjang 50 mm dengan hasil sebesar 12,66 HP dengan peningkatan sebesar 1,85%. Konsumsi bahan bakar paling rendah diperoleh *intake manifold* M2 sebesar 0,15 liter/jam dengan penurunan sebesar 21,05% pada putaran mesin 1500 rpm. Emisi gas buang karbon monoksida (CO) paling rendah didapatkan oleh *intake manifold* M5 dengan sudut kelengkungan 45° dan panjang 50 mm sebesar 0,16% vol dan gas buang hidrokarbon (HC) paling rendah terjadi pada *intake manifold* M2 sebesar 31,6 ppm vol dengan penurunan sebesar 53,00% pada putaran mesin 2000 rpm.

Terdapat pengaruh sudut kelengkungan dan panjang *intake manifold* terhadap performa mesin, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Penggunaan *intake manifold* M2 dengan sudut kelengkungan sebesar 30° dan perubahan panjang 40 mm, merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan performa mesin serta meminimalkan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang.

Kata Kunci: *intake manifold, sudut kelengkungan, panjang, performa mesin.*

PRAKATA

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi. Sholawat serta salam penulis curahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW. yang selalu kita nantikan syafa'atnya di hari akhir nanti.

Ucapan terimakasih yang tiada terukur selalu penulis ucapkan kepada kedua orang tua, Bapak **Muh. Mansur** dan Ibu **Sinah** yang telah berjuang, mendidik, menasehati, menafkahi dan mendo'akan saya. Sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul "Pengaruh Sudut Kelengkungan dan Panjang Saluran Masuk *(Intake manifold)* Terhadap Performa Mesin, Konsumsi Bahan Bakar (Fc) dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Jupiter Mx 135 CC" yang menjadi judul dari skripsi yang merupakan persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Teknik Otomotif S1. Kesempatan ini juga penulis manfaatkan untuk mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan memberikan bimbingan kepada penulis baik moral, material, dan sarana prasarana kepada penulis, diantaranya:

1. Dr. Nur Qudus, MT. Dekan Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
2. Rusiyanto, S.Pd., MT. Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang
3. Dr. Dwi Widjanarko, S.Pd., S.T., M.T. Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif S1, Universitas Negeri Semarang.

4. Dr. M. Burhan Rubai Wijaya, M.Pd. Selaku dosen pembimbing skripsi Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang.
5. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Dengan mengadahkan tangan dan mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT. semoga atas segala bentuk bantuannya mendapatkan balasan yang jauh lebih berkah dan diterima di sisi-Nya.

Akhirnya tiada kata lain yang lebih bermakna selain harapan dan do'a, semoga dengan ditulisnya karya tulis ini, dapat memberikan manfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi pembaca pada umumnya, Amin.

Semarang, 5 Oktober 2018

Penulis,

Faiz Afifudin

NIM.5202414029

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN iii

PERNYATAAN KEASLIAN iv

MOTTO DAN PERSEMBAHAN v

ABSTRAK vi

PRAKATA vii

DAFTAR ISI ix

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN xii

DAFTAR GAMBAR xiii

DAFTAR TABEL xiv

DAFTAR LAMPIRAN xv

BAB I

PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang Masalah 1

1.2 Identifikasi Masalah 4

1.3 Pembatasan Masalah 5

1.4 Rumusan Masalah 5

1.5 Tujuan Penelitian 6

1.6 Manfaat Penelitian 6

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI 8

2.1 Kajian Pustaka 8

2.2 Landasan Teori 12

2.2.1 Mesin Pembakaran Dalam *(Internal Combustion Engine)* 12

2.2.2 Proses Pembakaran Motor Bensin 13
2.2.3 Fluida 14
2.2.4 Performa Mesin..... 18
2.2.5 *Intake manifold* 26
2.3 Kerangka Pikir Penelitian 29

BAB III

METODE PENELITIAN..... 31

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan 31

3.1.1 Waktu Penelitian..... 31
3.1.2 Tempat Penelitian 31
3.2 Desain Penelitian 31

3.3 Alat dan Bahan Penelitian..... 31

3.3.1 Alat Penelitian..... 31
3.3.2 Bahan Penelitian 34
3.4 Parameter Penelitian 40

3.4.1 Variabel Bebas..... 40
3.4.2 Variabel Terikat 41
3.4.3 Variabel Kontrol 41
3.5 Teknik Pengumpulan Data..... 41

3.5.1 Skema Peralatan Penelitian..... 42
3.5.2 Diagram Aliran Penelitian 43
3.5.3 Proses Penelitian..... 45
3.5.4 Instrumen Data Penelitian..... 52
BAB IV

HASIL PENELITIAN..... 61

4.1 Hasil Penelitian 61

4.1.1 Hasil Analisis Aliran..... 61
4.1.2 Hasil Pengujian Performa Mesin 65
4.1.3 Hasil Penelitian Konsumsi Bahan Bakar 72
4.1.4 Hasil Penelitian Emisi Gas Buang 78

4.2 Pembahasan 85
4.2.1 Performa Mesin (Torsi dan Daya) 85
4.2.2 Konsumsi Bahan Bakar (*Fuel Consumption*) 90
4.2.3 Emisi Gas Buang (Karbon Monoksida dan Hidrokarbon) 93
BAB V
PENUTUP 100
5.1 Simpulan 100
5.2 Saran 101
DAFTAR PUSTAKA 103
DAFTAR LAMPIRAN 105

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol

Θ Menyatakan besar sudut (Theta)

λ Perbandingan campuran bahan bakar dan udara (Lambda)

Singkatan

Nm *Newton Mete*r (satuan pengukuran torsi)

HP *Horse Power* (satuan pengukuran daya)

CO *Carbon Monoxide* (senyawa kimia hasil pembakaran tidak sempurna)

HC *Hidrocarbon* (senyawa kimia bahan bakar tidak terbakar sempurna)

RPM *Revolution Per Minute* (frekuensi kecepatan putaran mesin)

PPM *Part Per Milion* (frekuensi emisi gas buang)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Aktual Mesin Otto 12
Gambar 2.2 Keseimbangan Energi Pada Motor Bakar 19
Gambar 2.3 Pengukuran Terhadap Torsi 20
Gambar 2.4 Posisi Saluran Masuk (*Intake manifold*) 27
Gambar 3.1 Desain 2D *Intake manifold* Standar (M1) (30°-36mm)..... 35
Gambar 3.2 Desain 2D *Intake manifold* (M2) (30°-40mm)..... 36
Gambar 3.3 Desain 2D *Intake manifold* (M3) (30°-30mm)..... 36
Gambar 3.4 Desain 2D *Intake manifold* (M4) (15°-50mm)..... 37
Gambar 3.5 Desain 2D *Intake manifold* (M5) (45°-50mm)..... 37
Gambar 3.6 *Intake manifold* standar (M1) (30°-36mm) 38
Gambar 3.7 *Intake manifold* (M2) (30°-40mm)..... 38
Gambar 3.8 *Intake manifold* (M3) (30°-30mm)..... 39
Gambar 3.9 *Intake manifold* (M4) (15°-50mm)..... 39
Gambar 3.10 *Intake manifold* (M4) (45°-50mm)..... 40
Gambar 3.11 Skema Peralatan Penelitian. 42
Gambar 3.12 Diagram Alir Penelitian. 44
Gambar 4.1 Analisis Aliran *Intake Manifold* Standar (M1) 61
Gambar 4.2 Analisis Aliran Intake Manifold (M2) 62
Gambar 4.3 Analisis Aliran *Intake Manifold* (M3)..... 63
Gambar 4.4 Analisis Aliran *Intake Manifold* (M4)..... 64
Gambar 4.5 Analisis Aliran *Intake Manifold* (M5)..... 65
Gambar 4.6 Grafik Pengujian Torsi 69
Gambar 4.7 Grafik Pengujian Daya 71
Gambar 4.8 Grafik Pengujian Konsumsi Bahan Bakar 77
Gambar 4.9 Grafik Pengujian Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) 81
Gambar 4.10 Grafik Pengujian Emisi Gas Buang Hidrokarbon (HC)..... 84

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Produksi Kendaraan Bermotor Dalam Negeri (Unit), 2011–2015. 1

Tabel 2.1 Garis Besar Perbedaan Motor Bensin dan Diesel. 13

Tabel 2.2 Perbandingan CO Motor Bensin dan Motor Diesel. 25

Tabel 3.1 Instrumen Penelitian Performa Mesin..... 52

Tabel 3.2 Instrumen Penelitian Performa Mesin Berupa Torsi..... 53

Tabel 3.3 Instrumen Penelitian Performa Mesin Berupa Daya..... 53

Tabel 3.4 Instrumen Penelitian Konsumsi Bahan Bakar (fc)..... 54

Tabel 3.5 Instrumen Penelitian Rata-Rata Konsumsi Bahan Bakar (fc)..... 55

Tabel 3.6 Instrumen Penelitian Emisi Gas Buang 56

Tabel 3.7 Instrumen Penelitian Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) 57

Tabel 3.8 Instrumen Penelitian Emisi Gas Buang Hidrokarbon (HC)..... 57

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Performa Mesin 66

Tabel 4.2 Performa Mesin (Torsi)..... 67

Tabel 4.3 Performa Mesin (Daya)..... 70

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar 72

Tabel 4.5 Rata-Rata Waktu Konsumsi Bahan Bakar 74

Tabel 4.6 Konsumsi Bahan Bakar..... 75

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Emisi Gas Buang 78

Tabel 4.8 Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) 79

Tabel 4.9 Emisi Gas Buang Hidrokarbon (HC) 82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Usulan Topik Skripsi..... 105

Lampiran 2 Surat Usulan Pembimbing 106

Lampiran 3 Surat Keputusan Penetapan Dosen Pembimbing Skripsi 107

Lampiran 4 Surat Persetujuan Seminar Proposal..... 108

Lampiran 5 Surat Tugas Penguji Seminar Proposal 109

Lampiran 6 Berita Acara Seminar Proposal Skripsi 110

Lampiran 7 Lembar Pernyataan Selesai Revisi Proposal 111

Lampiran 8 Surat Ijin Penelitian Performa Mesin 112

Lampiran 9 Surat Ijin Penelitian Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi 113

Lampiran 10 Surat Selesai Penelitian Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi 114

Lampiran 11 Surat Selesai Penelitian Performa Mesin..... 115

Lampiran 12 Pembuatan *Intake manifold* 116

Lampiran 13 Pengujian Performa Mesin 117

Lampiran 14 Pengujian Konsumsi Bahan Bakar 118

Lampiran 15 Pengujian Emisi Gas Buang 119

Lampiran 16 Data Performa Mesin *Intake manifold* (M1) Pengujian Pertama .. 120

Lampiran 17 Data Performa Mesin *Intake manifold* (M1) Pengujian Kedua..... 121

Lampiran 18 Data Performa Mesin *Intake manifold* (M1) Pengujian Ketiga..... 122

Lampiran 19 Data Performa Mesin *Intake manifold* (M2) Pengujian Pertama .. 123

Lampiran 20 Data Performa Mesin *Intake manifold* (M2) Pengujian Kedua..... 124

Lampiran 21 Data Performa Mesin *Intake manifold* (M2) Pengujian Ketiga..... 125

Lampiran 22 Data Performa Mesin *Intake manifold* (M3) Pengujian Pertama .. 126

Lampiran 23 Data Performa Mesin *Intake manifold* (M3) Pengujian Kedua..... 127

Lampiran 24 Data Performa Mesin *Intake manifold* (M3) Pengujian Ketiga..... 128

Lampiran 25 Data Performa Mesin *Intake manifold* (M4) Pengujian Pertama .. 129
Lampiran 26 Data Performa Mesin *Intake manifold* (M4) Pengujian Kedua..... 130
Lampiran 27 Data Performa Mesin *Intake manifold* (M4) Pengujian Ketiga..... 131
Lampiran 28 Data Performa Mesin *Intake manifold* (M5) Pengujian Pertama .. 132
Lampiran 29 Data Performa Mesin *Intake manifold* (M5) Pengujian Kedua..... 133
Lampiran 30 Data Performa Mesin *Intake manifold* (M5) Pengujian Ketiga..... 134
Lampiran 31 Data Konsumsi Bahan Bakar (fc)..... 135
Lampiran 32 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* Standar (M1) 1500 Rpm 136
Lampiran 33 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* Standar (M1) 1750 Rpm 137
Lampiran 34 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* Standar (M1) 2000 Rpm 138
Lampiran 35 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* Standar (M1) 2250 Rpm 139
Lampiran 36 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* Standar (M1) 2500 Rpm 140
Lampiran 37 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* Standar (M1) 2750 Rpm 141
Lampiran 38 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M2) 1500 Rpm 142
Lampiran 39 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M2) 1750 Rpm 143
Lampiran 40 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M2) 2000 Rpm 144
Lampiran 41 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M2) 2250 Rpm 145
Lampiran 42 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M2) 2500 Rpm 146
Lampiran 43 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M2) 2750 Rpm 147
Lampiran 44 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M3) 1500 Rpm 148
Lampiran 45 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M3) 1750 Rpm 149
Lampiran 46 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M3) 2000 Rpm 150
Lampiran 47 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M3) 2250 Rpm 151
Lampiran 48 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M3) 2500 Rpm 152
Lampiran 49 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M3) 2750 Rpm 153

Lampiran 50 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M4) 1500 Rpm 154

Lampiran 51 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M4) 1750 Rpm 155

Lampiran 52 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M4) 2000 Rpm 156

Lampiran 53 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M4) 2250 Rpm 157

Lampiran 54 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M4) 2500 Rpm 158

Lampiran 55 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M4) 2750 Rpm 159

Lampiran 56 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M5) 1500 Rpm 160

Lampiran 57 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M5) 1750 Rpm 161

Lampiran 58 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M5) 2000 Rpm 162

Lampiran 59 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M5) 2250 Rpm 163

Lampiran 60 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M5) 2500 Rpm 164

Lampiran 61 Data Emisi Gas Buang *Intake manifold* (M5) 2750 Rpm 165

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kendaraan bermotor adalah alat transportasi masal yang dibutuhkan dalam kegiatan sehari-hari dan secara tidak langsung akan mempercepat dan membantu kehidupan manusia. Perkembangan bidang otomotif terus mengalami kemajuan dan mengalami peningkatan secara pesat. Berdasarkan survei yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik Indonesia (2016: 376), bahwa jumlah produksi kendaraan bermotor di Indonesia terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Kendaraan bermotor yang paling banyak dikeluarkan oleh produsen adalah kendaraan jenis sepeda motor dengan jumlah yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis kendaraan lain.

Tabel 1.1 Produksi Kendaraan Bermotor Dalam Negeri (Unit), 2011–2015.
(Badan Pusat Statistik Indonesia, 2016: 376)

Jenis Kendaraan	2011	2012	2013	2014	2015
Sedan [1]	3.231	4.869	58.047	224.716	238.601
Jeep 4x2	530.762	695.055 [r]	842.234	761928	556.078
Jeep 4x4	27.870	45.220 [r]	24.830	26.528	29.766
Bis	4.142	4.833 [r]	4.713	4.105	3.873
Pick Up	271.943	303.293 [r]	278.387	281.246	270.462
Sepeda Motor	8.006.293	7.079.721	7.736.295 [r]	7.926.104	6.708.384
Indonesia	**8.844.241**	**8.132.991** [r]	**8.944.506** [r]	**9.224.627**	**7.807.164**

Catatan: Tahun 2013–2015 termasuk mobil hemat energi

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukannya zat, energy atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan yang dilakukan oleh manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan.

Berdasarkan Kementerian Negara Lingkungan Hidup (2006: 7) dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2006, tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor lama, bahwa untuk kendaraan bermotor kategori L tahun 2010 ke atas, nilai CO sebesar 4,5 % dan HC sebesar 2000 ppm.

Tabel 1.2 Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor
(Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2006: 7)

Kategori	**Parameter**	
	CO (%)	**HC (ppm)**
Sepeda motor (2 langkah dan 4 langkah)	4.5	2000

Aktivitas yang berpotensi sebagai sumber pencemaran udara dan menjadi penghasil polusi terbesar adalah transportasi. Polutan udara yang berbahaya bagi kesehatan manusia, hewan serta penyumbang sebagian besar penyebab pemanasan global adalah partikulat yang mengandung partikel seperti timbal/timah hitam (Pb), *suspended particulate matter* (SPM), nitrogen oksida (NOx), hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), dan oksida fotokimia (Ox), sebagaimana yang dijelaskan oleh Arifin dan Sukoco (2009: 31) bahwa “Sebagian besar polusi udara (70%) disebabkan oleh kegiatan transportasi”.

Tekanan udara masuk dan suhu merupakan parameter yang didapatkan dengan meletakkan *intake manifold* sedekat mungkin dengan keluaran (Loong dan Salim, 2013: 51). Variasi sudut kelengkungan serta panjang *intake manifold* diharapkan mampu memperlancar aliran udara serta membuat aliran udara yang masuk lebih turbulen sehingga proses pembakaran di dalam ruang bakar akan lebih sempurna. Menurut Ramelan (2015: 42) bahwa “Untuk menghasilkan pembakaran bahan bakar yang sempurna salah satunya dengan meningkatkan

homogenitas campuran bahan bakar dan udara dengan cara memberi bentuk *intake manifold*, sehingga campuran baru masuk ke dalam silinder secara berpusar".

Konsumsi bahan bakar adalah banyaknya bahan bakar yang dipakai selama proses pembakaran berlangsung dan ditentukan oleh kesempurnaan pembakaran bahan bakar yang terjadi di dalam ruang bakar (Ramelan, 2015: 42). Proses pembakaran yang sempurna yaitu bahan bakar dapat habis terbakar pada saat yang tepat sesuai dengan waktu yang dikehendaki dan terbakar secara sempurna di dalam ruang bakar yang menandakan bahwa pemakaian bahan bakar dapat dikatakan ekonomis karena dengan konsumsi bahan bakar yang sama namun dapat menghasilkan tenaga yang lebih besar.

Berdasarkan beberapa penelitian, modifikasi *intake manifold* dilakukan untuk memberikan perubahan dan pengaruh terhadap proses pembakaran serta *output* yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Budy dan Subagyo (2016: 4) pada penelitiannya yang berjudul "Pengaruh dari Penambahan Panjang dan Kebengkokan *Intake Manifold* Terhadap Daya, Torsi dan Konsumsi Bahan Bakar pada Motor Bensin Mitsubishi Cold L 300", bahwa:

> Pada *intake manifold* yang telah mengalami penambahan panjang ini mempunyai panjang saluran yang memungkinkan campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar lebih homogen saat langkah hisap. Dimana penambahan panjang *intake manipold* mempunyai bentuk penambahan sudut sehingga memungkinkan campuran bahan bakar dan udara tercampur dengan merata akibat dari aliran turbulen yang diakibatkan oleh sudut bengkok 90° pada saluran serta kerataan pada permukaan saluran penambahan panjang tersebut.

Penelitian di atas menunjukkan bahwa perubahan sudut kelengkungan dan panjang pada *intake manifold* berpengaruh terhadap aliran dan turbulensi udara yang masuk ke dalam ruang bakar serta mempengaruhi *output* berupa torsi, daya dan konsumsi bahan bakar.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan, maka masalah yang diidentifikasi pada penelitian ini adalah:

1. Perkembangan teknologi berpengaruh besar terhadap meningkatnya populasi kendaraan bermotor.
2. Penggunaan kendaraan bermotor menciptakan gas buang yang berakibat pada tingginya angka polusi dan pencemaran udara yang ada di Indonesia.
3. Menurunnya performa mesin berupa torsi dan daya yang diakibatkan oleh campuran bahan bakar dan udara yang kurang baik.
4. Tingginya penggunaan kendaraan bermotor menyebabkan tingginya pemakaian bahan bakar.
5. Konsumsi bahan bakar (fc) yang meningkat diakibatkan oleh pembakaran tidak sempurna yang diakibatkan oleh homogenitas campuran bahan bakar dan udara yang kurang baik.
6. Pembakaran yang tidak sempurna dapat meningkatkan emisi gas buang kendaraan bermotor.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah diperlukan agar pembahasan menjadi lebih spesifik dan tidak mengarah pada masalah yang tidak diangkat dalam penelitian, yaitu:

1. Modifikasi dilakukan dengan variasi besar sudut kelengkungan dan panjang saluran masuk *(intake manifold)* pada mesin 4 langkah, satu silinder, 135 CC.
2. Performa mesin yang diukur berupa torsi dan daya.
3. Konsumsi bahan bakar yang diuji adalah konsusi bahan bakar per satuan waktu *(fuel consumption).*
4. Pengujian konsentrasi gas buang terbatas pada karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC).
5. Hasil analisis menggunakan *software*, hanya terbatas untuk mengetahui kecepatan aliran yang melewati *intake manifold* standar dan variasi.
6. Analisis aliran menggunakan *software* Ansys R17.0.
7. Menggunakan bahan bakar berupa pertamax 92
8. Bahan pembuat *intake manifold* adalah aluminium.
9. Pembuatan *intake manifold* dilakukan dengan cara pengelasan.

1.4 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh sudut kelengkungan dan panjang *intake manifold* terhadap torsi dan daya pada sepeda motor Jupiter MX 135 CC?

2. Bagaimana pengaruh sudut kelengkungan dan panjang *intake manifold* terhadap konsumsi bahan bakar (fc) pada sepeda motor Jupiter MX 135 CC?
3. Bagaimana pengaruh sudut kelengkungan dan panjang *intake manifold* terhadap konsentrasi gas karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) pada mesin sepeda motor Jupiter MX 135 CC?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Mengetahui adanya pengaruh sudut kelengkungan dan panjang saluran masuk (*intake manifold)* terhadap torsi dan daya pada sepeda motor Jupiter MX 135 CC.
2. Mengetahui pengaruh sudut kelengkungan dan panjang saluran masuk (*intake manifold)* terhadap konsumsi bahan bakar (fc) pada sepeda motor Jupiter MX 135 CC.
3. Mengetahui pengaruh sudut kelengkungan dan panjang saluran masuk (*intake manifold)* terhadap emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) pada mesin sepeda motor Jupiter MX 135 CC.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian yang dilakukan adalah:

1. Manfaat teoritis, penelitian ini memberikan manfaat teoritis yaitu:
   a. Hasil penelitian dapat dijadikan sebagai bahan rujukan dan referensi peneliti lain dalam melakukan penelitian dengan topik yang sama.
   b. Menambah sumber keilmuan pada bidang akademik perguruan tinggi.

2. Manfaat praktis, penelitian ini memberikan manfaat praktis yaitu:
   a. Modifikasi pada saluran masuk *(intake manifold)* dengan variasi sudut kelengkungan dan panjang akan mempengaruhi performa mesin.
   b. Sudut kelengkungan dan panjang pada *intake manifold* akan mempengaruhi aliran campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar.
   c. Sudut kelengkungan dan panjang *intake manifold* akan mempengaruhi emisi gas buang.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Penelitian yang dilakukan oleh Fajarudin, et al. (2016: 36), dengan judul "Analisis Modifikasi *Intake Manifold* Terhadap Kinerja Mesin Sepeda Motor 4 Tak 110 CC", mendapatkan kesimpulan bahwa pemasangan *intake manifold* dengan panjang 55 mm dan diameter 17 mm, merupakan variasi yang paling maksimal untuk mendapatkan torsi dan daya yang lebih baik. Sedangkan untuk *intake manifold* dengan panjang 75 mm dan diameter 17 mm mendapatkan jenis konsumsi bahan bakar (fc) yang lebih minim dan merupakan jenis variasi yang paling berpengaruh terhadap penurunan konsumsi bahan bakar.

Kecepatan dan penurunan tekanan pada *outlet runner* menunjukkan perbedaan pusaran *(vortex)* yang terjadi di dalam silinder atau ruang bakar antara *intake manifold*, sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Aklis, et al. (2015: 1) bahwa analisis terhadap saluran masuk *(intake manifold)* yang dilakukan menggunakan *software* dan simulasi CFD menggunakan *software Solidwork* 2013 mendapatkan hasil berupa perubahan sudut dengan standar sebesar 80° menjadi variasi sudut dengan proses pengecilan besar sudut *intake manifold* menjadi 65° dan mendapatkan proses perubahan dan *vortex* yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan variasi sudut yang standar. Proses terjadinya *vortex* mempengaruhi hasil campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam ruang bakar dan juga mempengaruhi proses terjadinya pembakaran yang

akan terjadi pada ruang bakar. “Pusaran *(vortex)* dibutuhkan untuk pencampuran udara dan bahan bakar di dalam silinder atau ruang bakar” (Aklis, et al., 2015: 2)

Berdasarkan penelitian Potul, et al. (2014: 12) tentang “Analysis of Change in *Intake Manifold* Length and Development of Variable Intake System” bahwa:

> Engine performance characteristics such as brake torque, brake power, brake mean effective pressure and specific fuel consumption were taken into consideration and virtual simulation software LOTUS Engine Simulation was used to evaluate the effects of the variation in the length of intake plenum on these parameters. It was found that change in runner length had a considerable effect on the rpm atwhich peak value of torque was obtained (occurred).

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan penelitian tersebut, bahwa karakteristik kinerja mesin seperti torsi, tenaga, energi tekanan pengereman efektif, dan konsumsi bahan bakar spesifik dipertimbangkan dan perangkat lunak simulasi *Virtual Lotus Engine Simulation* digunakan untuk mengetahui pengaruh variasi panjang *plenum intake* pada parameter tersebut. Perubahan panjang *intake runner* memiliki efek yang cukup besar pada rpm dimana nilai puncak torsi diperoleh. Berdasarkan grafik simulasi, untuk meningkatkan kinerja torsi, panjang *plenum* harus diperpanjang untuk kecepatan mesin rendah dan diperpendek saat kecepatan mesin meningkat.

Penelitian yang dilakukan oleh Winarto dan Adiwibowo (2014: 196) tentang “Pengaruh Modifikasi Sudut Kelengkungan *Intake Manifold* Terhadap Performa Mesin pada Motor Empat Langkah”, mendapatkan hasil bahwa torsi optimal didapatkan dengan *intake manifold* variasi 3 sudut kelengkungan kanan

110° sebesar 3,69 kgf.m dengan persentase peningkatan 4,53% pada putaran 6000 rpm. Daya efektif optimal dengan *intake manifold* variasi 3 sudut kelengkungan kanan 110° sebesar 5,41 Ps dengan persentase peningkatan 4,58% pada putaran 7000 rpm, 3,56% pada 7500 rpm, dan 4,58% pada 8000 rpm dan tekanan efektif rata-rata optimal dengan *intake manifold* variasi 3 sudut kelengkungan kanan 110° sebesar 1,886 kg/cm^2 dengan persentase peningkatan 10,22% pada putaran 5000 rpm.

Berdasarkan penelitian tersebut, menunjukkan bahwa sudut kelengkungan *intake manifold* sebesar 110° merupakan sudut variasi yang mendapatkan hasil pengukuran torsi dan daya yang paling baik dibandingkan dengan jenis variasi yang lain. Daya dan tekanan efektif paling optimal didapatkan dengan variasi *intake manifold* yang mempunyai kelengkungan 110° dengan daya sebesar 5,41 Ps dan 1,886 kg/cm^2.

Penelitian yang dilakukan oleh Budy dan Subagyo (2016: 17) bahwa pada *intake manifold* standar daya tertinggi 10.42 HP dengan kecepatan 8980 rpm. Torsi pada *intake manifold* standar torsi tertinggi 119.9 Nm dengan kecepatan 8980 rpm. Bahan bakar yang paling irit terdapat pada *intake manifold* modifikasi sebesar 300 ml waktu tempuh 01.39.8 menit. Berdasarkan penelitian di atas, dapat disimpulkan bahwa hasil data pengujian *intake manifold* standar dan *intake manifold* modifikasi yang mengalami perubahan panjang dapat disimpulkan bahwa kelompok standar yang lebih efisien terhadap daya

Penelitian dilakukan oleh Sevrinanda dan Adiwibowo (2014: 198) tentang "Pengaruh *Intake Manifold* Modifikasi dengan Variasi Sudut Kelengkungan

Terhadap Emisi Gas Buang pada Motor Empat Langkah", mendapatkan hasil bahwa:

> Penurunan emisi CO terendah sebesar 0,38% vol dengan persentase penurunan 78,65% pada putaran 1500 rpm dengan menggunakan *Intake Manifold* variasi 3 sudut kelengkungan kanan 108°. Penurunan emisi HC terendah sebesar 276 ppm vol dengan persentase penurunan 22,90% pada putaran 9000 rpm dengan menggunakan *Intake Manifold* variasi 3 sudut kelengkungan kanan 108° dan meningkatan emisi CO_2 tertinggi sebesar 12,0% vol dengan persentase peningkatan 30,43% pada putaran 9000 rpm dengan menggunakan *Intake Manifold* variasi 3 sudut kelengkungan kanan 108°.

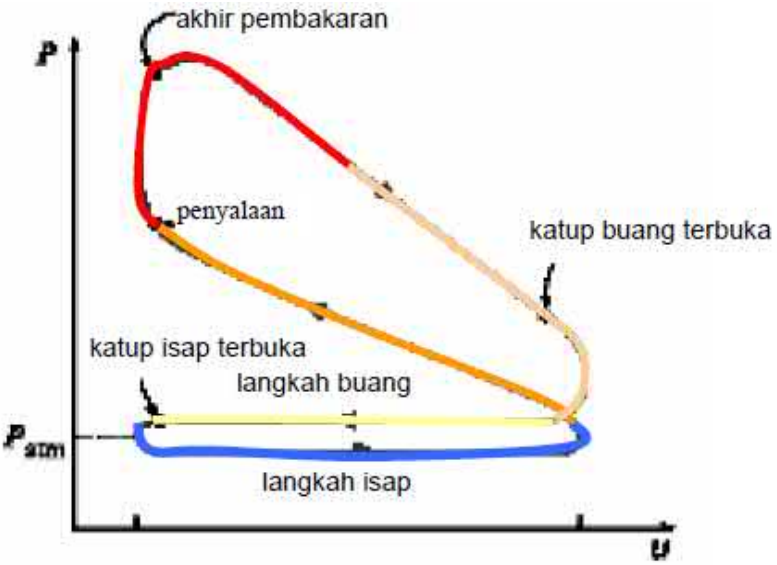
Berdasarkan hasil penelitian di atas, kendaraan dengan menggunakan *intake manifold* variasi dengan sudut kelengkungan 34°, 73° dan 108°, pembakaran yang dihasilkan jauh lebih baik dibandingkan dengan kendaraan yang menggunakan *intake manifold* standar, karena pengaruh perubahan *intake manifold* yang terjadi aliran turbulen pada ruang bakar sehingga campuran bahan bakar dan udara menjadi lebih homogen dan kesempurnaan dalam pembakaran, sehingga menurunkan konsentrasi CO dan HC serta meningkatkan konsentrasi CO_2 pada Honda Legenda tahun 2003.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mrdja, et al., (2014: 326) mengenai "Development of Continuously Variable Intake Manifold for Formula Student Racing Engine", bahwa terdapat hubungan atau korelasi antara panjang *intake runner* yang optimal dan volume *intake manifold* pada kecepatan mesin atas dan *throttle* terbuka lebar serta pengaruhnya terhadap efisiensi volumetrik dan parameter efektif mesin.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Mesin Pembakaran Dalam *(Internal Combustion Engine)*

Mesin adalah suatu alat yang merubah tenaga panas, listrik, air, dan sebagainya menjadi tenaga mekanik dan motor yang merubah tenaga panas menjadi tenaga mekanik disebut motor bakar (Utoyo, et al., 2005: 17). Mesin pembakaran dalam merupakan mesin kalor yang melakukan proses konversi zat kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi termal melalui proses pembakaran *(ignition)* dan menjadi energi mekanis dengan mekanisme pengubah gerak seperti torak, batang torak, pena torak, dan poros engkol.



Gambar 2.1 Siklus Aktual Mesin Otto
(Rahardjo, 2014: 19)

Berdasarkan siklus kerja dan jumlah langkah mesin pembakaran dalam *(internal combustion engine)* dibedakan menjadi mesin 4 langkah dan 2 langkah (Utoyo, et al., 2005: 17-18). Mesin 4 langkah, dalam dua kali putaran poros engkol menghasilkan satu siklus kerja. Sedangkan untuk mesin 2 langkah, dalam satu kali putaran poros engkol mesin sudah melakukan satu kali siklus kerja.

Tabel 2.1 Garis Besar Perbedaan Motor Bensin dan Diesel.
(Utoyo, et al., 2005: 22)

Item	Motor Diesel	Motor Bensin
Siklus Pembakaran	Siklus Sabathe	Siklus Otto
Tekanan kompresi	16-22 Kg/cm^2	9-12 Kg/cm^2
Ruang bakar	Rumit	Sederhana
Percampuran bahan bakar	Diinjeksikan pada akhir langkah	Dicampur dalam karburator
Metode penyalaan	Terbakar sendiri	Percikan busi
Bahan bakar	Solar	Bensin
Getaran suara	Besar	Kecil
Efisiensi panas (%)	30-40	22-30

2.2.2 Proses Pembakaran Motor Bensin

Bahan bakar bercampur dengan udara dalam karburator sebelum masuk ke silinder, proses yang berlangsung pada sistem bahan bakar konvensional *(conventional fuel system)*. Campuran udara yang masuk ke dalam silinder mengikuti volume dari silinder bersamaan dengan langkah hisap dan dikompresi hingga mencapai ruang bakar untuk dilakukan pembakaran oleh busi dengan percikan bunga api pada beberapa derajat sebelum piston mencapai titik mati atas (TMA). Menurut Setiyawan (2017: a) mengenai campuran bahan bakar, bahwa:

> Campuran bahan bakar dan udara harus mempunyai nilai yang tepat, campuran bahan bakar yang sempurna adalah λ 14,7 :14,7 = 1,00 campuran ideal, artinya tidak terlampau kering λ 16 : 14,7 = 1,088 (>1) ataupun terlampau basah λ 11 : 14,7 = 0,748 (<1) sebab campuran bahan bakar sangatlah berperan penting dalam kesempurnaan proses pembakaran.

Perbandingan campuran udara jika diperlukan tenaga yang maksimum berkisar antara (12-13):1, dengan pengertian bahwa campuran lebih gemuk dari campuran teoritis untuk melakukan pembakaran secara ideal. Perbandingan campuran bahan bakar dan udara yang ideal sangat dibutuhkan oleh mesin untuk

mendapatkan pembakaran yang sempurna dan jika sebagian bahan bakar tidak dapat menguap secara sempurna dan mengakibatkan campuran menjadi kurus sehingga tidak dapat terbakar dengan baik. Pembakaran sempurna terjadi apabila semua bahan bakar habis terbakar pada saat dan waktu yang dikehendaki dan dalam pembakaran bahan bakar yang terbakar habis menghasilkan tenaga yang besar (Ramelan, 2015: 43).

Reaksi pembakaran dari karbon akan menghasilkan karbon dioksida (CO_2), dengan persamaan reaksi yaitu:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

(Jayanti, et al., 2014: 1)

Persamaan diatas dapat menjelaskan bahwa pembakaran pada mesin bensin yang terjadi secara sempurna dimana semua partikel bahan bakar dapat bereaksi dengan oksigen (O_2) akan menghasilkan produk sisa berupa karbon dioksida (CO_2).

2.2.3 Fluida

Terdapat suatu kuantitas yang disebut dengan bilangan Reynolds, yang digunakan untuk menentukan apakah sebuah aliran bersifat laminer atau turbulen. Bilangan Reynolds merupakan rasio antara gaya inersia *(vsρ)* terhadap gaya viskos (μ/L) dan hubungan keduanya dengan suatu kondisi pada suatu aliran (Munson, et al., 2003: 6). Ketetapan V adalah suatu kecepatan karakteristik (kecepatan rata-rata di dalam sebuah pipa atau kecepatan *airfoil*), sedangkan L adalah suatu kecepatan karakteristik (diameter pipa atau jarak dari ujung depan

pelat datar) dan v adalah viskositas kinematik. Bilangan Reynolds tersebut dapat didefinisikan dengan:

$$Re = \frac{VL}{v}$$

(Munson, et al., 2003: 6)

Bilangan Reynolds yang lebih besar dari suatu bilangan Reynolds kritis, aliran menjadi turbulen. Jika lebih kecil dari bilangan Reynolds kritis, alirannya laminer. Aliran turbulen mempunyai kerugian yang berbanding lurus dengan kuadrat kecepatan, sedangkan untuk aliran laminer berbanding lurus dengan kecepatan rata-rata. Pembentukan aliran turbulen pada *intake manifold* akan mempengaruhi proses pemasukan udara dan bahan bakar ke dalam ruang bakar dan mempengaruhi pembakaran yang terjadi. Aliran yang masuk ke dalam ruang bakar adalah turbulen, maka campuran bahan bakar yang masuk menjadi lebih homogen sehingga terjadi pembakaran yang lebih sempurna dibandingkan dengan aliran yang laminer (Setiyawan, 2017: a).

a. Debit (Q)

Debit adalah banyaknya fluida yang mengalir dengan kecepatan tertentu (Munson, et al., 2003: 6). Jika v meter per detik dan penampang tabung mengalir berpenampang A, maka yang dimaksud dengan debit fluida adalah volume fluida yang mengalir per satuan waktu melalui pipa dengan luas penampang A dengan kecepatan sebesar v.

$$Q = A.V$$

(Munson, et al., 2003: 6)

Dengan :

Q = Debit aliran (m^3/s)

A = Luas penampang (m^2)

V = Laju aliran udara / kecepatan (m/s)

b. Efisiensi Volumetrik (VE)

Efisiensi volumetrik pada sebuah mesin torak dikatakan sebagai ukuran berapa banyak campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam silinder atau ruang bakar (Rahardjo, 2014: 27). Secara teori, banyaknya bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder sama dengan volume langkah. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perbedaan secara teori dengan kenyataan di lapangan yaitu:

1) Tekanan udara

Tekanan udara yang baik akan mengakibatkan proses masuknya udara ke dalam ruang bakar. Semakin udara yang masuk ke dalam ruang bakar mempunyai tekanan yang baik maka pembakaran akan lebih baik dan meningkatkan performa mesin. Penambahan aksesoris untuk menambah tekanan udara menggunakan *turbocharge* dan *supercharge*.

2) Temperatur

Udara yang masuk ke dalam ruang bakar harus mempunyai temperature yang sesuai dengan kebutuhan mesin. Temperature udara masuk yang rendah, akan memperlambat proses percampuran dan kemampuan oksigen untuk melakukan oksidasi terhadap bahan bakar di dalam ruang bakar.

3) Panjang saluran

Intake manifold yang sesuai dengan kebutuhan mesin akan meningkatkan kemampuan fluida untuk mengalir ke dalam ruang bakar. *Intake manifold* yang panjang, sesuai untuk kondisi jalan perkotaan, sedangkan *intake manifold* yang pendek lebih tepat digunakan untuk mesin yang mempunyai kecepatan tinggi.

4) Bentuk saluran

Bentuk saluran yang terlalu banyak kelengkungan ataupun aksesoris akan meningkatkan hambatan sepanjang aliran *intake manifold*. Penurunan tekanan dan kehilangan energi pada aliran yang melalui *intake manifold* disebabkan oleh hambatan yang terlalu bsar, sehingga aliran menjadi tidak maksimal dalam mengalir.

5) Sisa hasil pembakaran dalam silinder pada proses *overlapping* katup.

Besarnya jarak ketika kedua katup membuka bersamaan *(overlapping)* akan mengakibatkan udara baru ikut terbuang ke saluran buang dan meningatkan emisi gas buang pada mesin dan menurunkan performa mesin.

$$\eta_v = \frac{G_a}{G_i}$$

(Rahardjo, 2014: 27)

Dengan:

η_v = Efisiensi volumetrik

G_a = Udara yang masuk ke dalam silinder secara aktual (kg/jam)

G_i = Jumlah udara yang masuk ke dalam silinder secara ideal (kg/jam)

c. Head Losses

Head losses adalah kerugian tekanan yang terjadi pada aliran *internal*, sistem perpipaan dan saluran masuk termasuk kedalam aliran *internal*. *Head losses* dapat terjadi karena gesekan fluida dengan dinding pipa dan adanya hambatan pada pipa seperti kelengkungan pipa, percabangan dan katup (Budy dan Subagyo, 2016: 5).

$$hf = f\ \frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

(Budy dan Subagyo, 2016: 5)

Dimana:

h_f = *Head losses* karena gesekan (m)

f = Faktor gesekan (diperoleh berdasarkan diagram Moody)

D = Diameter pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

V = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)

g = Percepatan gravitasi sebesar 9,81 m/s^2

2.2.4 Performa Mesin

Motor bakar adalah suatu mesin yang mengkonversi atau mengubah energi yang berasal dari energi kimia yang terkandung pada bahan bakar menjadi energi mekanik pada poros motor bakar. Kemampuan motor bakar untuk mengubah energi yang masuk berupa campuran bahan bakar dan udara sehingga menghasilkan daya guna disebut dengan kemampuan mesin atau prestasi mesin. (Rahardjo, 2014: 23). Proses kerja dari mesin yang dimulai dari langkah

pemasukan sampai langkah buang dan menghasilkan daya pada poros motor mengalami beberapa tahapan dan tidak mengalami perubahan energi sampai 100%. Kerja mesin akan selalu mengalami kerugian yang dihasilkan dari proses perubahan tersebut, yang sesuai dengan hukum Termodinamika II yaitu "Tidak akan mungkin membuat sebuah mesin yang mengubah semua panas atau energi yang masuk menjadi kerja".

Gambar 2.2 Keseimbangan Energi Pada Motor Bakar
(Rahardjo, 2014: 23)

Keseluruhan dari hasil pembakaran campuran bahan bakar dan udara dirubah menjadi 25% daya yang berguna, 5% dirubah menjadi gesekan dan aksesoris, 30% pendinginan, dan 40% menjadi gas buang. Artinya, dari 100% energi bahan bakar hanya 25% daya yang berguna dari keseluruhan energi, sedangkan sisanya digunakan dan menghasilkan efek lain.

a. Torsi *(Torque)*

Torsi pada mesin diukur menggunakan alat ukur berupa *dynamometer* untuk mengetahui keluaran yang dilakukan oleh mesin. "Torsi adalah ukuran

kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi adalah suatu energi" (Rahardjo, 2014: 23). Apabila suatu benda berputar dan mempunyai besar gaya sentrifugal sebesar F dan benda berputar pada porosnya dengan jari-jari b.

$$T = F.b\ (N.m)$$

(Rahardjo, 2014: 24)

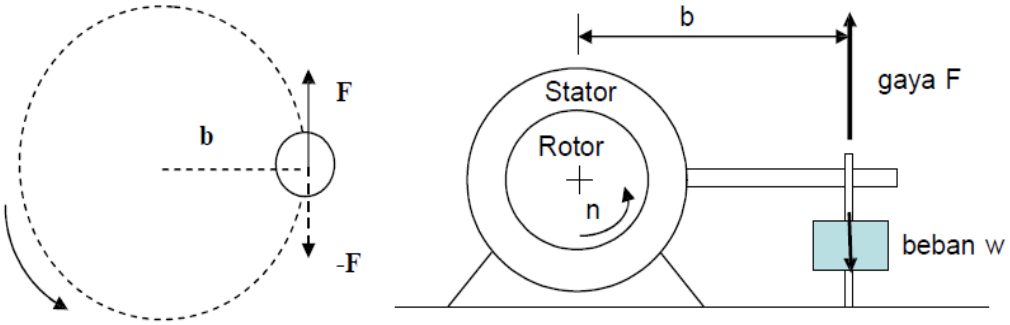
Dengan :

T = Torsi benda berputar (N.m)

F = Gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

b = Jarak benda ke pusat rotasi (m)

Torsi menyebabkan benda berputar terhadap porosnya dan benda akan berhenti jika terdapat usaha untuk melawan torsi dengan besaran yang sama dengan arah berlawanan. Berikut ini adalah skema untuk melakukan pengukuran terhadap torsi.



Gambar 2.3 Pengukuran Terhadap Torsi
(Rahardjo, 2014: 24)

Pengukuran terhadap torsi pada poros motor menggunakan alat yang dinamakan *dynamometer* dengan prinsip memberi beban perlawanan terhadap arah putaran sampai mendekati 0 rpm *(revolution per minute)*, beban yang diberikan mempunyai nilai yang sama dengan torsi poros. Pengukuran torsi pada

poros *(rotor)* dengan prinsip pengereman menggunakan *stator* dikenai beban sebesar (w), mesin dinyalakan kemudian pada poros disambung dengan *dynamometer*. Beban maksimal yang terbaca adalah gaya pengereman yang besarnya sama dengan gaya putar poros mesin F.

b. Daya

Energi yang dihasikan oleh mesin setiap satuan waktunya disebut dengan daya mesin. Energi yang diukur pada poros mesin dan diketahui dayanya disebut dengan daya poros (Rahardjo, 2014: 24). Daya dihasilkan dari pembakaran campuran bahan bakar dengan udara di dalam silinder dan biasanya disebut dengan daya indikator. Daya yang dihasilkan dikenakan pada torak yang bekerja secara bolak-balik (translasi) di dalam silinder mesin, sehingga terjadi perubahan energi dari energi kimia bahan bakar dengan proses pembakaran menjadi energi mekanik pada torak.

$$N = T.\omega$$

(Budy dan Subagyo, 2016: 6)

Dengan:

N = Daya (HP)
T = Torsi (N.m)
ω = 2Πn60 (rad/s)
n = Putaran mesin (rpm)

Daya indikator merupakan sumber tenaga per satuan waktu operasi mesin untuk mengatasi semua beban yang diterima oleh mesin (Rahardjo, 2014: 25). Selama bekerja, mesin mempunyai komponen-komponen yang saling berkaitan satu dengan yang lain membentuk kesatuan sistem dan merupakan beban yang

harus diselesaikan daya indikator. Sebagian besar daya yang dihasilkan, diserap oleh komponen-komponen lain berupa aksesoris. Perumusan dari daya dijelaskan dalam rumus berikut, dengan satuan dari daya menggunakan HP *(horse power)*.

$$N_e = N_i - (N_g + N_a) \qquad (HP)$$

(Rahardjo, 2014: 25)

Dengan:

Ne = Daya efektif atau daya poros (HP)

Ni = Daya indikator (HP)

Ng = Kerugian daya gesek (HP)

Na = Kerugian daya aksesoris (HP)

c. Konsumsi Bahan Bakar/ *Fuel Consumtion* (fc)

Besar torsi dan daya yang dihasilkan oleh sebuah mesin merupakan hasil yang diperoleh dari proses pembakaran campuran bahan bakar dan udara di dalam ruang bakar. “Konsumsi bahan bakar adalah banyaknya bahan bakar yang dipakai selama proses pembakaran berlangsung“ (Ramelan, 2015: 45). Konsumsi bahan bakar (fc) termasuk dalam indikator performa mesin yang didapatkan karena terdapat hubungan dengan kemampuan suatu mesin. Rumus yang digunakan untuk menghitung konsumsi bahan bakar (fc) adalah:

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

(Fajarudin, et al., 2016: 37)

Dengan :

Fc = Konsumsi bahan bakar (ml/s)

V = Volume bahan bakar yang digunakan (ml)

T = Waktu yang digunakan (s)

d. Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah polutan yang mengotori udara yang dihasilkan dari gas buang kendaraan bermotor dan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan. "Emisi gas buang kendaraan bermotor merupakan polutan yang memberikan kontribusi terbesar bagi pencemaran" (Sevrinanda dan Adiwibowo, 2014: 199). Gas buang terdiri dari gas yang tidak beracun seperti N_2 (nitrogen), CO_2 (karbon dioksida) dan H_2O (uap air), dan gas buang yang mempunyai efek beracun seperti NOx (nitrogen oksida), HC (hidrokarbon) dan CO (karbon monoksida). Menurut (Sharaf, 2013: 947) bahwa:

> Polutan berasal dari empat jenis sumber yaitu: (1) Sumber utama, dimana termasuk fasilitas seperti pabrik dan sumber pembangkit listrik. (2) Kendaraan, termasuk mobil, *truck* dan juga kendaraan kecil serta pesawat dan kendaraan lain yang bergerak dan melepaskan polutan ke udara. (3) Sumber *biogenic*, yang mencakup pohon dan vegetasi, gas alam dan aktivitas mikroba. (4) Daerah sumber daya yang terdiri dari sumber daya yang kecil seperti pembersih dan pengering dengan operasional yang kecil

Gas buang yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor secara garis besar tersusun dari 72% N_2, 18.1% CO_2, 8.2% H_2O, 1.2% gas argon (gas mulia), 1.1% O_2, 1.1% merupakan gas beracun yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor berupa 0.13% NOx, 0.09% HC dan 0.9% CO (Arifin dan Sukoco, 2009: 34). Berdasarkan keterangan yang didapatkan dari penelitian yang dilakukan oleh Xu

(2017: 1) bahwa “Tidak meratanya aliran pada *intake manifold* akan menghasilkan torsi tidak stabil, getaran mesin dan meningkatknya emisi gas buang serta masalah-masalah lainnya”.

Karbon Monoksida (CO)

Sifat yang dimiliki oleh gas buang CO, jika diberikan api makan akan terbakar dengan mengeluarkan asap biru dan menjadi CO_2. Karbon monoksida umumnya berasal dari kendaraan saat keadaan *idle* sebagaimana yang dijelaskan oleh Arifin dan Sukoco (2009: 38) bahwa “C*arbon monikside* (CO) berasal dari kendaraan bermotor 93%, *power* generator 7% terutama tempat sumbernya adalah pada kendaraan disaat *idling*”. Konsentrasi emisi gas buang karbon monoksida (CO) mengalami peningkatan yang disebabkan karena oksigen yang masuk ke ruang bakar terbatas dan tidak mampu mengoksidasi CO menjadi CO_2, hal ini mengakibatkan campuran bahan bakar dan udara belum bercampur dengan baik dan kurang homogen, sehingga pada proses pembakarannya kurang sempurna dan emisi CO pada kondisi tersebut meningkat (Sevrinanda dan Adiwibowo, 2014: 202).

Akibat yang ditimbulkan oleh gas buang berupa karbon monoksida akan bercampur dengan *hemoglobin* yang terdapat pada darah manusia dan menjadi *carbon oxide hemoglobin* (COHb) mengakibatkan fungsi pengaliran oksigen dalam darah akan terhalang. Kandungan karbon monksida pada darah manusia hingga mencapai 5% (dalam udara CO 40 ppm) akan menimbulkan keracunan dalam darah. Karbon monoksida yang banyaknya mncapai 0,03 % sudah merupakan racun yang berbahaya untuk udara yang dihirup oleh manusia (Arends

dan Barenschot, 1980: 73). Motor bensin lebih banyak memproduksi gas buang karbon monoksida, karena motor diesel selalu bekerja dengan udara lebih dan mengakibatkan terjadinya pembakaran yang sempurna.

Tabel 2.2 Perbandingan CO Motor Bensin dan Motor Diesel.
(Arends dan Barenschot, 1980: 73)

	Mesin bensin			Mesin diesel		
Gas buang	idle	menengah	tinggi	idle	menengah	tinggi
CO	2-6 %	3-5,5 %	0,2-1,4 %	0,2 %	0,1 %	0,1 %

Karbon yang terkandung pada bensin yang terbakar dengan sempurna, akan terjadi reaksi kimia sebagai berikut:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$

(Jayanti, et al., 2014: 1)

Pada proses pembakaran yang sempurna, hasil yang didapatkan adalah CO_2. Apabila unsur-unsur *oxygen* (O_2) tidak cukup maka akan terjadi proses pembakaran yang tidak sempurna dan *carbon* dalam bahan bakar terbakar dalam suatu proses sebgai berikut:

$$C + {}^{1}/_{2}\, O_2 \rightarrow CO$$

(Jayanti, et al., 2014: 1)

Gas karbon monoksida yang dikeluarkan oleh mesin kendaraan banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran dan jumlah percampuran antara udara dan bahan bakar yang masuk kedalam mesin (A/F), putaran rendah, derajat isian tidak sempurna dan tekanan kompresi yang rendah mengakibatkan watu pembakaran dengan pembakaran menjadi tidak sempurna (Arends dan Barenschot, 1980: 73). Gas buang yang dihasilkan pada pembakaran suatu mesin

maka diperlukan perbandingan campuran bahan bakar dan udara yang kurus *(exses air)*, namun disisi lain mengakibatkan NOx dan HC akan lebih mudah timbul dan keluaran mesin yang menjadi kurang.

Hidrokarbon (HC)

Merupakan ikatan kimia dari *carbon* (C) dengan *hidrogen* (H). Penyebab timbulnya gas buang berupa hidrokarbon merupakan 57% berasal dari kendaraan bermotor dan 43% berasal dari penyulingan minyak dan generator *power*. Berdasarkan penjelasan Jayanti, et al., (2014: 1) bahwa:

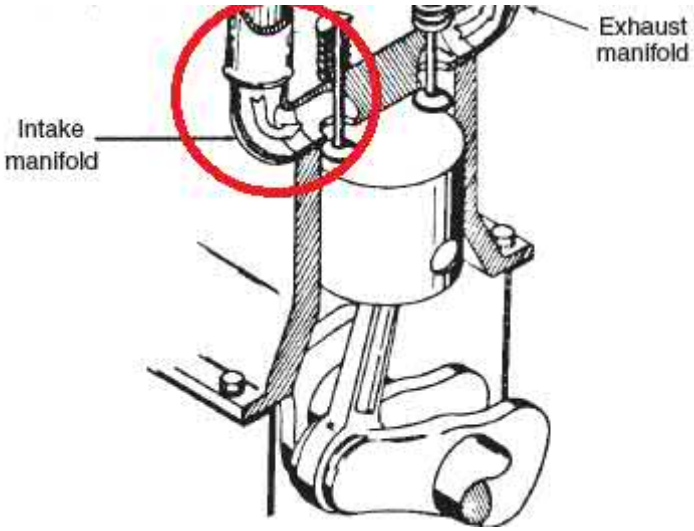
> Hidrokarbon merupakan unsur senyawa bahan bakar bensin yang ada pada gas buang adalah dari senyawa bahan bakar yang tidak terbakar habis dalam proses pembakaran motor, diukur dalam satuan *ppm (part per million)*…Tidak terbakarnya bahan bakar secara sempurna, tidak terbakarnya minyak pelumas pada silinder, merupakan salah satu penyebab munculnya emisi HC.

Penyebab timbulnya adalah: (1) Sekitar dinding ruang bakar yang bertemperatur rendah dimana temperatur tersebut tidak mampu melakukan pembakaran. (2) *Missfire* atau salah pengapian. (3) adanya *valve overlap* (kedua katup membuka bersamaan) dan merupakan proses pembilasan gas di dalam ruang bakar. Hidrokarbon aktif seperti susunan *olefine* akan menyebabkan *photo chemical smoke*, dimana *smoke* adalah gas yang tersusun antara CO, HC, dan N_2 yang jika terkena mata akan terasa pedas (Arifin dan Sukoco, 2009: 38).

2.2.5 *Intake manifold*

Saluran masuk dibuat sedemikian rupa untuk memperoleh campuran bahan bakar dan udara yang homogen, sebagaimana dijelaskan oleh Arifin dan Sukoco (2009: 114) bahwa “Saluran masuk dibuat lebih baik untuk memperbaiki

aliran *(turbulent)* dan menghasilkan pencampuran yang lebih homogen". Aliran pada saluran masuk dan saluran buang tidak stabil karena piston bergerak secara periodik dan pengaruh dari gerakan katup.



Gambar 2.4 Posisi Saluran Masuk (*Intake manifold*)
(Ferguson dan Kirkpatrick, 2016: 21)

Pembukaan dan penutupan katup masuk dan katup buang mempengaruhi gelombang kompresi yang terbatas dan gelombang tekanan yang merambat pada saluran masuk dan saluran buang. Tingkat tingginya aliran dan penurunan tekanan keluar menghasilkan penyebaran aliran yang mengalir pada percabangan *manifold* sesuai dengan yang diharapkan. Tekanan dan frekuensi pada *intake manifold* ditampilkan pada mesin yang beroperasi pada kecepatan rendah (3000 rpm) dan kecepatan tinggi (6000 rpm). “Seiring kecepatan mesin meningkat, frekuensi dan amplitudo gelombang tekanan meningkat secara proporsional” (Ferguson dan Kirkpatrick, 2016: 147). Saluran masuk mempunyai ukuran yang mempengaruhi gelombang tekanan untuk mengoptimalkan efisiensi volumetrik pada berbagai

putaran mesin. Perhitungan debit aliran, bilangan Reynold dan *head losses* pada penggunaan *intake manifold* standar (M1), yaitu:

Diketahui:

μ = $2{,}1x10^{-4}$ m^2/s

D = 29 mm / 0,29 m

L = 36 mm / 0,36 m

g = 9,81 m^2/s

f = 0,20-0,25

V = $\frac{(Stroke\ x\ RPM)}{30000} . (\frac{Bore}{D})^2 = \frac{(5{,}87\ x\ 1500)}{30000} . (\frac{54}{29})^2$ =10,188 m/s

Jawab:

1. Debit Aliran

$$Q = V.A$$

$$Q = 10{,}188 . \frac{\pi}{4} (0{,}29)^2$$

$$Q = 10{,}188 . \frac{3{,}14}{4} (0{,}29)^2$$

$$Q = 10{,}188 . \frac{3{,}14}{4} (0{,}085)$$

$$Q = 10{,}188. 0{,}785(0{,}085)$$

$$Q = 10{,}188 . 0{,}067$$

$$\boldsymbol{Q = 0{,}683\ m/s}$$

2. Bilangan Reynold

$$Re = \frac{V.D}{\mu}$$

$$Re = \frac{10{,}188 . 0{,}29}{2{,}1x10^{-4}}$$

$$Re = \frac{2{,}955}{2{,}1x10^{-4}}$$

$$\boldsymbol{Re = 14.071\ Re}$$

3. Head Losses

$$\boldsymbol{hf = f\ \frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}}$$

$$\boldsymbol{hf = 0{,}02\ \frac{0{,}36}{0{,}29}\ \frac{(10{,}188)^2}{2\ (9{,}81)}}$$

$$\boldsymbol{hf = 0{,}02\ \frac{0{,}36}{0{,}29}\ \frac{103{,}796}{19{,}62}}$$

$$\boldsymbol{hf = 0{,}02\ x\ 1{,}242\ x\ 5{,}91}$$

$$\boldsymbol{hf = 0{,}132\ m}$$

Bentuk *intake manifold* pada mesin akan mempengaruhi proses masuknya campuran bahan bakar dan udara ke dalam ruang bakar. “Pusaran dari gas (turbulensi) dapat dicapai dengan jalan memberi bentuk saluran khusus sedemikian rupa sehingga campuran baru masuk ke dalam ruang silinder dengan melalui kutupnya secara pusaran” (Arends dan Barenschot, 1980: 65). Material yang digunakan dalam pembuatan saluran masuk (*intake manifold*) adalah Aluminium AC4B, dengan pembentukan menggunakan metode cor/tuang.

2.3 Kerangka Pikir Penelitian

Performa mesin, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada mesin bensin dipengaruhi oleh proses pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar. Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan performa mesin yang maksimal, serta konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang minim yang dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu AFR *(air fuel ratio)*, aliran yang turbulen, campuran bahan bakar dan udara yang homogen, waktu pengapian yang tepat, kompresi yang baik, kualitas bahan bakar yang tahan terhadap detonasi, dan kondisi mesin yang optimal.

Aliran yang melewati *intake manifold* dapat dimanipulasi menjadi bentuk yang lebih menciptakan aliran yang turbulen dan homogen sehingga menghasilkan pembakaran yang baik di dalam ruang bakar dengan melakukan perubahan pada bentuk. *Intake manifold* dengan panjang 40 mm dan 50 mm atau lebih panjang dibandingkkan *intake manifold* standar akan menghasilka aliran udara masuk yang lebih banyak, karena penambaha panjang pada *intake manifold* akan memperbesar debit campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam

ruang bakar. Penggunaan *intake manifold* dengan panjang 30 mm akan memudahkan aliran masuk ke dalam ruang bakar, karena penggunaan *intake manifold* yang tidak terlalu panjang akan memudahkan campuran bahan bakar dan udara untuk masuk ke dalam ruang bakar pada kecepatan tinggi yang membutuhkan supai bahan bakar yang cepat.

Perubahan pada sudut kelengkungan *intake manifold* akan mempengaruhi besar hambatan yang dapat mempengaruhi aliran yang masuk ke dalam ruang bakar. Sudut kelengkungan sebesar 15° memungkinkan untuk meminimalkan habatan alir yang dapat menurunkan kehilangan tenaga pada aliran yang melewati *intake manifold*. Penggunaan sudut kelengkungan yang tidak terlalu curam akan memperlancar aliran yang mengalir ke ruang bakar dan meningkatkan kecepatan yang dapat membuat aliran menjadi turbulen.

Penggunaan *intake manifold* dengan panjang dan sudut kelengkungan yang tepat akan menciptakan aliran yang turbulen yang tepat sesuai kebutuhan mesin, sehingga menciptakan performa mesin yang maksimal berupa torsi dan daya dan menurunkan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang berupa karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC).

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan data hasil penelitian, pembahasan dan analisis tentang pengaruh sudut kelengkungan dan panjang saluran masuk (*intake manifold*) terhadap performa mesin, konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang pada sepeda motor Jupiter MX 135 CC, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan hasil pengujian, terdapat pengaruh sudut kelengkungan dan panjang *intake manifold* terhadap torsi dan daya yang dihasilkan dengan penggunan *intake manifold* M2 yang mempunyai panjang 40 mm dan sudut sebesar 30° torsi terbesar terjadi pada *intake manifold* M2 dengan sudut kelengkungan 30° dan panjang 40 mm, dengan torsi sebesar 12,08 N.m dan peningkatan sebesar 0,92 % pada putaran mesin 5500 rpm (spesifikasi pabrik) dan daya yang didapatkan sebesar 12,43 HP pada putaran mesin 8500 rpm (spesifikasi pabrik), walaupun daya terbesar didapatkan oleh *intake manifold* M4 dengan sudut kelengkungan 15° dan panjang 50 mm dengan hasil sebesar 12,66 HP dengan peningkatan sebesar 1,85 %.
2. Terdapat pengaruh sudut kelengkungan dan panjang *intake manifold* terhadap konsumsi bahan bakar yang dihasilkan, dengan penggunan *intake manifold* M2 yang mempunyai panjang 40 mm dan sudut sebesar 30°. Konsumsi bahan bakar paling rendah didapatkan pada *intake manifold* M2 dengan sudut kelengkungan 30° dan panjang sebesar 40 mm menghasilkan

konsumsi bahan bakar sebesar 0,15 liter/jam dengan penurunan sebesar 21,05 % pada putaran mesin 1500 rpm.

3. Berdasarkan penelitian, terdapat pengaruh sudut kelengkungan dan panjang *intake manifold* terhadap emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) dengan penggunan *intake manifold* M2 yang mempunyai panjang 40 mm dan sudut sebesar 30°. Penggunaan *intake manifold* M2 mampu menghasilkan emisi gas buang karbon monoksida (CO) sebesar 0,34 % vol dengan penurunan sebesar 24,44 % pada putaran mesin 1750 rpm, walaupun hasil paling rendah didapatkan oleh *intake manifold* M5 dengan sudut kelengkungan 45° dan panjang 50 mm sebesar 0,16 % vol. Gas buang hidrokarbon (HC) mendapatkan hasil paling rendah pada *intake manifold* M2 sebesar 31,6 ppm vol dengan penurunan sebesar 53,00 % pada putaran mesin 2250 rpm.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan, saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Penggunaan *intake manifold* M2 dengan sudut kelengkungan sebesar 30° dan perubahan panjang 40 mm, merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan torsi dan daya mesin. Penggunaan dan perubahan *intake manifold* harus dilandasi riset terlebih dahulu untuk mengetahui variasi paling efektif untuk jenis dan karakteristik mesin yang berbeda-beda.
2. Penggunaan *intake manifold* M2 dengan sudut kelengkungan sebesar 30° dan panjang 40 mm, dapat digunakan sebagai salah satu upaya untuk

mendapatkan konsumsi bahan bakar yang minim dan emisi gas buang yang lebih rendah pada kendaraan bermotor.

3. Penelitian yang sudah dilakukan dapat dikembangkan lagi dengan bentuk dan eksperimen *intake manifold* yang lain.
4. Perlu dilakukan pengecoran pada proses pembuatan *intake manifold*, sehingga hasil yang didapatkan lebih presisi.

DAFTAR PUSTAKA

Aklis, N., Sarjito dan A. P. Syah, 2015. Pengaruh Bentuk Runner Intake Manifold Terhadap Pola Aliran Fluida Dengan Menggunakan Computational Fluid Dynamics. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, *16* (2).

Arends, B. P. M dan H. Barenschot. 1980. *Benzine Motoren*. Vam-Voorschoten. Terjemahan Umar Sukrisno. 1980. *Motor Bensin*. Jakarta: Erlangga.

Arifin, Z. dan Sukoco. 2009. *Pengendalian Polusi Kendaraan*. Bandung. Alfabeta.

Badan Pusat Statistik Indonesia. 2016. *Statistik Indonesia 2016*. Badan Pusat Statistik.

Budy, G. dan T. Subagyo. 2016. Pengaruh Dari Penambahan Panjang Dan Kebengkokan Intake Manifold Terhadap Daya, Torsi Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Motor Bensin Midsubishi Cold L 300. *Cyber Techn*. Vol 10 No 2.

Fajarudin, R., A. Wibowo dan A. Farid. 2016. Analisa Modifikasi Intake Manifold Terhadap Kinerja Mesin Sepeda Motor 4 Tak 110cc. *Engineering*, *12*(1).

Ferguson, C. R. dan A. T. Kirkpatrick. 2016. *Internal Combustion Engines Applied Thermosciences.* Third Edition. USA. Colorado State University. John Wiley and Sons, Ltd.

Jalaluddin, A. Gani dan Darmadi. 2013. Analisis Karakteristik Emisi Gas Buang Pada Sarana Transportasi Roda Dua Kota Banda Aceh. *Jurnal Teknik Mesin Unsyiah*, *1*(4), 152-156.

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. Surabaya. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

Loong, Y. K. dan S. M. Salim, 2013. Experimentation and Simulation on the Design of Intake Manifold Port on Engine Performance.

Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2006. *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*. Jakarta: Kementerian Negara Lingkungan Hidup.

Mrdja, P., V. Petrović, S. Dinic, dan M. Kitanović. 2014. Development Of Continuously Variable Intake Manifold For Formula Student Racing Engine. *International Congress Motor Vehicles &* Motors: 326-339

Munson, B. R., Young D. F. dan Okiishi T. H. 2003. *Fundamentals of Fluid Mechanics*. Fourth Edition. Lowa State University. Lowa, USA. Terjemahan. Herinaldi dan Budiarso. 2005. *Mekanika Fluida*. Edisi Keempat. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.

Potul, S., R. Nachnolkardan dan S. Bhave. 2014. Analysis of change in intake manifold length and development of variable intake system. *International journal of scientific & technology research*, *3*(5), 223-228.

Rahardjo, W. D. 2014. *Mesin Konversi Energi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.

Ramelan, U. 2015. Peningkatan Efisiensi Bahan Bakar Dengan Metode Cyclon Melalui Pemasangan Swirling Vane Pada Sepeda Motor. Surakarta. *Jurnal Autindo Politeknik Indonusa Surakarta* Issn: 2442-7918 Vol.1 Nomor 2.

Sera, M. A. 2015. Optimasi Daya Mesin dan Konsumsi Bahan Bakar Mesin Toyota Seri 5k melalui Penggunaan Pengapian Booster. *Sinergi: Jurnal Teknik Mercu Buana*, *19*(3), 195-200.

Setiyawan, A. 2017. Analisa Sudut Kelengkungan Intake Manifold Terhadap Performa Mesin Pada Motor Empat Tak Analysis Angle Curvature Intake Manifold Against Of Performance Engine At Four Stroke Motor. *Vol. 01 No. 04* Kediri. Universitas Nusantara Pgri Kediri.

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*(01), 198-205.

Sharaf, J. 2013. Exhaust emissions and its control technology for an internal combustion engine. *International Journal of Engineering Research and Applications*, *3*(5).

Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.

Utoyo, B., M. Yulianto, Basuki, Andin, dan M. Rahino. 2005. *Pemeliharaan/Servis Engine dan Komponen-Komponennya*. Yogyakarta: Departemen Pendidikan Nasional.

Winarto, E. dan P. H. Adiwibowo, 2014. Pengaruh Modifikasi Sudut Kelengkungan Intake Manifold Terhadap Performa Mesin Pada Motor Empat Langkah. *Jurnal Teknik Mesin*, *2*(02).

Xu, J. 2017. Flow Analysis of Engine Intake Manifold Based on Computational Fluid Dynamics. in *Journal of Physics*: *Conference Series* (Vol. 916, No. 1, p. 012043). IOP Publishing.