



**UNJUK KERJA DAN EMISI GAS BUANG PADA KENDARAAN
BERMOTOR 4 TAK BERBAHAN BAKAR CAMPURAN
METHANOL – PREMIUM (M05, M10, DAN M15)**

SKRIPSI

Oleh

**Fitria Mahardika
NIM 111910101064**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**UNJUK KERJA DAN EMISI GAS BUANG PADA KENDARAAN
BERMOTOR 4 TAK BERBAHAN BAKAR CAMPURAN
METHANOL – PREMIUM (M05, M10, DAN M15)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Fitria Mahardika
NIM 111910101064**

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap puji syukur kepada Allah SWT serta dengan tulus ikhlas dan segala kerendahan hati, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Keluargaku, Ayahanda tercinta Ir. H. Seto Adi Wibowo, Ibundaku tercinta Hj. Tri Wulandari, Adikku tersayang Kiki Amelia Ramadhani dan Kresna Wahyu Wibowo, serta untuk saudara-saudaraku semua, terima kasih atas segala do'a, cinta, kasih sayang, perhatian, dukungan semangat dan materil. Terima kasih juga untuk seseorang yang kelak menjadi pendamping hidup saya baik suka maupun duka.
2. Seluruh staf pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya, terutama kepada Bapak Hary Sutjahjono, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing utama, Bapak Hari Arbiantara B, S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing anggota, Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc., selaku dosen penguji I, dan Bapak Ahmad Adib Rosyadi, S.T.,M.T., selaku dosen penguji II.
3. Pimpinan dan seluruh karyawan RAT Motorsport Surabaya, dan Honda Istana Jember yang telah memberikan tempat dan pembelajaran mengenai pengujian dynotest dan emisi gas buang.
4. Almamater Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
5. Saudaraku, Teknik Mesin 2011 Universitas Jember yang senantiasa memberikan motivasi dan semangat selama perkuliahan hingga saat ini.
6. Kepada kawan-kawan kos yang selalu mendukung dan menemani disetiap waktu, kawan-kawan Jember Backpacker yang selalu menghibur dalam segala kondisi, dan kawan-kawan Kelompok KKN 75 Kecamatan Tekung – Lumajang yang selalu memberi dukungan semangat.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”.
(Terjemahan Surat Al-Baqarah ayat 286)^{*)}

“Tahukah engkau semboyanku? Aku mau! 2 patah kata yang ringkas itu sudah beberapa kali mendukung dan membawa aku melintasi gunung keberatan dan kesusahan. Kata-kata “aku tiada dapat!” melenyapkan rasa berani. Kalimat “aku mau!” membuat kita mudah mendaki puncak gunung”.^{**)}

“Orang-orang itu telah melupakan bahwa belajar tidaklah melulu untuk mengejar dan membuktikan sesuatu, namun belajar itu sendiri, adalah perayaan dan penghargaan pada diri sendiri”.^{***)}

^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

^{**)} Kartini, R.A. diterjemahkan Pane, A. 2005. *Habis Gelap Terbitlah Terang*. Jakarta: Balai Pustaka.

^{***)} Hirata, A. 2010. *Padang Bulan*. Yogyakarta: Bentang Pustaka.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Fitria Mahardika**

NIM : **111910101064**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “UNJUK KERJA DAN EMISI GAS BUANG PADA KENDARAAN BERMOTOR 4 TAK BERBAHAN BAKAR CAMPURAN METHANOL-PREMIUM (M05, M10, DAN M15)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 18 November 2015

Yang menyatakan,

(Fitria Mahardika)

NIM 111910101064

SKRIPSI

**UNJUK KERJA DAN EMISI GAS BUANG PADA KENDARAAN
BERMOTOR 4 TAK BERBAHAN BAKAR CAMPURAN
METHANOL – PREMIUM (M05, M10, DAN M15)**

Oleh

Fitria Mahardika
NIM 111910101064

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Hary Sutjahjono, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Hari Arbiantara, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Unjuk Kerja Dan Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Bermotor 4 Tak Berbahan Bakar Campuran Methanol-Premium (M05, M10, Dan M15)*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Jumat
Tanggal : 18 Desember 2015
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,



Hary Sutjantono, S.T., M. T.
NIP 19681205 199702 1 002

Sekretaris,



Hari Arbiantara, S.T., M.T.
NIP 19670924 199412 1 001

Anggota I,



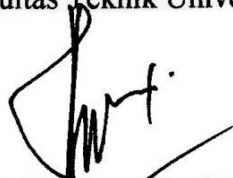
Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.,
NIP 19680617 199501 1 001

Anggota II,



Ahmad Adib R, S.T., M.T.
NIP 19850117 201212 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,



Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Unjuk Kerja Dan Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Bermotor 4 Tak Berbahan Bakar Campuran Methanol-Premium (M05, M10, Dan M15); Fitria Mahardika; 111910101064; 2015; 85 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pemakaian bahan bakar fosil saat ini masih menjadi prioritas untuk segala kebutuhan manusia. Namun seiring dengan tingginya permintaan bahan bakar fosil, jumlah ketersediaannya semakin berkurang. Hal tersebut dapat diatasi dengan penggunaan bahan bakar alternatif. Dan methanol merupakan kandidat terbaik sebagai bahan bakar campuran premium. Dengan menambahkan methanol pada premium diketahui dapat menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna.

Penelitian ini menggunakan variasi methanol sebesar 5%, 10%, dan 15% untuk campuran premium. Bahan bakar campuran akan diaplikasikan pada kendaraan uji berupa motor Honda Revo 110 yang akan diuji menggunakan *dynotest* dan *gas analyzer*.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yaitu dengan penambahan methanol dapat meningkatkan daya mesin, konsumsi bahan bakar akan menurun, dan juga gas buang yang dihasilkan akan semakin membaik. Pada unjuk kerja motor, torsi rata-rata maksimal mencapai 9,65 Nm pada 3000 rpm menggunakan M00. Daya rata-rata maksimal mencapai 6,399 kW pada putaran 7500 rpm menggunakan M15. SFCE terendah terdapat pada M10 yaitu 2,1597 kg/kW.jam. Pada parameter emisi gas buang, CO dan CO₂ dengan hasil terbaik terdapat pada M15. O₂ dan HC terendah juga diperoleh pada M15.

SUMMARY

Performance and Emissions of Spark Ignitions Engine 4 Stroke Fuelled with Methanol-Gasoline Blended Fuels; Fitria Mahardika; 111910101064; 2015; 85 pages; Department of Mechanical Engineering University of Jember.

Use of fossil fuels is still a priority for all human needs. But along with the high demand for fossil fuels make the availability decreased. This can be overcome by the use of alternative fuels. And methanol is the best candidate as gasoline fuel mixture. Adding methanol at a gasoline, are known to produce more complete combustion. The study uses a variation of 5%, 10%, and 15% methanol for gasoline mix. Fuel mixture will be applied to the test vehicle Honda Revo 110 which will be tested using dynotest and gas analyzer.

The results obtained from this research that with the addition of methanol can increase engine power, fuel consumption will decrease, and also the exhaust gas produced will be improved. On the performance of the motor, the average torque reaches a maximum of 9.65 Nm at 3000 rpm using M00. Average power reaches a maximum of 6.399 kW at 7500 rpm using the M15 round. Lowest SFCE is for the M10 are 2.1597 kg/kW.hour. The parameters of exhaust emissions, CO and CO₂ with the best results found in M15. The lowest of O₂ and HC also obtained of M15.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Unjuk Kerja Dan Emisi Gas Buang Pada Kendaraan Bermotor 4 Tak Berbahan Bakar Campuran Methanol-Premium (M05, M10, Dan M15)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Hary Sutjahjono, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak Hari Arbiantara B, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc., selaku Dosen Penguji Utama, dan Bapak Ahmad Adib Rosyadi, S.T.,M.T., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah banyak sekali memberikan saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penulisan skripsi ini;
3. Bapak Dosen Universitas Jember khususnya Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Pimpinan dan seluruh karyawan RAT Motorsport Surabaya, dan Honda Istana Jember yang memberikan kesempatan untuk menimba ilmu mengenai pengujian dynotest dan emisi gas buang;
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat

Jember, Desember 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.4.1 Tujuan	3
1.4.2 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4

2.1 Motor Bakar	4
2.1.1 Siklus Kerja Motor Bakar 4 Langkah	4
2.1.2 Siklus Ideal dan Siklus Aktual Motor Bensin 4 Langkah	8
2.2 Bahan Bakar	11
2.3 Bahan Bakar Bensin	12
2.4 Methanol	14
2.5 Campuran Bensin dan Methanol.....	15
2.6 Nilai Kalor Bahan Bakar.....	16
2.7 Unjuk Kerja Mesin Otto.....	17
2.8 Emisi Gas Buang	19
2.9 Penelitian Terdahulu	21
2.10 Hipotesa.....	23
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Metode Penelitian.....	24
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	24
3.2.1 Tempat Penelitian.....	24
3.2.2 Waktu Penelitian	24
3.3 Alat dan Bahan.....	24
3.3.1 Alat.....	24
3.3.2 Bahan	27
3.4 Prosedur Penelitian.....	27
3.4.1 Prosedur Pencampuran Bahan Bakar	27
3.4.2 Prosedur Pengujian.....	28

3.4.3 Akhir Pengambilan Data	30
3.5 Analisa Data	31
3.6 Tabel Hasil Penelitian	32
3.7 Diagram Alir Penelitian	33
3.8 Jadwal Kegiatan Penelitian	34
3.9 Skema Alat Uji	35
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Pembahasan dan Analisa	36
4.1.1 Analisa Torsi Rata-rata Pada Gigi Tiga	36
4.1.2 Analisa Torsi Pada Semua Pengujian	42
4.1.3 Analisa Daya Rata-rata Pada Gigi Tiga	43
4.1.4 Analisa Daya Pada Semua Pengujian	49
4.1.5 Analisa Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	51
4.1.6 Analisa Emisi Gas Buang	52
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Siklus Kerja Motor Empat Langkah.....	5
2.2 Langkah Hisap.....	5
2.3 Langkah Kompresi	6
2.4 Langkah Usaha	7
2.5 Langkah Buang.....	7
2.6 Keseimbangan Energi Pada Motor Bakar	8
2.7 Siklus Ideal Motor Bakar 4 Langkah.....	9
2.8 Perbandingan Siklus Ideal dan Aktual Mesin Bensin	10
3.1 Kendaraan Uji.....	25
3.2 Alat Uji Dynotest.....	26
3.3 Alat Uji Gas Analyzer	27
3.4 Proses <i>Mixing</i> Bahan Bakar.....	28
3.5 Proses Penyusunan Kendaraan Uji Pada <i>Dyno Tester</i>	29
3.6 Proses Peletakan Sensor Emisi	30
3.7 Diagram Alir Penelitian.....	33
3.8 Skema Alat Uji	35
4.1 Grafik Torsi Rata-rata Dari 3kali Pengambilan Data dengan Menggunakan Bahan Bakar M00 Terhadap Putaran Mesin.....	36
4.2 Grafik Torsi Rata-rata Dari 3kali Pengambilan Data dengan Menggunakan Bahan Bakar M05 Terhadap Putaran Mesin.....	38

4.3	Grafik Torsi Rata-rata Dari 3kali Pengambilan Data dengan Menggunakan Bahan Bakar M10 Terhadap Putaran Mesin.....	39
4.4	Grafik Torsi Rata-rata Dari 3kali Pengambilan Data dengan Menggunakan Bahan Bakar M15 Terhadap Putaran Mesin.....	41
4.5	Grafik Perbandingan Torsi Rata-rata Bahan Bakar M00, M05, M10, dan M15	42
4.6	Grafik Daya Rata-rata Dari 3kali Pengambilan Data dengan Menggunakan Bahan Bakar M00 Terhadap Putaran Mesin.....	44
4.7	Grafik Daya Rata-rata Dari 3kali Pengambilan Data dengan Menggunakan Bahan Bakar M05 Terhadap Putaran Mesin.....	45
4.8	Grafik Daya Rata-rata Dari 3kali Pengambilan Data dengan Menggunakan Bahan Bakar M10 Terhadap Putaran Mesin.....	46
4.9	Grafik Daya Rata-rata Dari 3kali Pengambilan Data dengan Menggunakan Bahan Bakar M15 Terhadap Putaran Mesin.....	48
4.10	Grafik Perbandingan Daya Rata-rata Bahan Bakar M00, M05, M10, dan M15	49
4.11	Grafik Perbandingan Daya Rata-rata Pada Putaran 7500 Bahan Bakar M00, M05, M10, dan M15.....	50
4.12	Grafik Perbandingan SFCE Menggunakan Bahan Bakar M00, M05, M10, dan M15.....	52
4.13	Grafik Perbandingan Emisi Gas Buang CO dan CO ₂ Menggunakan Bahan Bakar M00, M05, M10, dan M15	53
4.14	Grafik Emisi Gas Buang O ₂ Menggunakan Bahan Bakar M00, M05,	

	M10, dan M15	54
4.15	Grafik Emisi Gas Buang HC Menggunakan Bahan Bakar M00, M05, M10, dan M15	55



DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Jenis Gasolin dan Kandungannya.....	13
2.2 Sifat – Sifat Fisika dan Kimia Methanol	14
2.3 RON Campuran Methanol – Bensin.....	16
3.1 Data Pengujian Unjuk Kerja Motor Bensin.....	32
3.2 Jadwal Penelitian	34

DAFTAR LAMPIRAN

A. PERHITUNGAN.....	61
A.1 Perhitungan unjuk kerja motor menggunakan bahan bakar M00	61
A.2 Perhitungan unjuk kerja motor menggunakan bahan bakar M05	62
A.3 Perhitungan unjuk kerja motor menggunakan bahan bakar M10	63
A.4 Perhitungan unjuk kerja motor menggunakan bahan bakar M15	64
A.5 Perhitungan Reaksi Pembakaran	65
A.5 Perhitungan LHV dan HHV	65
B. TABEL DAN DATA	69
B.1 Tabel daya efektif bahan bakar M00	69
B.2 Tabel daya efektif bahan bakar M05	70
B.3 Tabel daya efektif bahan bakar M10	71
B.4 Tabel daya efektif bahan bakar M15	72
B.5 Tabel daya efektif rata-rata semua bahan bakar	73
B.6 Tabel torsi efektif bahan bakar M00	74
B.7 Tabel torsi efektif bahan bakar M05	75
B.8 Tabel torsi efektif bahan bakar M10	76
B.9 Tabel torsi efektif bahan bakar M15	77

B.10 Tabel torsi efektif rata-rata semua bahan bakar	78
B.11 Tabel FC dan SFCE	79
B.12 Tabel Emisi	81
C. GAMBAR – GAMBAR PENELITIAN	82
C.1 Gambar alat dan bahan <i>mixing</i>	82
C.2 Proses <i>mixing</i>	82
C.3 Proses peletakan kendaraan uji pada <i>dyno test</i>	83
C.4 Mengatur volume bahan bakar dari <i>buret</i>	83
C.5 Proses pengambilan data pada alat uji <i>gas analyzer</i>	84
C.6 Proses uji emisi menggunakan alat uji <i>gas analyzer</i>	84

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pemanasan global (*global warming*) merupakan salah satu masalah dunia yang sampai saat ini belum dapat diselesaikan. Hal ini terjadi dikarenakan jumlah gas karbon dioksida yang semakin banyak di atmosfer bumi. Dan kenaikan gas karbon dioksida di atmosfer disebabkan beberapa hal, diantaranya penebangan hutan secara besar – besaran, kesadaran manusia yang rendah untuk menanam pohon, pembakaran sampah, dan pemakaian bahan bakar fosil yang semakin besar.

Pemakaian bahan bakar fosil saat ini masih menjadi prioritas untuk segala kebutuhan manusia, diantaranya untuk kegiatan industri, pembangkit listrik dan bahan bakar kendaraan bermotor. Tingkat ekonomi yang lebih baik menyebabkan jumlah kendaraan bermotor meningkat tajam, sehingga asap pembakaran yang dihasilkan menjadi salah satu penyumbang gas karbon dioksida yang besar.

Proses pembakaran bahan bakar pada motor bakar menghasilkan gas buang yang secara teoritis mengandung unsur CO, NO₂, HC, C, CO₂, H₂O, dan N₂, dimana banyak mencemari lingkungan dalam bentuk polusi udara. Unsur CO dan HC yang berpengaruh bagi kesehatan makhluk hidup perlu mendapatkan kajian khusus, karena unsur CO dan HC hasil pembakaran bersifat racun bagi darah manusia pada saat pernafasan sebagai akibat berkurangnya oksigen pada jaringan darah. Jika jumlah CO dan HC sudah mencapai jumlah tertentu atau jenuh di dalam tubuh maka akan menyebabkan kematian (Romadoni, 2011).

Standar baku yang dikeluarkan oleh pemerintah, sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No: KEP-35/MENLH/10/1993 mengenai ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor yaitu sebesar 4,5% CO & 3000 ppm HC untuk sepeda motor dua tak, 4,5% CO & 2400 ppm HC untuk sepeda motor empat tak, dan 4,5% CO & 1200 ppm HC selain sepeda motor dua tak (Romadoni, 2011). Dengan standar baku demikian, maka perlu dicarikan solusi untuk menemukan bahan bakar alternatif yang menghasilkan gas buang lebih baik dari segi kualitas.

Methanol (CH_3OH) merupakan kandidat terbaik diantara bahan bakar alternatif untuk motor bensin (*spark ignition engine*) karena berbentuk cairan dan memiliki beberapa sifat fisika serta pembakaran yang sama dengan bahan bakar bensin (Ozsezen et al, dalam Albana, 2013). Dan juga dengan ditamhkannya methanol dapat memperpanjang jangka waktu konsumsi bahan bakar. Methanol juga mempunyai karakteristik sebagai bahan bakar dan terkenal di dunia balap mobil karena methanol dapat menghasilkan tenaga yang besar, angka oktan yang tinggi, dan efek pendinginan yang baik (Arijanto dan Kurdi, 2007). Methanol bisa dihasilkan dari gas alam, gasifikasi batu bara, kayu, jerami, batang tumbuh – tumbuhan, bahkan dari sampah yang mudah terbakar, dimana semua itu ketersediaannya melimpah (Bromberg et al, dalam Albana, 2013). Menilai dari berbagai kelebihan methanol menjadi bahan bakar dapat diaplikasikan dalam penelitian berikut. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dianalisa komposisi terbaik pencampuran premium – methanol yang menghasilkan kadar emisi gas buang terbaik dan berpotensi menjadi bahan bakar alternatif untuk kendaraan bermotor 4 tak.

1.2. Rumusan masalah

Dalam penelitian ini ada beberapa hal yang menjadi rumusan masalah diantaranya:

1. Bagaimana unjuk kerja motor berbahan bakar M00, M05, M10 dan M15.
2. Bagaimana kadar emisi gas buang motor berbahan bakar M00, M05, M10 dan M15.

1.3. Batasan Masalah

Berdasarkan uraian rumusan masalah tersebut, maka pembahasan pada skripsi ini meliputi:

1. Methanol yang digunakan adalah methanol dengan kadar 99%.
2. Pengujian dilakukan pada suhu ruang yang dianggap tetap.
3. Methanol dibeli di satu tempat dan satu waktu.

4. Bahan bakar premium dibeli di SPBU di satu tempat dan satu waktu.

1.4. Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dan manfaat dari penelitian dan pembahasan ini adalah sebagai berikut:

1.4.1. Tujuan

1. Memperoleh perbandingan unjuk kerja motor bakar berbahan bakar premium dengan variasi campuran bahan bakar M05, M10, dan M15.
2. Memperoleh perbandingan kadar emisi gas buang pada motor bakar berbahan bakar premium dengan variasi campuran bahan bakar M05, M10, dan M15.

1.4.2. Manfaat

1. Dapat menambah pengetahuan mengenai pengolahan bahan bakar alternatif.
2. Sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan methanol.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Bakar

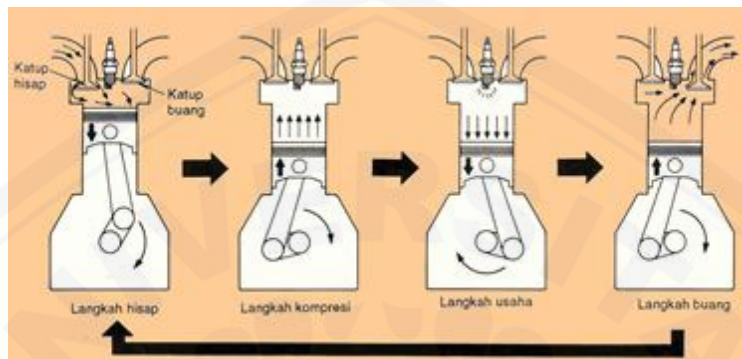
Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai. Dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik. Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya. Mesin yang bekerja dengan cara seperti tersebut disebut mesin pembakaran dalam. Adapun mesin kalor yang cara memperoleh energi dengan proses pembakaran di luar disebut mesin pembakaran luar. Sebagai contoh mesin uap, dimana energi kalor diperoleh dari pembakaran luar, kemudian dipindahkan ke fluida kerja melalui dinding pemisah.

Keuntungan dari mesin pembakaran dalam dibandingkan dengan mesin pembakaran luar adalah konstruksinya lebih sederhana, tidak memerlukan fluida kerja yang banyak dan efisiensi totalnya lebih tinggi. Sedangkan mesin pembakaran luar keuntungannya adalah bahan bakar yang digunakan lebih beragam, mulai dari bahan bakar padat sampai bahan-bakar gas, sehingga mesin pembakaran luar banyak dipakai untuk keluaran daya yang besar dengan bahan bakar murah. Pembangkit tenaga listrik banyak menggunakan mesin uap. Untuk kendaraan transport mesin uap tidak banyak dipakai dengan pertimbangan konstruksinya yang besar dan memerlukan fluida kerja yang banyak (Saputro, 2011).

2.1.1 Siklus Kerja Motor Bakar 4 Langkah

Motor bakar bekerja melalui mekanisme langkah yang terjadi berulang – ulang atau periodik sehingga menghasilkan putaran pada poros engkol (Saputro, 2011). Torak bergerak naik turun di dalam gerakan *reciprocating*. Titik tertinggi yang dicapai oleh torak tersebut disebut titik mati atas (TMA) dan titik terendah disebut titik mati bawah (TMB). Gerakan dari TMA ke TMB disebut langkah torak (stroke). Pada motor empat langkah mempunyai empat langkah dalam satu gerakan yaitu

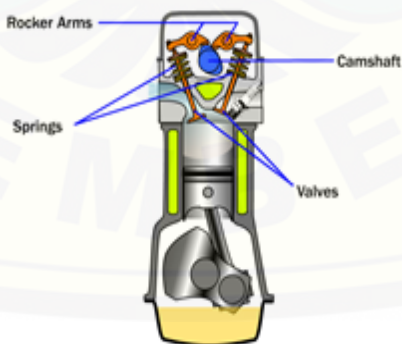
langkah penghisapan, langkah kompresi, langkah kerja, dan langkah pembuangan. Permana (2014) mengatakan, adapun prinsip kerja dari motor empat langkah adalah sebagai berikut.



Gambar 2.1 Siklus Kerja Motor Empat Langkah
(Sumber: Permana, 2014)

a. Langkah Hisap

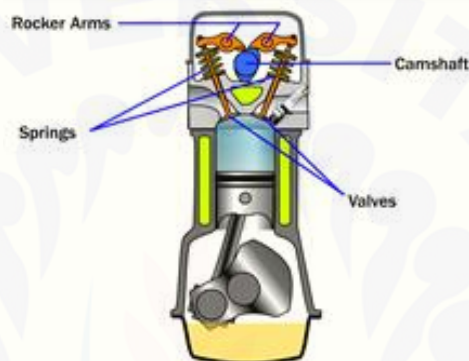
Piston bergerak dari TMA ke TMB. Dalam langkah ini, campuran udara dan bahan bakar dihisap ke dalam silinder. Katup hisap terbuka sedangkan katup buang tertutup. Waktu piston bergerak ke bawah, menyebabkan ruang silinder menjadi vakum, masuknya campuran udara dan bahan bakar ke dalam silinder disebabkan adanya tekanan udara luar (*atmospheric pressure*).



Gambar 2.2 Langkah Hisap
(Sumber: Permana, 2014)

b. Langkah Kompresi

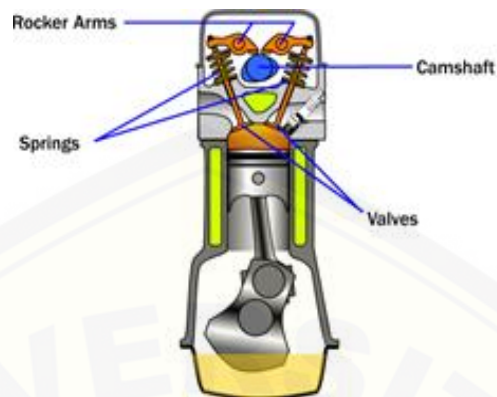
Piston bergerak dari TMB ke TMA. Dalam langkah ini, campuran udara dan bahan bakar dikompresikan / dimampatkan. Katup hisap dan katup buang tertutup. Waktu torak mulai naik dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) campuran udara dan bahan bakar yang dihisap tadi dikompresikan. Akibatnya tekanan dan temperaturnya menjadi naik, sehingga akan mudah terbakar.



Gambar 2.3 Langkah Kompresi
(Sumber: Permana, 2014)

c. Langkah Usaha

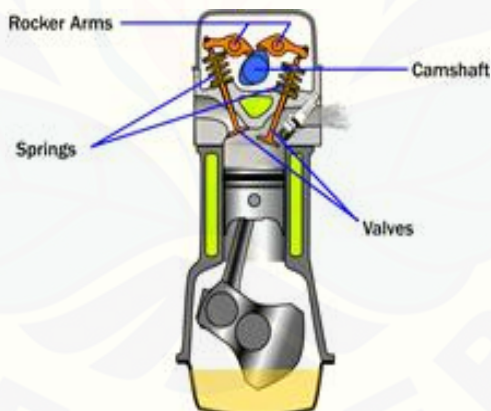
Piston bergerak dari TMA ke TMB. Dalam langkah ini, mesin menghasilkan tenaga untuk menggerakkan kendaraan. Sesaat sebelum torak mencapai TMA pada saat langkah kompresi, busi member loncatan bunga api pada campuran yang telah dikompresikan. Dengan terjadinya pembakaran, kekuatan dari tekanan gas pembakaran yang tinggi mendorong torak ke bawah. Usaha ini yang menjadi tenaga mesin (*engine power*).



Gambar 2.4 Langkah Usaha
(Sumber: Permana, 2014)

d. Langkah Buang

Piston bergerak dari TMB ke TMA. Dalam langkah ini, gas yang terbakar dibuang dari dalam silinder. Katup buang terbuka, piston bergerak dari TMB ke TMA mendorong gas bekas pembakaran ke luar dari silinder.

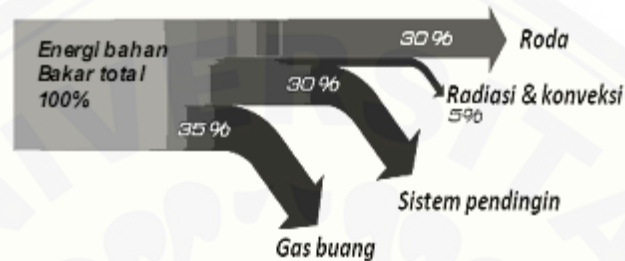


Gambar 2.5 Langkah Buang
(Sumber: Permana, 2014)

Proses perubahan energi dari mulai proses pembakaran sampai menghasilkan daya pada poros motor bakar melewati beberapa tahapan dan tidak mungkin perubahan energi yang dicapai 100 %. Selalu ada kerugian yang dihasilkan dari selama proses perubahan, hal ini sesuai dengan hukum termodinamika kedua yaitu

tidak mungkin membuat sebuah mesin yang mengubah semua panas atau energi yang masuk menjadi kerja (Farouk dalam Ikhwanudin, 2015).

Energi yang lainnya dipakai untuk menggerakkan asesoris atau peralatan bantu, kerugian gesekan dan sebagian terbuang ke lingkungan sebagai panas gas buang dan melalui air pendingin. Dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.3 Keseimbangan Energi Pada Motor Bakar SIE

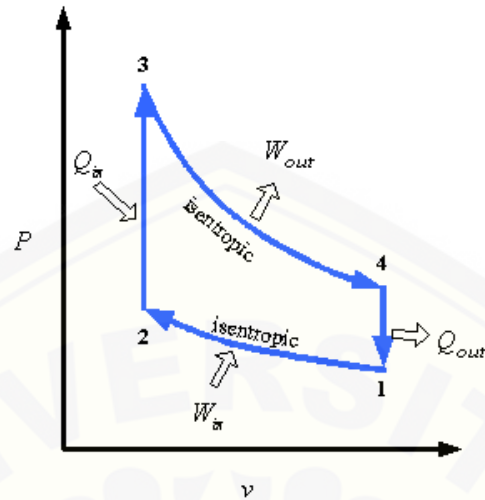
(sumber: Anfarozzi, 2013)

2.1.2 Siklus Ideal dan Siklus Aktual Motor Bensin 4 Langkah

Pratama (2014) mengatakan, proses teoritis (ideal) motor bensin adalah proses yang bekerja berdasarkan siklus otto dimana proses pemasukan kalor berlangsung pada volume konstan. Beberapa asumsi yang ditetapkan dalam hal ini adalah :

- 1) Kompresi berlangsung isentropis
- 2) Pemasukan kalor pada volume konstan dan tidak memerlukan waktu
- 3) Ekspansi isentropis
- 4) Pembuangan kalor pada volume konstan
- 5) Fluida kerja udara adalah dengan sifat gas ideal dan selama proses, panas jenis konstan.

Efisiensi siklus aktual jauh lebih rendah dibandingkan dengan siklus teoritis karena berbagai kerugian pada operasi mesin secara aktual yang disebabkan oleh beberapa kasus penyimpangan.

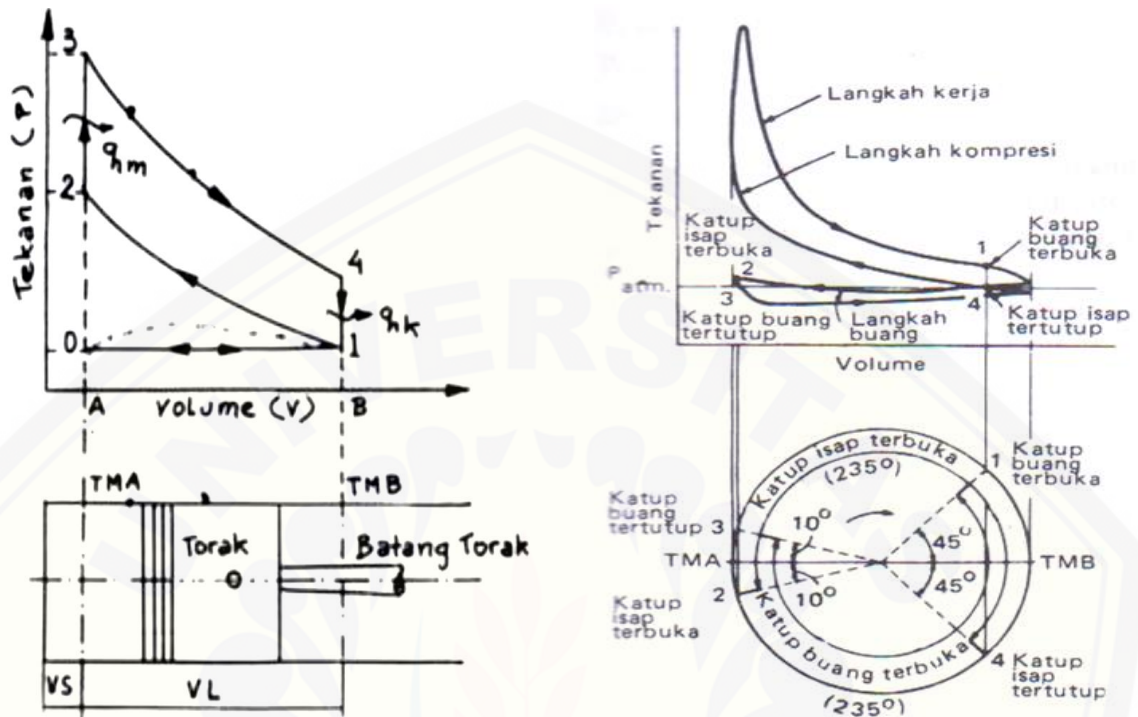


Gambar 2.7. Siklus Ideal Motor Bakar 4 Langkah.

(Sumber: Pratama, 2014)

Keterangan :

- 0-1 : Pemasukan BB pada P konstan
- 1-2 : Kompresi isentropis
- 2-3 : Pemasukan kalor pada V konstan
- 3-4 : Ekspansi isentropis
- 4-1 : Pembuangan kalor pada V konstan
- 1-0 : Pembuangan gas buang pada P konstan



Gambar 2.8. Perbandingan Siklus Ideal dan Aktual Mesin Bensin.

(Sumber: Arismunandar, 2002:31)

Beberapa penyimpangan dari siklus ideal terjadi karena beberapa faktor yaitu :

- Kebocoran fluida kerja karena penyekatan oleh cincin torak dan katup yang tidak dapat sempurna;
- Katup tidak dapat terbuka dan tertutup tepat pada saat TMA dan TMB karena pertimbangan dinamika mekanisme katup dan kelembaman fluida kerja, kerugian itu dapat diperkecil bila saat pembukaan dan penutupan katup disesuaikan besarnya beban dan kecepatan torak;
- Fluida kerja bukanlah udara yang dapat dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan selama proses siklus berlangsung;
- Pada motor bakar yang sebenarnya, pada waktu torak berada di TMA tidak terdapat proses pemasukan kalor seperti pada siklus udara. Pemasukan

kalor disebabkan oleh proses pembakaran antara bahan bakar dan udara dalam silinder;

- e) Proses pembakaran memerlukan waktu untuk memulai pembakaran. Pembakaran berlangsung pada volume ruang bakar yang berubah-ubah karena gerakan torak. Dengan demikian, proses pembakaran harus dimulai beberapa derajat sudut engkol sesudah torak bergerak kembali dari TMA menuju TMB. Jadi pembakaran tidak dapat berlangsung pada volume dan tekanan konstan. Kenyataan pembakaran tidak pernah terjadi pada kondisi sempurna;
- f) Terjadi kerugian kalor yang disebabkan karena perpindahan kalor fluida kerja ke fluida pendingin terutama pada langkah kompresi, ekspansi, dan gas buang meninggalkan silinder, perpindahan kalor tersebut dikarenakan perbedaan temperature antara fluida kerja dengan fluida pendingin;
- g) Terdapat kerugian energi kalor yang dibawa oleh gas buang dari dalam silinder ke atmosfer sekitarnya. Energi tersebut tidak dapat dimanfaatkan untuk melakukan kerja mekanik;
- h) Terdapat kerugian karena gesekan antara fluida kerja dengan dinding salurannya (Permana, 2014).

2.2 Bahan Bakar

Menurut Pratama (2014), ditinjau dari sudut teknis dan ekonomis, bahan bakar diartikan sebagai bahan yang apabila dibakar dapat meneruskan proses pembakaran tersebut dengan sendirinya, disertai dengan pengeluaran kalor. Bahan bakar dibakar dengan tujuan untuk memperoleh kalor tersebut, untuk digunakan baik secara langsung maupun tak langsung. Sebagai contoh penggunaan kalor dari proses pembakaran secara langsung. Beberapa macam bahan bakar yang dikenal adalah:

- a. Bahan bakar fosil, seperti: batubara, minyak bumi, dan gas bumi.

- b. Bahan bakar nuklir, seperti: uranium dan plutonium. Pada bahan bakar nuklir, kalor diperoleh dari hasil reaksi rantai penguraian atom – atom melalui peristiwa radioaktif.
- c. Bahan bakar lain, seperti: sisa tumbuh – tumbuhan, minyak nabati, dan minyak hewani.

2.3 Bahan Bakar Bensin

Bensin berasal dari kata *benzene* (C_8H_{18}) adalah senyawa organik (iso oktana dan normal heptana) yang dibutuhkan dalam proses pembakaran. Bensin merupakan hasil dari proses destilasi minyak bumi menjadi fraksi yang diinginkan.

Bensin digunakan sebagai bahan bakar harus memiliki nilai oktan yang cukup tinggi dan memiliki kandungan bahan yang berbahaya seperti timbale, sulfur, dan senyawa – senyawa nitrogen yang dapat menimbulkan kerusakan terhadap lingkungan dan kesehatan.

Bensin yang saat ini diproduksi oleh Pertamina ada beberapa jenis dengan variasi angka oktan yang berbeda – beda, meliputi:

1. Premium (angka oktan 88)
2. Pertamax (angka oktan 92)
3. Pertamax plus (angka oktan 95)

Gasolin yang digunakan sebagai bahan bakar motor harus memenuhi beberapa spesifikasi. Hal ini ditujukan untuk meningkatkan efisiensi pembakaran pada mesin dan mengurangi dampak negatif dari gas buangan hasil pembakaran bahan bakar yang dapat menimbulkan berbagai masalah lingkungan dan kesehatan.

Gasolin yang digunakan sebagai bahan bakar harus memenuhi spesifikasi yang berlaku di Indonesia pada saat ini, sebagaimana ditetapkan pemerintah melalui surat keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi No. 22K/72/DDJM/1990 dan No. 18K/72/DDJM/1990 (Sulistiono, 2010).

Nilai oktan yang harus dimiliki oleh gasoline yang digunakan sebagai bahan bakar ditampilkan dalam tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Jenis Gasolin dan Kandungannya

No	Jenis Bensin	Angka Oktan Minimum	Kandungan Timbal
1	Premium 88	88 RON	0,3 g/l
2	Premix 94	94 RON	0,3 g/l
3	Super TT	95 RON	0,005
4	Prima TT	98 RON	0,005

Sumber: Sulistiono, Feri (2010)

Menurut Permana (2014), karakteristik umum yang perlu diketahui untuk menilai kinerja dari bahan bakar bensin antara lain:

1. Bensin (gasoline) C_8H_{18}
2. Mudah menguap pada temperatur normal
3. Tidak berwarna, tembus pandang, dan berbau
4. Mempunyai titik nyala rendah ($-10^{\circ}C$ sampai $-15^{\circ}C$)
5. Mempunyai berat jenis yang rendah ($0,6 - 0,78 \text{ gr/mm}^3$)
6. Mempunyai nilai oktan 88
7. Dapat melarutkan oli dan karet
8. Menghasilkan jumlah panas yang besar ($9.500 - 10.500 \text{ kcal/kg}$)
9. Sedikit meninggalkan karbon setelah dibakar

Di dalam mesin, campuran udara dan bensin (dalam bentuk gas) ditekan oleh piston sampai dengan volume yang sangat kecil dan kemudian dibakar oleh percikan api yang dihasilkan busi. Karena besarnya tekanan ini, campuran udara bensin juga dapat terbakar secara spontan sebelum percikan api dari busi keluar. Bilangan oktan suatu bensin memberikan informasi kepada kita tentang seberapa besar tekanan yang biasa diberikan sebelum bensin tersebut terjadi pembakaran secara spontan. Jika campuran gas ini terbakar karena tekanan yang tinggi (dan bukan karena percikan api dari busi), maka akan terjadi knocking atau ketukan didalam mesin. Knocking ini

akan menyebabkan mesin cepat rusak, sehingga hal ini harus kita hindari (Pratama, 2014).

2.4 Methanol

Methanol adalah senyawa alkohol dengan rantai yang paling sederhana, bersifat cair, memiliki kalori mendekati bahan bakar minyak, dan proses pembuatannya sudah bisa disintesis, sehingga masalah persediaan bukan perkara yang sulit (Kurdi dan Arijanto, 2007). Titik didih methanol sekitar $64,7^{\circ}\text{C}$ dan methanol memiliki satu gugus OH dalam molekulnya. Methanol (CH_3OH) mempunyai keuntungan lebih mudah bereaksi/lebih stabil dibandingkan dengan etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Oksigen yang inheren di dalam molekul methanol tersebut membantu mempercepat pembakaran antara campuran udara dengan bahan bakar di dalam silinder. Tentunya methanol menjadi mudah bereaksi dengan oksigen, sehingga memerlukan suhu lingkungan yang rendah untuk terjadi pembakaran. Titik didih metanol berada pada $64,7^{\circ}\text{C}$ dengan panas pembentukan (cairan) $-239,03$ kJ/mol pada suhu 25°C . Metanol mempunyai panas fusi 103 J/g dan panas pembakaran pada 25°C sebesar $22,662$ J/g. Tegangan permukaan metanol adalah $22,1$ dyne/cm sedangkan panas jenis uapnya pada 25°C sebesar $1,370$ J/(gK) dan panas jenis cairannya pada suhu yang sama adalah $2,533$ J/(gK) (Spencer dalam Ramadhan, 2015). Berikut ini sifat – sifat fisik dan kimia methanol ditunjukkan pada tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Sifat – Sifat Fisika dan Kimia Methanol

Karakteristik	Nilai
Massa Molar	32.04g/mol
Wujud Cairan	Tidak berwarna
Specific Gravity	0.7918
Titik Leleh	-97°C, -142.9°F (176 K)
Titik Didih	64.7°C, 148,4°F (337.8 K)
Kelarutan dalam air	Sangat larut
Keasaman (pKa)	~15.5

Sumber: Perry (1984)

Methanol dapat diproduksi dari dua macam metoda yaitu metoda alamiah dengan cara ekstraksi atau fermentasi, dan metoda sintesis gas hidrogen dan karbon dioksida atau oksidasi hidrokarbon atau dengan cara elektro/radiasi sintesis gas karbon dioksida. Methanol dapat diproduksi dari berbagai macam bahan baku seperti gas alam, dan batu bara. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa methanol paling ekonomis diproduksi dari gas alam sekitar 0,736 USD/galon sedangkan batu bara sekitar 1,277 USD/galon. Perusahaan penghasil methanol di Indonesia diantaranya adalah Pertamina dan PT. Kaltim Methanol Industry (PT. KMI) dengan bahan baku gas alam. Pabrik methanol Pertamina di Pulau Bunyu dengan kapasitas produksi sekitar 220 juta galon/tahun. Produksi methanol dari Indonesia diperuntukkan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri antara 167.000 – 834.000 galon per bulan selebihnya diekspor ke Amerika, Korea, Jepang, dan Taiwan. Saat ini kapasitas produksi methanol dunia diperkirakan sekitar 12,5 milyar galon (37,5 juta ton) per tahun. Jika dilihat dari jumlah ini maka produksi methanol Indonesia hanya sekitar 2,67% dari produksi dunia (Saputro, 2011).

Methanol umumnya digunakan sebagai bahan baku untuk berbagai macam produk petrokimia, sintesis kimia (misal: formaldehid, asam asetat, metil amina) dan bahan bakar mesin bakar internal pada kendaraan bermotor yang sudah dikenal sejak

tahun 1960-an. Sekarang methanol akan mulai diterapkan sebagai bahan bakar kendaraan *fuel cell*. Secara ekonomi methanol mempunyai dampak yang cukup berarti terhadap perkembangan dunia karena dapat menyumbangkan pendapatan 12 milyar USD per tahun dan dapat menciptakan lebih dari 100.000 lapangan kerja (Saputro, 2011).

2.5 Campuran Bensin dan Methanol

Methanol adalah senyawa alkohol dengan rantai yang paling sederhana, bersifat cair, memiliki kalori mendekati bahan bakar minyak, dan proses pembuatannya sudah bisa disintesis, sehingga masalah persediaan bukan perkara yang sulit (Kurdi dan Arijanto, 2007). Methanol atau Methyl Alcohol (CH_3OH) mempunyai karakteristik sebagai bahan bakar dan terkenal di dunia balap mobil karena methanol dapat menghasilkan tenaga yang besar, angka oktan yang tinggi, efek pendinginan yang baik, dan sebagainya (Arijanto dan Haryadi, 2006).

Penelitian telah dilakukan oleh para ahli menunjukkan bahwa penggunaan campuran methanol pada bensin dapat meningkatkan sifat antiknocking pada bensin. Efek lain dari penggunaan methanol sebagai campuran pada bensin adalah naiknya angka oktan. Tabel 2.3 ini menunjukkan kontribusi methanol dalam meningkatkan angka oktan.

Tabel 2.3 RON campuran methanol – bensin

%CH ₃ OH	Research octane no.	Blending octane no.
0	90.8	136.8
10	95.4	129.5
15	96.6	126.8
20	98.0	--
0 + 3cc TEL	98.0	--
15 + 3cc TEL	101.9	124

Sumber: DOW Chemical Company dalam Arijanto dan Haryadi (2006)

Dengan naiknya nilai oktan pada bahan bakar maka bahan bakar tersebut akan mudah terbakar akibatnya emisi gas buang akan turun. Pencampuran methanol pada bensin menyebabkan lebih ekonomis, bahan bakar yang terbuang lebih sedikit, dan tenaga mesin lebih baik, dibandingkan dengan bensin saja. Penggunaan bahan aditif methanol pada bensin merupakan adiktif yang ramah lingkungan. Methanol memiliki angka oktan yang tinggi dan mudah didapat dan penggunaannya sebagai bahan aditif bensin tidak menimbulkan pencemaran udara. Emisi gas buang yang ramah lingkungan membawa dampak kesehatan masyarakat baik.

2.6 Nilai Kalor Bahan Bakar

Reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen dari udara menghasilkan panas. Besarnya panas yang ditimbulkan jika satu satuan bahan bakar dibakar sempurna disebut nilai kalor bahan bakar. Berdasarkan asumsi ikut tidaknya panas laten pengembunan uap air dihitung sebagai bagian dari kalor suatu bahan bakar, maka nilai kalor bahan bakar dapat dibedakan menjadi nilai kalor atas, dan nilai kalor bawah (Ali dan Widodo, Tanpa Tahun).

Perhitungan nilai kalor bahan bakar menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\Delta H_c = H_{reaktan} - H_{produk} \dots\dots\dots (2.1)$$

2.7 Unjuk Kerja Mesin Otto

Menurut Permana (2014), tujuan utama dalam menganalisa unjuk kerja adalah untuk memperbaiki keluaran kerja dan keandalan mesin. Pengujian dari suatu motor bakar dilakukan agar mengetahui kinerja dari motor bakar itu sendiri.

Parameter yang akan dibahas untuk mengetahui kinerja mesin dalam motor 4 langkah adalah :

1. Torsi (Nm)
2. Daya (hp)

3. *Fuel Consumption* (kg/jam)
4. *Spesific Fuel Consumption Effective* (kg/hp.jam)

2.6.1 Torsi (T)

Torsi merupakan gaya putar yang dihasilkan oleh poros mesin. Besarnya torsi dapat diukur dengan alat *dynamometer*. Momen torsi yang dihasilkan (T).

$$T = I \times \alpha \text{ (N.m)} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\text{Dengan } I = \frac{1}{2} Mr^2$$

Keterangan:

- T = torsi (N.m)
- I = inersia roller (N/m²)
- α = percepatan (rad/s²)
- M = massa
- r = jari-jari roller (m)

2.6.2 Daya Efektif (Ne)

Daya efektif motor adalah besarnya motor atau ukuran kemampuan dari suatu mesin untuk menghasilkan daya yang diberikan oleh poros penggerak selama waktu tertentu. Yang dirumuskan dengan:

$$Ne = T.w = \frac{T.n}{716,2} \text{ (hp)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

- Ne = daya efektif (hp)
- T = torsi (Nm)
- w = kecepatan angular poros (rad/detik)
- n = putaran poros engkol (rpm)

2.6.3 *Fuel Consumption* (FC)

Konsumsi bahan bakar pada motor bakar atau mesin diukur dengan menggunakan tabung ukur yang disebut meter alir, disitu bahan bakar dialirkan

melalui tabung ukur yang diketahui volumenya ini dan kemudian dilihat waktu yang diperlukan untuk menghabiskannya sebesar volume tersebut. Konsumsi bahan bakar tersebut dikonversikan kedalam kg/jam dengan rumusan sebagai berikut:

$$FC = \frac{b}{t} \times \gamma_f \times \frac{3600}{1000} \text{ (kg/jam)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

- FC = konsumsi bahan bakar (kg/jam)
- b = volume bahan bakar selama t detik (ml)
- t = waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak b (jam)
- γ_f = berat spesifik bahan bakar (g/ml)
 - = 0,74 g/ml untuk premium
 - = 0,79 g/ml untuk methanol

2.6.4 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Efektif (SFCe)

Konsumsi bahan bakar spesifik efektif adalah jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan daya efektif sebesar 1 hp selama 1 jam. Bahan bakar akan dialirkan melalui tabung ukur kemudian diamati waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar sebesar volume tertentu pada kondisi mesin bekerja. Konsumsi bahan bakar tersebut dikonversikan ke dalam satuan kg/jam, maka akan diperoleh rumusan sebagai berikut:

$$SFCe = \frac{FC}{Ne} \text{ (kg/hp.jam)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

- SFCe = konsumsi bahan bakar spesifik efektif (kg/hp.jam)
- FC = konsumsi bahan bakar (kg/jam)
- Ne = daya efektif (hp)

2.8 Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah zat atau unsur hasil dari pembakaran di dalam ruang bakar yang di lepas ke udara yang ditimbulkan kendaraan bermotor. Emisi gas buang kendaraan bermotor mengandung Karbon Monoksida (CO), Hidrokarbon (HC), dan Partikel Molekul. Tidak semua senyawa yang terkandung di dalam gas buang kendaraan bermotor diketahui dampaknya terhadap lingkungan. Zat – zat yang berbahaya dari emisi gas buang diantaranya:

1. Karbon Monoksida (CO)

Pembentukan karbon monoksida di ruang bakar disebabkan oleh proses pembakaran yang tidak sempurna. Oleh karena itu besar atau kecilnya jumlah karbon monoksida yang dihasilkan oleh setiap kendaraan tersebut sangat tergantung pada tingkat kesempurnaan proses pembakaran. Sebagai salah satu contoh, dapat dijelaskan proses terjadinya pembakaran bahan bakar bensin (C_8H_{18}) pada ruang bakar motor otto. Proses pembakaran dapat terjadi sempurna jika kebutuhan oksigen/udara untuk membakar bahan bakar bensin tersebut dijaga pada rasio yang memadai.

2. Hidrokarbon (HC)

Bensin adalah senyawa hidrokarbon, jadi setiap HC yang didapat di gas buang kendaraan menunjukkan adanya bensin yang tidak terbakar dan terbuang bersama sisa pembakaran. Apabila suatu senyawa hidrokarbon terbakar sempurna (bereaksi dengan oksigen) maka hasil reaksi pembakaran tersebut adalah karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O). Walaupun rasio perbandingan antara udara dan bensin (AFR = *Air Fuel Ratio*) sudah tepat dan didukung oleh desain ruang bakar mesin saat ini yang sudah mendekati ideal, tetapi tetap saja sebagian dari bensin seolah – olah tetap dapat “bersembunyi” dari api saat terjadi proses pembakaran dan menyebabkan emisi HC pada ujung knalpot cukup tinggi.

3. Karbon Dioksida (CO_2)

Konsentrasi CO_2 menunjukkan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar. Semakin tinggi maka semakin baik. Saat AFR berada di angka ideal,

emisi CO₂ berkisar antara 12% sampai 15%. Apabila AFR terlalu kurus atau terlalu kaya, maka emisi lainnya yang menunjukkan apakah AFR terlalu kaya atau terlalu kurus. Perlu diingat bahwa sumber dari CO₂ ini hanya ruang bakar dan HC. Apabila CO₂ terlalu rendah tapi CO dan HC normal, menunjukkan adanya kebocoran pipa knalpot.

4. Oksigen (O₂)

Konsentrasi dari oksigen di gas buang kendaraan berbanding terbalik dengan konsentrasi CO₂. Untuk mendapatkan proses pembakaran yang sempurna, maka kadar oksigen yang masuk ke ruang bakar harus mencukupi untuk setiap molekul hidrokarbon. Dalam ruang bakar, campuran udara dan bensin dapat terbakar dengan sempurna apabila bentuk dari ruang bakar tersebut melengkung secara sempurna. Kondisi ini memungkinkan molekul bensin dan molekul udara dapat dengan mudah bertemu untuk bereaksi dengan sempurna pada proses pembakaran. Tapi sayangnya, ruang bakar tidak dapat sempurna melengkung dan halus sehingga memungkinkan molekul bensin seolah – olah bersembunyi dari molekul oksigen dan menyebabkan proses pembakaran tidak terjadi dengan sempurna. Untuk mengurangi emisi HC, maka dibutuhkan sedikit tambahan udara atau oksigen untuk memastikan bahwa semua molekul bensin dapat “bertemu” dengan molekul oksigen untuk bereaksi dengan sempurna. Ini berarti AFR 14,7:1 ($\lambda = 1.00$) sebenarnya merupakan kondisi yang sedikit kurus. Inilah yang menyebabkan oksigen dalam gas buang akan berkisar antara 0.5% sampai 1%. Pada mesin yang dilengkapi dengan CC, kondisi ini akan baik karena membantu fungsi CC untuk mengubah CO dan HC menjadi CO₂. Normalnya konsentrasi oksigen di gas buang adalah sekitar 1.2% atau lebih kecil bahkan mungkin 0%. Tapi kita harus berhati – hati apabila konsentrasi oksigen mencapai 0%. Ini menunjukkan bahwa semua oksigen dapat terpakai semua dalam proses pembakaran dan ini dapat berarti bahwa AFR cenderung kaya. Dalam kondisi demikian, rendahnya konsentrasi oksigen akan berbarengan dengan tingginya emisi

CO. Apabila konsentrasi oksigen tinggi dapat berarti AFR terlalu kurus tapi juga dapat menunjukkan beberapa hal lain (Permana, 2014).

2.9 Penelitian Terdahulu

Ahmed (2013) melakukan penelitian mengenai efek pencampuran methanol-gasoline pada kendaraan bermotor dilihat dalam segi performa dan polusi yang dihasilkannya. Ia mengemukakan bahwa terjadi perbedaan dari segi performa dan polusi saat menggunakan gasoline tanpa campuran dan saat telah dicampur dengan methanol masing-masing sebesar 3%, 5%, 7%, dan 10%. Perbedaan tersebut terbukti dengan emisi yang dihasilkan dari campuran bahan bakar yang ia lakukan mampu menurunkan CO dan HC apabila dibandingkan dengan penggunaan gasoline. Dan juga konsumsi bahan bakar dari pencampuran juga lebih rendah daripada gasoline.

Kurdi dan Arijanto (2007) meneliti mengenai aspek torsi dan daya pada mesin sepeda motor 4 langkah dengan bahan bakar campuran premium-methanol. Pengujian yang mereka lakukan menggunakan komposisi premium murni, campuran antara premium dan 20% methanol, 40% methanol, serta 60% methanol. Hasil dari penelitian diketahui bahwa ternyata campuran premium-methanol dapat meningkatkan torsi, daya mesin, *Air Fuel Ratio*, dan efisiensi. Walaupun demikian terjadi beberapa kerugian, yaitu konsumsi bahan bakar yang meningkat.

Arijanto dan Haryadi (2006) meneliti mengenai pengujian campuran bahan bakar premium-methanol pada mesin sepeda motor 4langkah pengaruh terhadap emisi gas buang. Pengujian yang dilakukannya menggunakan bahan bakar premium dan campuran premium-methanol berbagai komposisi, yaitu M20, M40, dan M60. Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa bahan bakar campuran premium-methanol layak digunakan, dan komposisi terbaik campuran premium-methanol yang diujikan yaitu M60 (Premium 40% dan Methanol 60%) dilihat dari emisi gas buang yang dihasilkan.

Albana dan Kawano (2014) melakukan penelitian mengenai penggunaan CH_3OH sebagai bahan bakar alternatif untuk *Spark Ignition Engine* ditinjau dari

unjuk kerja dan emisi gas buang yang dihasilkan. Torsi dan power yang dihasilkan sedikit lebih rendah dan komposisi bahan bakar sedikit meningkat. Dan mereka juga merekomendasikan unruk memperoleh performa yang lebih baik dapat dilakukan dengan memajukan waktu pengapian (*ignition timing*) dan menaikkan perbandingan kompresi mesin. Menggunakan methanol sebagai bahan bakar secara efektif mengurangi emisi CO, HC, dan juga NO_x yang dihasilkan oleh mesin.

Saputro (2011) meneliti pengaruh penambahan methanol terhadap premium terhadap unjuk kerja motor bakar 4 langkah dengan berbagai sudut pengapian. Dalam penelitian ini menggunakan variasi methanol 10% (M10), methanol 20% (M20), dan methanol 30% (M30) dengan variasi sudut pengapian 16°, 17°, dan 18° BTDC. Dan didapatkan hasil daya cenderung meningkat, torsi mengalami penurunan, dan konsumsi bahan bakar semakin meningkat.

Sayoga (2012) meneliti pengaruh methanol terhadap torsi, daya efektif, dan konsumsi bahan bakar spesifik efektif pada mesin Daihatsu Ferosa 1994. Persentase dari campuran premium-methanol yang digunakan sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20% dan dilakukan pengambilan data pada transmisi ke-4 pada 1600rpm, 2100rpm, 2600rpm, dan 3600rpm. Dan didapatkan hasil semakin besar persentase dari campuran methanol, torsi dan daya efektif yang dihasilkan akan semakin menurun, namun SFCE yang dihasilkan semakin meningkat.

2.10 Hipotesa

Hipotesa yang dibuat pada penelitian ini sebagai berikut:

- Komposisi bahan bakar yang digunakan akan berpengaruh terhadap daya dan konsumsi bahan bakar motor 4 tak.
- Dengan penambahan methanol akan menurunkan HHV pada bahan bakar, namun dengan adanya elemen OH akan memperbaiki proses pembakaran sehingga daya yang dihasilkan akan meningkat dan bahan bakar semakin hemat.

- Dengan penambahan methanol, bahan bakar diharapkan dapat terbakar secara sempurna sehingga berpengaruh terhadap kinerja mesin agar kadar emisi gas buang dapat membaik.



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode yang digunakan untuk menguji dan menemukan variasi pencampuran komposisi bahan bakar yang paling tepat.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kemasan Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember, RAT Motorsport Surabaya, dan Honda Istana Jember mulai bulan Juni 2015 sampai November 2015.

3.2.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan selama 6 bulan. Pada bulan Juni 2015 sampai November 2015.

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

1. Motor Bensin 4 Langkah dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Merk Motor : Honda
- Type : NF 11B2 D1 NT
- Gigi Transmisi : 4 Kecepatan Rotari
- Diameter Silinder : 50 mm
- Panjang Langkah Torak : 55,6 mm
- Volume Langkah : 109,1 cc
- Perbandingan Kompresi : 9,0:1
- Daya Maksimum : 8,4 PS/7.500 rpm

- Torsi Maksimum : 0,83 kgf.m/5.500 rpm



Gambar 3.1 Kendaraan Uji

2. Motor Cycle Dynamometer dengan spesifikasi sebagai berikut:

Merk : *Rextor Sportdyno*

Type : *Motor Cycle SP1/SP2/SP3 V3.3*

Perlengkapan Pendukung:

- Terminal sensor *Dynotest*
- Sensor kecepatan putaran mesin
- Sensor kecepatan *roller dynamometer*



Gambar 3.2 Alat Uji Dynotest

3. Tabung ukur atau *Buret*
4. *Stop watch*
5. Komputer
6. *Blower*
7. Blender
8. Autologic Gas Analyzer dengan spesifikasi sebagai berikut:
Merk : QROTECH
Type : QRO – 401



Gambar 3.3 Alat Uji Gas Analyzer

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan penelitian ini yaitu:

1. Premium RON 88;
2. Methanol dengan kadar 99%.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Prosedur Pencampuran Bahan Bakar

Prosedur pencampuran bahan bakar adalah sebagai berikut:

- a. Mengukur komposisi premium dan methanol yang akan di *mixing*.
- b. Komposisi bahan bakar di *mixing* dalam blender dengan kecepatan putar dan waktu yang telah ditentukan.



Gambar 3.4 Proses *mixing* bahan bakar

- c. Hasil *mixing* tersebut dipindah ke *buret* untuk dilihat adakah pengendapan dalam campuran bahan bakar tersebut selama beberapa variable waktu.
- d. Jika tidak terdapat pengendapan dalam bahan bakar tersebut, bahan bakar dapat langsung diaplikasikan ke kendaraan uji.

3.4.2 Prosedur Pengujian

Tahapan yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

- a. Tahap Persiapan Pengambilan Data

Untuk pengujian performa mesin digunakan *Rextor Sportdyno* dengan metode pengujian performa mesin berdasarkan standar SAE J1349. Dan untuk pengujian emisi gas buang digunakan *Autologic Gas Analyzer QROTECH* dengan metode pengujian pada putaran idle berdasarkan SNI 19 - 71118. 3 - 2005. Setelah proses penyusunan peralatan dan motor uji sudah terpasang dengan baik pada *dyno tester* maka dilakukan proses pengecekan pada kondisi pemasangan motor, pengecekan terhadap alat ukur dan sensor-sensor ukur

yang terhubung pada terminal *dyno tester* dan gas analyzer, serta mencatat kondisi ruangan pengujian yaitu suhu dan kelembapan udara ruangan.



Gambar 3.5 Proses penyusunan kendaraan uji pada *dyno tester*

b. Tahap Pengambilan Data

Tahapan proses pengujian dapat diperinci sebagai berikut:

1. Mengatur volume bahan bakar (campuran premium dan methanol) pada tabung ukur (*buret*).
2. Periksa apakah ada kebocoran pada sistem gas buang motor penggerak dan sistem alat uji.
3. Menghidupkan mesin dan memposisikan percobaan pada rasio gigi 3.
4. Mengatur bukaan *throttle* hingga mencapai putaran 3000 rpm.
5. Memulai pengujian atau proses pengambilan data oleh mesin *dyno tester* dan gas analyzer dengan range putaran mesin 3000 - 9000 rpm. Pengujian *dyno tester* dan konsumsi bahan bakar dilakukan secara bersamaan, dengan membuka *throttle* hingga mencapai putaran 3000 rpm selanjutnya *throttle* dibuka secara cepat hingga *throttle* terbuka penuh dan mencapai

putaran maksimal selanjutnya ditahan hingga dicapai putaran mesin maksimal dan pengujian *dyno tester* selesai. Pengamatan terhadap konsumsi bahan bakar juga diamati pada buret bahan bakar dan waktu konsumsi bahan bakar yang dipergunakan mulai dari awal pengujian *dyno test* hingga selesai. Dan selanjutnya pengambilan data gas analyzer dilakukan dengan menahan sensor emisi selama 20 detik pada kondisi idling. Catat juga penggunaan bahan bakar yang terjadi pada putaran 3000 rpm sampai 9000 rpm.



Gambar 3.6 Proses peletakan sensor emisi

6. Setelah mencapai putaran 9000 rpm pengambilan data selesai (memberhentikan proses pengambilan data pada mesin *dyno tester* dan gas analyzer).
7. Mematikan motor sampai keadaan mesin dingin, dan membersihkan sisa bahan bakar.

3.4.3 Akhir Pengambilan Data

Setelah proses pengujian selesai, langkah selanjutnya adalah:

1. Mematikan semua alat elektronik yang digunakan selama pengujian;
2. Melepaskan semua sensor-sensor serta perlengkapan lainnya dari mesin uji;
3. Menurunkan kendaraan uji dan memeriksa seluruh keadaan bagian mesin uji (*dyno tester* dan *gas analyzer*) serta motor uji.
4. Rapikan peralatan uji yang telah digunakan ke tempat semula.

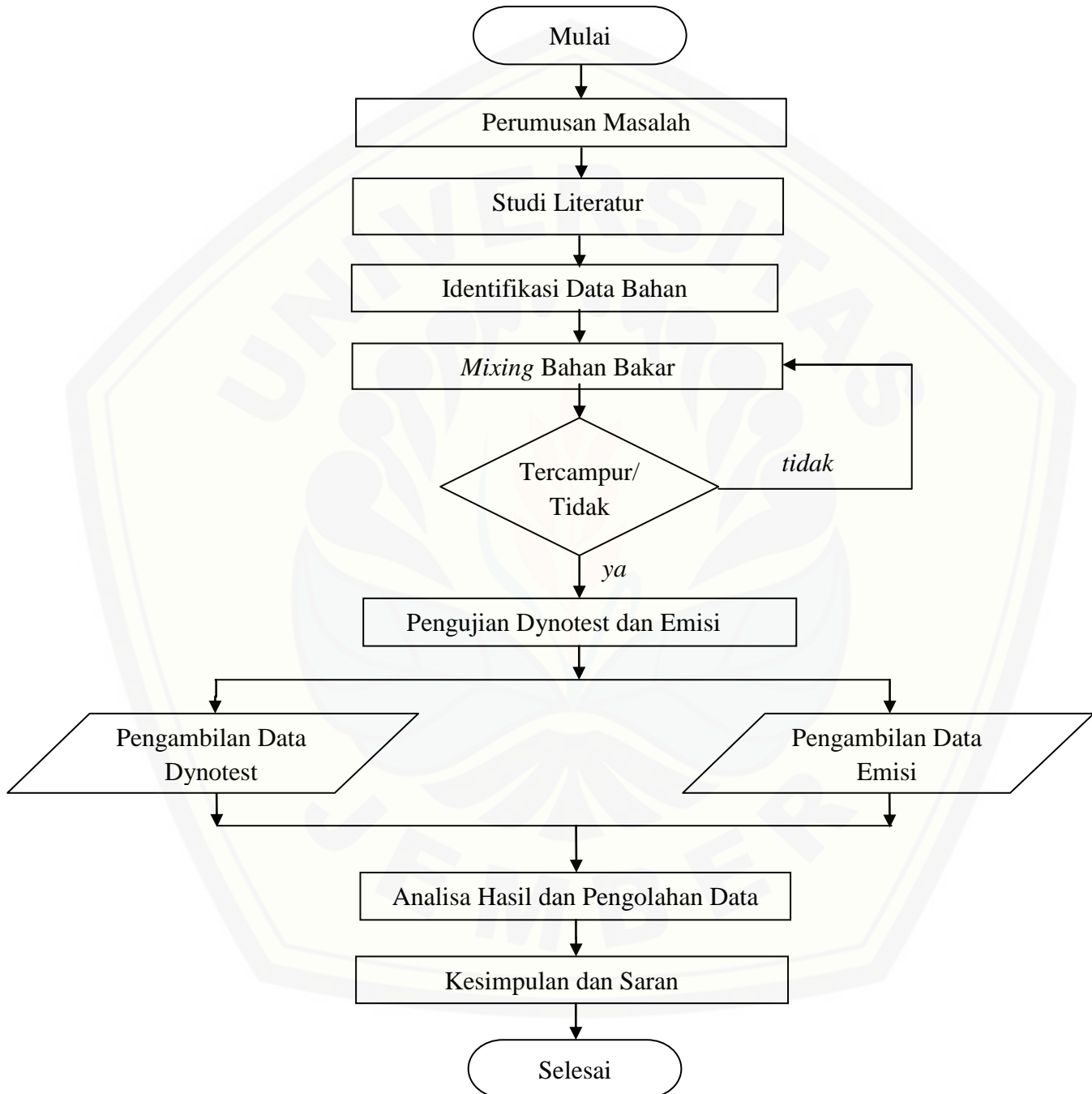
3.5 Analisa Data

Analisa data dilakukan setelah diperoleh hasil pengujian sebagai berikut:

1. Analisis pengaruh variasi bahan bakar terhadap torsi dan daya motor 4 langkah.
2. Analisis pengaruh variasi bahan bakar terhadap jumlah konsumsi bahan bakar motor 4 langkah.
3. Analisis pengaruh variasi bahan bakar terhadap kadar emisi bahan bakar motor 4 langkah.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian

3.7 Skema Alat Uji

Skema susunan alat uji yang akan digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.8



Gambar 3.8 Skema alat uji

Keterangan:

1. Motor;
2. *Flowmeter*;
3. komputer;
4. Selang bahan bakar;
5. Konsol pengkonversi *dinamometer*
6. Kabel RPM
7. *Chassis Dyno test*;
8. *Gas Analyzer*
9. Kabel sensor uji emisi
10. Roller *dinamometer*