



**PENGARUH DEBIT *INJECTION BIOET ANOL* 70% TERHADAP  
UNJUK KERJA MOTOREMPAT LANGKAH  
BERBAHAN BAKAR PERTAMAX**

**SKRIPSI**

Oleh

**Mukhamad Sifak  
NIM 071910101105**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 (S-1)  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2012**



**PENGARUH DEBIT INJECTION BIOETANOL 70% TERHADAP  
UNJUK KERJA MOTOR EMPAT LANGKAH  
BERBAHAN BAKAR PERTAMAX**

**SKRIPSI**

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

Oleh :

**Mukhamad Sifak  
NIM 071910101105**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 (S-1)  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2012**

## **PERSEMBAHAN**

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT serta dengan tulus ikhlas saya persembahkan karya awalku ini kepada:

1. Agama Islam yang aku cintai sejak lahir hingga aku mati.
2. Ibunda Wachosyati dan Ayahanda D. Abdullah yang saya cintai dan saya hormati.
3. Kakakku Ach. Fuad Abdul Rozak dan adikku Fikri Fawaid. yang saya sayangi.
4. Guru-guruku dari SD hingga perguruan tinggi yang saya hormati, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran.
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

## **MOTO**

“Tantangan yang kita hadapi hari ini tidak dapat dipecahkan dengan cara berpikir yang lalu” (Albert Einstein)

“Jika anda terlahir miskin, itu bukan kesalahan Anda. Tetapi, jika Anda mati dalam keadaan miskin, itu sesungguhnya kesalahan Anda” (Donald Trump)

“Ketidakmungkinan sesungguhnya adalah hal yang belum kita pelajari” (Charles W. Chesnutt)

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Mukhamad Sifak**

NIM : **071910101105**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul :  
“PENGARUH DEBIT *INJECTION BIOETANOL* 70% TERHADAP UNJUK  
KERJA MOTOR EMPAT LANGKAH BERBAHAN BAKAR PERTAMAX” adalah  
benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan  
sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta 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 adanya tekanan  
dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika  
ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Februari 2011

Yang menyatakan,

Mukhamad Sifak

071910101105

**SKRIPSI**

**PENGARUH DEBIT *INJECTION BIOETANOL 70%* TERHADAP  
UNJUK KERJA MOTOR EMPAT LANGKAH  
BERBAHAN BAKAR PERTAMAX**

Oleh

**Mukhamad Sifak**

**071910101105**

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Hary Sutjahjono, ST., MT.

Dosen Pembimbing Anggota : Andi Sanata, ST. MT.

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul **“PENGARUH DEBIT *INJECTION BIOETANOL 70%*  
TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR EMPAT LANGKAH BERBAHAN  
BAKAR PERTAMAX”** telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Kamis  
Tanggal : 16 Februari 2012  
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

### Tim Penguji

Ketua,

Hary Sutjahjono, ST., MT.  
NIP.19681205 199702 1 002

Anggota I,

Ir.Digdo Listyadi S., M.Sc.  
NIP. 19691122 199702 1 001

Sekretaris,

Andi Sanata, ST., MT.  
NIP. 19750502 200112 1 001

Anggota II,

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T  
NIP. 19680617 199501 1 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi., MT.  
NIP 19610414 198902 1 001

## RINGKASAN

### **PENGARUH DEBIT *INJECTION BIOETANOL 70%* TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR EMPAT LANGKAH BERBAHAN BAKAR PERTAMAX;**

Mukhamad Sifak ; 071910101105 : 2011, 72 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kesempurnaan pembakaran di dalam mesin dari suatu bahan bakar sangat penting dalam motor pembakaran dalam karena hal ini akan mempengaruhi performa mesin secara keseluruhan dan efisiensi pembakaran pada mesin itu sendiri. Selain itu, efek dari pembakaran yang tidak sempurna di dalam ruang bakar pada mesin dapat mengakibatkan efek *knocking* pada mesin sehingga mengakibatkan menurunnya performa dari mesin sehingga diperlukan alternatif lain untuk meningkatkan performa mesin.

Salah satu dari alternatif tersebut yaitu dengan menggunakan metode *Bioetanol Injection*. *Bioetanol Injection* atau disingkat BI merupakan suatu metode untuk menginjeksikan Bioetanol melalui spuyer ke dalam manifold untuk bercampur dengan bensin dan udara yang kemudian masuk ke ruang bakar. Dengan menggunakan *Bioetanol Injection* ini diharapkan dapat menambah performa dari motor bakar tanpa membongkar mesin yang orisinal.

Dalam pengujian unjuk kerja mesin digunakan alat *motor cycle dynamometer* untuk mengetahui torsi, daya (*horse power*) dan putaran mesin. Pengujian menggunakan bahan bakar pertamax dengan aditif *Etanol injection* dengan variasi kecepatan aliran 3 ml/menit, 5 ml/menit dan 7 ml/menit. Variabel putaran mesin 3000-9000 rpm pada transmisi 4 kemudian hasilnya dibandingkan dengan kondisi penggunaan bahan bakar pertamax murni.

Hasil yang didapatkan adalah Torsi dan Daya efektif yang dihasilkan dengan bahan bakar pertamax dengan aditif *Bioetanol injection* lebih tinggi dibanding dengan

pengujian dengan bahan bakar hanya pertamax. Hasil optimal diperoleh pada variasi *Bioetanol injection* dengan laju aliran 3 ml/menit memberikan unjuk kerja yang terbaik pada torsi, sedangkan pada daya efektif yang optimal diperoleh pada variasi Bioetanol Injection dengan laju aliran 5 ml/menit. Dari hasil pengujian dan analisa data didapatkan peningkatan torsi maksimal sebesar 6.89 % yaitu dari torsi optimal bahan bakar tanpa penambahan bioetanol sebesar 0.29 Kg.m menjadi 0.31 Kg.m setelah penambahan *Bioetanol injection* dengan laju aliran 3 ml/menit. Peningkatan daya efektif maksimal sebesar 21.4 % yaitu dari daya optimal bahan bakar tanpa penambahan Bioetanol sebesar 5.5 HP menjadi 6.8 HP setelah penambahan *Bioetanol injection* dengan laju aliran 5 ml/menit.

Konsumsi bahan bakar meningkat dengan penambahan *Bioetanol injection*. Peningkatan terbesar terjadi pada variasi bahan bakar dengan penambahan *Bioetanol injection* dengan laju aliran 5 ml/menit yaitu dari konsumsi bahan bakar standar maksimal sebesar 0.8696 Kg/Jam menjadi 1.5791 Kg/Jam.

## SUMMARY

**Discharge Effect On Injection 70% Bioetanol Performance Motor Step Four Fueled Pertamina;** Mukhamad Sifak; 071 910 101 105: 2011, 71 pages, Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Perfection of combustion in the engine of a very important fuel in the combustion engine as this will affect the overall engine performance and efficiency of combustion in the engine itself. In addition, the effects of imperfect combustion in the combustion chamber in the engine can result in engine knocking effect, resulting in decreased performance of the machine so that other alternatives needed to improve engine performance.

One of these alternatives is by using the method Bioethanol Injection. Ethanol injection or abbreviated BI is a method to inject into Bioethanol through spuyer manifold to be mixed with gasoline and then air into the fuel. By using Bioethanol Injection is expected to increase the performance of motor fuels without unpacking the original machine.

In performance testing tool used motor cycle engine dynamometer to determine the torque, power (horse power) and the spin machine. Tests using the fuel additive ethanol injection Pertamina with the variation of flow rate 3 ml / min, 5 ml / min and 7 ml / min. Variable engine speed 3000-9000 rpm on the transmission 4 and the results compared with the conditions of pure Pertamina fuel use.

The result is an effective torque and power generated by the fuel injection Bioethanol Pertamina with additives higher than the test with only Pertamina fuel. The results obtained on the variation of Bioethanol optimal injection flow rate 3 ml / min gave the best performance in torque, while the optimal effective power variation is obtained at a flow rate Bioethanol Injection with 5 ml / min. From the test results and analysis of data obtained an increase in maximum torque of 6.89% that of the optimum torque without the addition of ethanol fuel for 0:29 to 0:31 Kg.m Bioethanol Kg.m after the addition of injection with a flow rate 3 ml / min. Increasing the

effective maximum of 21.4% that of the optimal power Bioethanol fuel without the addition of 5.5 HP to 6.8 HP after the addition of Bioethanol injection with a flow rate 5 ml / min.

Fuel consumption increases with the addition of Bioethanol injection. Greatest increase occurred in the variation with the addition of Bioethanol fuel injection with a flow rate of 5 ml / min which is of standard fuel consumption of a maximum of 0.8696 kg / hour to 1.5791 Kg / Hr.

## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Debit Etanol Pada *Etanol Injection* Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Empat Langkah”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penyelesaian 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, serta bapak Andi Sanata, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Anggota yang memberikan arahan dan saran-saran yang sangat membantu dalam penyelesaian skripsi ini;
2. Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc. selaku penguji pertama dan bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T. selaku penguji kedua; Ibunda Ucik Mintarsih dan Ayahanda Sumartono, Kekasihku Siti Nur Hanifa dan seluruh anggota keluargaku yang telah memberikan dorongan, semangat dan doa hingga terselesaikannya skripsi ini;
3. Seluruh dosen Fakultas Teknik Universitas Jember khususnya jurusan Teknik Mesin, yang telah mendidik dan membimbingku meriah ilmu hingga akhir;
4. Bapak Djamro Abdullah dan Ibu Wachosiati sebagai kedua orangtua yang penulis sayangi dan kasihi;
5. Kakakku Achmad Fuad dan Adikku Fikri Fawaid yang senantiasa saling memperhatikan dan mendukungku;
6. Cita Yustisia yang senantiasa mensupport terselesaikannya penelitian ini;
7. Teman-teman yang turut membantu dalam penelitian ini, Bery Marsyal, Zaenal Abidin, beserta teman-teman kos MT 62 yang selalu mensupport Raden Kang Poetra, Andi Pamuji, Fathur, Maherdi Yudiantara dkk ;

8. Teman-teman S1 Teknik Mesin (Seven Engine) yang telah memberikan persahabatan dan kekompakan yang indah dan solid, perjuangan dan kebersamaan bersama kalian akan kukenang selalu;
9. Semua teman-teman Fakultas Teknik khususnya jurusan Teknik Mesin yang tidak dapat penulis sebutkan semuanya, terimakasih atas dukungan dan bantuannya;
10. Seluruh staf administrasi jurusan Teknik Mesin Universitas Jember yang terdiri dari staf kemahasiswaan, akademik, keuangan dan tata usaha, terima kasih atas bantuannya dalam kelancaran pembuatan skripsi, mohon maaf jika selama ini merepotkan;
11. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menerima segala saran dan kritik yang membangun dari semua pihak guna kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 16 Februari 2012

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	ix
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Perumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian</b> .....	4
1.4.1 Tujuan .....	4
1.4.2 Manfaat .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Motor Bakar</b> .....	6
2.1.1 Motor Bensin 4 – Langkah .....	6
<b>2.2 Siklus Otto</b> .....	8
<b>2.3 Bahan Bakar</b> .....	10
2.3.1 Pertamina .....	10
<b>2.4 Aditif pada Gasoline</b> .....	12

2.4.1 Bioetanol .....	13
2.4.2 Etanol Sebagai Pengganti Bioetanol .....	15
<b>2.5 Detonasi Pada Motor Bensin .....</b>	<b>16</b>
<b>2.6 Biotenol Injection .....</b>	<b>17</b>
<b>2.7 Parameter Prestasi Mesin .....</b>	<b>17</b>
<b>2.8 Unjuk Kerja Mesin Otto .....</b>	<b>18</b>
<b>BAB 3. METODOLOGI .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 Metode Penelitian .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3 Alat dan Bahan Penelitian .....</b>	<b>21</b>
3.3.1 Alat .....	21
3.3.2 Bahan .....	22
<b>3.4 Variabel Pengukuran .....</b>	<b>23</b>
3.4.1 Variabel Bebas .....	23
3.4.2 Variabel Terikat .....	23
<b>3.5 Prosedur Pengujian .....</b>	<b>24</b>
3.5.1 Penyusunan Alat Penelitian .....	24
3.5.2 Tahapan Penelitian .....	25
<b>3.6 Skema Alat Uji .....</b>	<b>29</b>
<b>3.7 Diagram Alir Penelitian .....</b>	<b>30</b>
<b>3.8 Skema Pengujian .....</b>	<b>31</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 Pengaruh Torsi dan Putaran Mesin.....</b>	<b>31</b>
<b>4.2 Pengaruh Daya Efektif dan Putaran Mesin .....</b>	<b>34</b>
<b>4.3 Pengaruh Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Putaran Mesin ...</b>	<b>37</b>
<b>BAB 5. PENUTUP .....</b>	<b>41</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>41</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>42</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>44</b>

<b>LAMPIRAN A. PERHITUNGAN .....</b>	<b>45</b>
<b>LAMPIRAN B. TABEL .....</b>	<b>47</b>
<b>LAMPIRAN C. GRAFIK PENELITIAN .....</b>	<b>50</b>
<b>LAMPIRAN D. FOTO PENELITIAN .....</b>	<b>58</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Langkah Pemasukan .....	6
Gambar 2.2 Langkah Kompresi .....	7
Gambar 2.3 Langkah Ekspansi .....	7
Gambar 2.4 Proses Pembakaran Sempurna .....	8
Gambar 2.5 Diagram P-V dan T-S siklus Otto .....	9
Gambar 2.6 Diagram Alir Prestasi Mesin .....	16
Gambar 3.1 Sistem Injeksi pada <i>Bioetanol Injection</i> .....	25
Gambar 3.2 Skema Alat Uji .....	29
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian .....	30
Gambar 3.4 Skema Pengujian .....	31
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Debit Bioetanol Terhadap Torsi dan Putaran Mesin Pada Pertamina Dan Premium .....	32
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Debit Bioetanol Terhadap Daya Efektif dan Putaran Mesin Pada Pertamina Dan Premium.....	35
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh debit Bioetanol Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Putaran Pada Pertamina Dan Premium.....	37
Gambar 4.4 Grafik Efisiensi Termal.....	43
C.1 Grafik Daya dan Torsi EI00 Gigi 4 Rata-Rata .....	57
C.2 Grafik Daya dan Torsi EI03 Gigi 4 Rata-Rata .....	59
C.3 Grafik Daya dan Torsi EI05 Gigi 4 Rata-Rata .....	61
C.4 Grafik Daya dan Torsi EI07 Gigi 4 Rata-Rata .....	63
D.1 Manifold .....	65
D.2 Tabung .....	65
D.3 Katup Solenoid .....	66
D.4 Kontrol Solenoid Valve .....	66

D.5 Nozzel <i>Injection</i> .....	67
D.6 Honda Revo 100cc.....	67
D.7 Kompresor .....	68
D.8 Buret Ukur .....	68
D.9 Pengambilan Data Uji .....	69
D.10 Nozzel Pada Intake Manifold .....	69
D.11 Blower .....	70
D.12 pengambilan Data fuel Comsumption .....	70
D.13 RPM dilayar komputer saat pengujian .....	71
D. 14 Chasis Dynamometer .....	71
D.15 Konsol Pengkorversi Sp1-Sp3 .....	72

## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.3.1 Spesifikasi Bensin Pertamina (Ron 92) .....	11
2.2 Properti Etanol .....	15
4.2 Hubungan antara Nilai Oktan dan Perbandingan Kompresi .....	36
B.1 Perbandingan Torsi Rata – rata Gigi Transmisi 4 .....	51
B.2 Perbandingan daya efektif rata-rata gigi transmisi 4 .....	52
B.3 Rata – rata waktu (detik) konsumsi bensin dan zat aditif Honda Revo 100cc..	53
B.4 Rata – rata fuel consumption (Kg/jam) bensin dan zat aditif Honda Revo 100cc .....	53
B.5 Banyaknya etanol (ml) selama fuel consumption 10ml premium .....	53
B.6 Nilai Kalor Bahan Bakar (LHV) .....	54
B.7 Fuel Consumption (kg/jam) Bensin Dan Zat Aditif .....	54
B.8 Fuel Consumption Bioetanol 70% .....	54
B.9 Presentase Bioetanol 70% .....	55
B.10 Presentase Pertamina .....	55
B.11 Oktan Campuran .....	56
B.12 Efisiensi Termal .....	56

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dengan berjalannya waktu, jumlah kendaraan bermotor sangat banyak maka meningkat pula konsumsi bahan bakar minyak (*gasoline*). Padahal cadangan sumber energi fosil semakin lama semakin menipis, diperkirakan beberapa tahun mendatang bahan bakar fosil akan habis sehingga kita harus mencari bahan bakar alternatif untuk mengatasinya.

Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar pada motor bensin (Otto) sudah dikenal sejak Henry Ford menciptakan kendaraan di tahun 1896. Setelah eksplorasi dan eksploitasi minyak bumi mulai dilakukan oleh manusia maka bahan bakar minyak menjadi jenis bahan bakar pilihan dan utama pada kendaraan bermotor bensin (Otto). Meskipun bahan bakar minyak mendominasi penggunaan pada motor bensin, tetapi etanol menjadi alternatif lagi karena alasan sebagai berikut: (1) *Octan Booster* beroksigen sebagai pengganti *Methyl Tersier Butil Eter* (MTBE) – yang disinyalir berdampak buruk pada lingkungan, (2) menurunkan emisi gas buang, dan (3) mengurangi konsumsi bahan bakar minyak. (Antok Setiyawan, 2007).

Negara Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang tidak luput dari krisis minyak yang terjadi akhir-akhir ini. Indonesia sudah menjadi *net importer country* sehingga pencarian bahan bakar alternatif menjadi semakin mendesak. Mengingat bioetanol dapat diproduksi dari produk pertanian (*renewable*) seperti jagung, tebu, bit, beras, tetes dll, maka bioetanol menjadi salah satu bahan bakar alternatif terbaik pada motor bensin.

Menurut Kadam (2000) di dalam Putri (2008), bioetanol merupakan senyawa yang sering digunakan dalam industri kimia antara lain sebagai pelarut (40%), untuk membuat asetaldehid (36%), eter, glikol eter, etil asetat dan kloral (9%). Kebutuhan akan bioetanol semakin bertambah seiring dengan menipisnya persediaan bahan bakar minyak bumi. Negara yang secara luas telah menggunakan bioetanol sebagai bahan bakar adalah Brasil. Negara tersebut memproduksi bioetanol dari tetes tebu dengan proses fermentasi (Anshory, 2004).

Beberapa komoditas pertanian yang mengandung karbohidrat seperti gula sederhana, pati dan selulosa (seperti rumput, kayu pohon, jerami) merupakan sumber energi penting untuk fermentasi bioetanol. Sumber karbohidrat tersebut dapat diperoleh dari kultivasi tanaman sumber energi, tanaman potensial yang tumbuh secara alami, maupun limbah hasil pertanian.

Pada saat ini pemakaian etanol sebagai campuran bahan bakar bensin dengan kadar rendah (etanol 10% dan bensin 90% - E10 atau sering disebut gasohol) untuk bahan bakar pada motor bensin sudah dilakukan di banyak negara seperti Brasil, USA, dan beberapa Negara Eropa. Ada kecenderungan banyak negara mengikuti penggunaan gasohol seperti: Cina, Thailand, Indonesia, Jepang, India dll. Pemakaian E10 pada motor bensin tidak perlu dilakukan perubahan ataupun modifikasi pada motor – karena masih kompatibel dengan bahan bakar premium/bensin. Sedangkan pemakaian etanol murni (*dedicated fuel*) atau pencampuran etanol dengan bensin dalam prosentase besar masih dalam proses penelitian yang terus menerus karena dibutuhkan modifikasi tertentu. (Antok Setiyawan, 2007).

Penelitian sebelumnya tentang penggunaan bioetanol sebagai suplemen bahan bakar telah menunjukkan bahwa unjuk kerja motor bakar *type FD 110* kompresi 9,3 : 1 pada pemakaian nosel kompor minyak tanah diameter 0,5 mm yang ditempatkan pada *intake manifold* setelah karburator memiliki karakteristik yang terbaik dengan *torque* tertinggi dihasilkan pada transmisi empat 8,95 N m (6000 rpm). Daya tertinggi pada transmisi empat sebesar 8,47 HP (7000 rpm). Konsumsi bahan bakar spesifik efektif yang terendah pada transmisi empat sebesar 0,07 Kg/HP.Jam (6000 rpm). Efisiensi thermal efektif tertinggi dihasilkan oleh pemakaian bahan bakar premium dengan pemberian uap bioetanol dengan diameter 0,5 mm pada transmisi ke empat sebesar 77,15 % (6000 rpm). (Ramadhan, 2009)

Pada penelitian yang sama yaitu dengan melakukan penelitian unjuk kerja mesin dengan bahan bakar pertamax ditambah ethanol pada mesin Datsun 1600 cc. Hasil dari penelitian ini menunjukkan penambahan ethanol sebanyak 5 %, 10 %, 15 % berpengaruh pada unjuk kerja mesin. Torsi dan daya pada pertamax

adalah 94,2381 Nm dan 27,3852 kW. Sedangkan penambahan pertamax dengan ethanol, torsi dan daya tertinggi adalah 94,8235 Nm (pada penambahan ethanol 5 %) dan 27,5690 kW (pada penambahan ethanol 5 %). Dan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) terendah pertamax adalah 0,299957 kg/kW.jam, sedangkan pada pertamax dengan penambahan ethanol, SFC terendah adalah 0,296114 kg/kW.jam (pada penambahan ethanol 5 %). (Fendi Restu dalam Nur Aklis, 2009).

Penelitian sebelumnya tentang pengaruh debit *bioetanol injection* terhadap bahan bakar premium menunjukkan bahwa unjuk kerja motor bakar memiliki karakteristik yang terbaik dengan *torque* tertinggi dihasilkan pada transmisi empat 0.33 N m (6000 rpm). Daya tertinggi pada transmisi empat sebesar 6.5 HP (7000 rpm). Konsumsi bahan bakar yang terendah pada aditif bioetanol injection 7ml sebesar 1.1148 Kg/Jam (6000 rpm). (Marshal, 2012)

Dengan perbandingan antara bahan bakar pertamax dan *bioetanol* 70 % , dapat diketahui seberapa besar pengaruh bahan bakar tersebut terhadap performa mesinnya. Sehingga mengapa penelitian ini memakai pertamax yaitu karena beberapa waktu yang lalu ada kabar bahwa Pemerintah dan Pertamina akan mengurangi subsidi terhadap premium untuk kendaraan roda dua. Premium merupakan bahan bakar yang mempunyai oktan 88, sedangkan pertamax mempunyai oktan 92, dan pertamax plus mempunyai oktan 96. Memang tidak semua motor dapat memakai pertamax maupun pertamax plus dengan alasan mesin lama, namun hal itu tidak berlaku bagi mobil apalagi mobil yang premium. ([www.trinil.wordpress.com](http://www.trinil.wordpress.com))

## 1.2 Perumusan Masalah

Dengan penelitian menggunakan campuran bahan bakar Pertamax-*bioetanol* diharapkan dapat mengetahui perbedaan torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar tersebut. Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Pengaruh *bioetanol injection* terhadap unjuk kerja mesin empat langkah dibandingkan dengan kondisi tanpa *bioetanol injection*.

2. Pengaruh debit bioetanol pada *bioetanol injection* yang sehingga didapat unjuk kerja yang optimal.

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Pengujian menggunakan peralatan *Dynotest*;
2. Tidak membahas tentang emisi gas buang yang dihasilkan dari pembakaran dengan *bioetanol injection*;
3. Dalam penelitian ini digunakan injektor untuk menyemprotkan bioetanol dengan sistem *indirect injection*;
4. Tidak merubah waktu pengapian;
5. Bioetanol yang digunakan bioetanol 70 %;
6. Tidak membahas nilai oktan bahan bakar sebelum ataupun setelah menggunakan *bioetanol injection*;
7. Dalam Penelitian data yang di cari hanyalah Daya (HP), Torsi (N.m), dan *Fuel Consumption* (kg/jam);
8. Tidak membahas aliran fluida;
9. Tidak membahas perpindahan panas sebelum pengujian maupun setelah pengujian;

### 1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

#### 1.4.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh *bioetanol injection* terhadap unjuk kerja yang dihasilkan pada motor bakar empat langkah;
2. Mengetahui pengaruh penambahan debit bioetanol pada *bioetanol injection* terhadap unjuk kerja yang dihasilkan pada motor bakar empat langkah;
3. Mengetahui pengaruh aditif *bioetanol injection* terhadap konsumsi bahan bakar pada motor bakar empat langkah;
4. Mengetahui debit *bioetanol injection* yang paling optimal

#### 1.4.2 Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Memberi pengetahuan dan wawasan lebih tentang *bioetanol injection* kepada pembaca;
2. Meningkatkan pengetahuan bagi pembaca khususnya dalam bidang motor bakar.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Motor Bakar

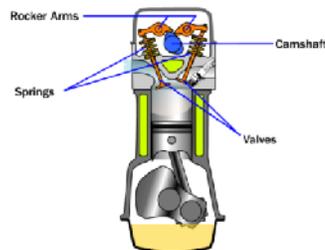
Motor bakar adalah salah satu jenis dari mesin kalor, yaitu mesin yang mengubah energi termal untuk melakukan kerja mekanik atau mengubahahtenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanis. Energi diperoleh dari proses pembakaran, proses pembakaran juga pengubahan enegi tersebutdilaksanakan di dalam mesin dan ada yang dilakukan di luar mesin kalor (Kiyaku dan Murdhana, 1998)

#### 2.1.1 Motor Bensin 4-Langkah

Motor permbakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) adalah mesin yang memanfaatkan fluida kerja berupa gas panas hasil pembakaran, dimana antara medium yang memanfaatkan fluida kerja dengan fluida kerjanya tidak dipisahkan oleh dinding pemisah (Pudjanarsa dan Nursuhud, 2006). Motor bensin 4-langkah merupakan motor pembakaran dalam yang bekerja dalam satu siklus pembakaran terjadi 4 kali pergerakan torak dan 2 kali putaran poros engkol. Prinsip kerja atau siklus yang terjadi secara periodik pada motor bakar bensin 4-langkah dapat dijelaskan sebagai berikut;

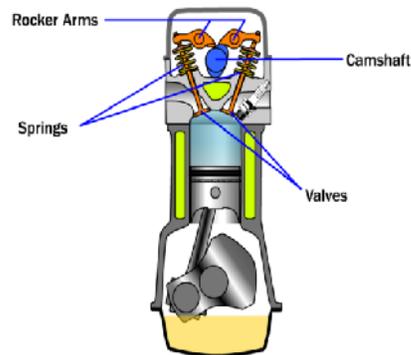
- Langkah pemasukan (*intake*)

Dimulai dengan torak bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) dan berakhir ketika torak mencapai Titik Mati Bawah (TMB). Untuk menaikkan massa yang terhisap katup masuk terbuka dan katup buang tertutup. Karena pergerakan piston tersebut, tekanan pada ruang bakar menurun maka campuran udara dan bahan bakar terisap masuk kedalam ruang bakar.



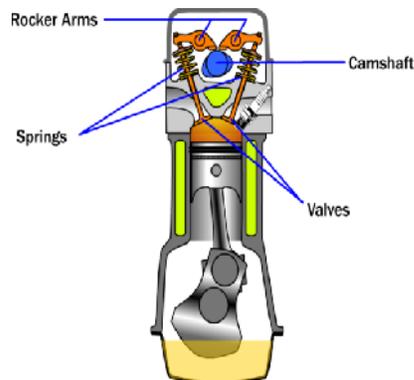
Gambar 2.1 Langkah Pemasukan

- Langkah kompresi (*compression*)  
Torak bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) ke TMA (Titik Mati Atas) dengan katup isap dan katup buang tertutup. Sehingga terjadi proses kompresi yang mengakibatkan tekanan dan temperatur di dalam silinder naik.



Gambar 2.2 Langkah kompresi

- Langkah ekspansi (*expansion*)  
Sesaat sebelum torak mencapai TMA (Titik Mati atas) pada langkah kompresi, busi dinyalakan sehingga terjadi proses pembakaran. Akibatnya tekanan dan temperatur di ruang bakar naik lebih tinggi, sehingga torak mampu melakukan langkah kerja atau langkah ekspansi. Langkah kerja dimulai dari posisi torak pada TMA (Titik Mati Atas) dan berakhir pada posisi TMB (Titik Mati Bawah) saat katup buang sudah mulai terbuka pada awal langkah buang. Langkah ekspansi sering disebut juga langkah kerja (*power stroke*).

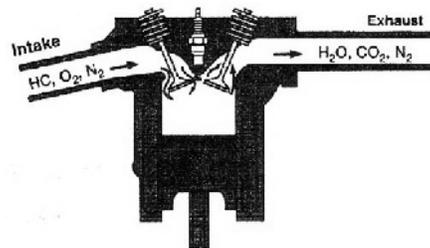
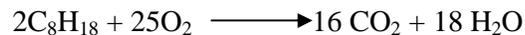


Gambar 2.3 Langkah Ekspansi

- Langkah buang (*exhaust*)

Dimulai ketika torak bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) ke TMA (Titik Mati Atas), katup isap tertutup dan katup buang terbuka, sehingga gas hasil pembakaran terbuang. Ketika katup buang membuka, torak menyapu keluar sisa gas pembakaran hingga torak mencapai TMA. Ketika torak mencapai TMA, katup masuk membuka, katup buang tertutup dan siklus dimulai lagi.

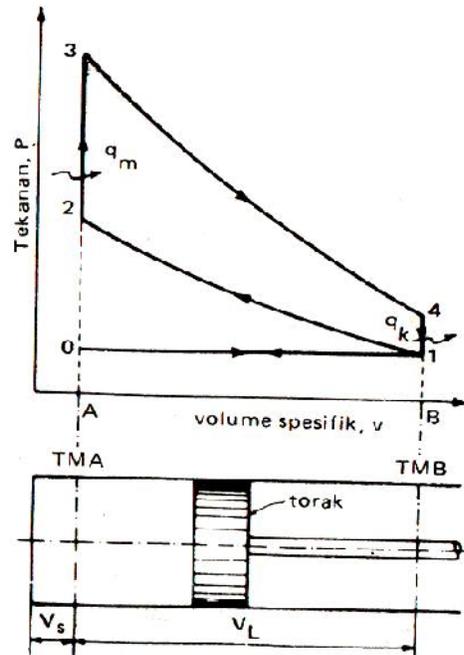
Pembakaran sempurna (gambar 2.1) diasumsikan bahwa semua bahan bakar (bensin) terbakar sempurna dengan perbandingan udara dan bahan bakar 14,7 : 1. Pembakaran sempurna akan menghasilkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan uap air (H<sub>2</sub>O) seperti pada reaksi kimia di bawah ini.



Gambar 2.4 Proses pembakaran sempurna

## 2.2 Siklus Otto

Pada siklus otto atau siklus volume konstan proses pembakaran terjadi pada volume konstan, sedangkan siklus otto tersebut ada yang berlangsung dengan 4 (empat) langkah atau 2 (dua) langkah. Untuk mesin 4 (empat) langkah siklus kerja terjadi dengan 4 (empat) langkah piston atau 2 (dua) poros engkol. Adapun langkah dalam siklus otto yaitu gerakan piston dari titik puncak (TMA=titik mati atas) ke posisi bawah (TMB=titik mati bawah) dalam silinder.



Gambar 2.5 Diagram P-V dan T-S siklus Otto

Proses siklus otto sebagai berikut :

Proses 0-1 : pemasukan campuran bahan bakar dan udara pada tekanan konstan.

Proses 1-2 : proses kompresi *isentropic* (*adiabatic reversible*) dimana piston bergerak menuju (TMA=titik mati atas) mengkompresikan udara sampai volume *clearance* sehingga tekanan dan temperatur udara naik.

Proses 2-3 : pemasukan kalor konstan, piston sesaat pada (TMA=titik mati atas) bersamaan kalor suplai dari sekelilingnya serta tekanan dan temperatur meningkat hingga nilai maksimum dalam siklus.

Proses 3-4 : proses isentropik udara panas dengan tekanan tinggi mendorong piston turun menuju (TMB=titik mati bawah), energi dilepaskan disekeliling berupa internal energi.

Proses 4-1 : proses pelepasan kalor pada volume konstan piston sesaat pada (TMB=titik mati bawah) dengan mentransfer kalor ke sekeliling dan kembali melangkah pada titik awal.

Proses 1-0 : Pembuangan gas buang pada tekanan konstan.

### 2.3 Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan suatu bahan yang apabila dibakar dapat meneruskan proses pembakaran dengan sendirinya dan disertai dengan pengeluaran kalor. Bahan Bakar dapat terbakar dengan sendirinya karena kalor dari sumber kalor kurang dari kalor yang dihasilkan dalam proses pembakaran. Secara teoritis Bahan bakar (*fuel*) didefinisikan sebagai senyawa kimia, terutama tersusun atas karbon (C) dan hidrogen (H), yang bila direaksikan dengan oksigen pada tekanan dan suhu tertentu akan menghasilkan produk berupa gas dan sejumlah energi panas. Bahan bakar yang digunakan dalam pengoperasian mesin dengan pengapian busi harus memenuhi beberapa karakteristik penting, yaitu meliputi:

- Angka oktan (*octane number*)
- Berat jenis
- Nilai kalor atau kandungan energi
- Panas penguapan laten
- Kemudahan menguap (*volatility*)
- Keseimbangan kimia, kenetralan dan kebersihan.
- Titik nyala (*flash point*)
- Titik beku (*freezing point*)

#### 2.3.1 Pertamax

Pertamax adalah bahan bakar minyak atau bensin tanpa timbal dengan kandungan aditif lengkap generasi mutakhir yang akan membersihkan Intake Valve Port *Fuel Injector* dan ruang bakar dari carbon deposit dan mempunyai RON 92 (*Research Octane Number*) dan dianjurkan juga untuk kendaraan

berbahan bakar bensin dengan perbandingan kompresi tinggi. Pertamax merupakan salah satu jenis bahan bakar ramah lingkungan beroktan tinggi. Formula barunya yang terbuat dari bahan baku berkualitas tinggi memastikan mesin kendaraan bermotor bekerja dengan lebih baik, lebih bertenaga, *knock free*, rendah emisi, dan memungkinkan penghematan pemakaian bahan bakar.

Pertamax ditujukan untuk kendaraan yang mempersyaratkan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi dan tanpa timbal (*unleaded*). Pertamax juga direkomendasikan untuk kendaraan yang diproduksi diatas tahun 1990 terutama yang telah menggunakan teknologi setara dengan *electronic fuel injection* dan *catalytic converters*. Produk Pertamina ini sudah tidak menggunakan campuran timbal dan metal lainnya yang sering digunakan pada bahan bakar lain untuk meningkatkan nilai oktan sehingga Pertamax merupakan bahan bakar yang sangat bersahabat dengan lingkungan.

Tabel 2.3.1 Spesifikasi Bensin Pertamax (Ron 92 )

No	SPESIFIKASI	Satuan	BATASAN		Metoda UJI
			Min	Mak	ASTM/Lainnya
1	Densitas	kg/m <sup>3</sup>	715	770	D 1298/D 4052
2	Angka Oktana Riset	RON	92		D 2700
3	Kandungan Timbal	gr/ltr		0.013	D 3341/D 5059
4	Kandungan Aromatik	% vol		50.0	D 1319
5	Kandungan Benzena	% vol		5.0	D 4420
6	Kandungan olefin	% vol		*)	D 1319
7	Distilasi				D 86
	• 10% vol penguapan pada	°C		70	
	• 50% vol penguapan pada	°C	77	110	
	• 90% vol penguapan pada	°C	130	180	
	• Titik Didih akhir	°C		215	
	• Residu	% vol		2.0	

8	Tekanan Uap Reid pada 37,8 °C	kPa	45	60	D 323 atau D5199
9	Sedimen	mg/l		1.0	D 5452
10	Unwashed gum	mg/100ml		70	D 381
11	Washed gum	mg/100ml		5	D 381
12	Stabilitas Oksidasi	menit	480		D 525
13	Kandungan Belerang	% massa		0.05	D 2622
14	Korosi Bilah Tembaga 3 jam/50°C	ASTM No.		No. 1	D 130
15	Doctor Test			Negatif	IP – 3
16	Belerang Mercaptan	% massa		0.0020	D 3227
17	Kandungan Oxigenate	% wt		2.7	D 4815
18	Warna		biru		jernih
19	Kandungan Pewarna	Gr/100 Lt	-	0.13	

Sumber: [www.pertamina.com](http://www.pertamina.com)

#### 2.4 Aditif Pada Gasoline

Menaikkan angka oktan pada bensin adalah salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas bensin. Angka oktan bensin sendiri didefinisikan sebagai persentase isooktana dalam bahan bakar rujukan yang memberikan intensitas ketukan yang sama pada mesin uji. Terdapat dua jenis angka oktan, yaitu:

1. Angka oktan riset (RON) yang memberikan gambaran tentang kecenderungan bahan bakar untuk mengalami pembakaran tidak normal pada kondisi pengendalian sedang dan juga pada kecepatan rendah dan dilakukan dengan metode riset.
2. Angka oktan motor (MON) yang memberikan gambaran mengenai kinerja pengendalian pada kondisi operasi yang lebih berat, kecepatan tinggi atau kondisi beban tinggi.

Bilangan oktan di pasaran merupakan rata-rata aritmetis dari MON dan RON. Nilai oktan ditentukan oleh :

1. Komposisi hidrokarbon,
2. Kandungan pencampuran non hidrokarbon oktan tinggi seperti alkohol,
3. Jumlah aditif anti *knocking*

Setiap komponen mempunyai efek yang berbeda-beda ketika dicampur ke dalam jenis bensin tertentu. Efek nilai oktan suatu komponen yang dicampur ke dalam bensin mungkin tidak sama dengan nilai oktan tersebut jika berdiri sendiri.

Dalam teknologi pengilangan modern, fokus utamanya adalah meningkatkan nilai oktan hidrokarbon dengan mengubah normal *paraffin* menjadi *aromatik* oktan lebih tinggi, *naftena*, *olefin* dan *isoparaffin*.

Untuk mendapatkan bensin dengan angka oktan yang cukup tinggi dapat ditempuh beberapa cara: memilih minyak bumi dengan kandungan aromatik yang tinggi dalam trayek didih gasoline; meningkatkan kandungan aromatik melalui pengolahan reformasi atau alkana bercabang dengan alkilasi atau isomerisasi atau olefin bertitik didih rendah; menggunakan komponen berangka oktan tinggi sebagai bahan ramuan seperti alkohol atau eter; menambahkan aditif peningkat angka oktan. Zat aditif untuk meningkatkan angka oktan diantaranya *tetraethyl lead* (TEL), Senyawa oksigenat, *methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl* (MMT), *naphthalene*.

#### 2.4.1 Bioetanol

Bioetanol yang diproduksi dengan cara fermentasi menggunakan bahan baku nabati. prospek bioetanol, manfaat dan kebutuhan nasional serta peluang pasarnya. Pembahasan lebih fokus pada proses pembuatan bioetanol dari mulai penyediaan bahan baku, proses, aspek fermentasi sampai pada pengawasan mutunya. Bahan baku meliputi bahan baku sumber gula diantaranya adalah molases dan nira, bahan baku sumber pati yaitu ubi kayu, jagung serta ubi-ubian lain, serta bahan baku sumber serat (*lignoselulosa*) diantaranya tongkol jagung, sekam dan sebagainya. Proses pembuatan bioetanol dibedakan menjadi tiga berdasarkan bahan bakunya yaitu bahan baku sumber gula, pati dan serat. Proses pembuatan bioetanol meliputi aspek fermentasi dan destilasinya.

Sedangkan etanol adalah alkohol primer monohidrat. Meleleh pada  $-117,3$  ° C dan mendidih pada  $78,5$  ° C. Hal ini larut (misalnya, campuran tanpa pemisahan) dengan air di semua proporsi dan dipisahkan dari air hanya dengan kesulitan; bioetanol yang benar-benar bebas dari air disebut Bioetanol absolut.

bioetanol membentuk campuran konstan-mendidih, atau *azeotrop*, dengan air yang mengandung bioetanol 95% dan 5% air dan yang mendidih pada  $78,15^{\circ}\text{C}$ , karena titik didih ini *azeotrop biner* di bawah bahwa Bioetanol murni, Bioetanol absolut tidak bisa diperoleh dengan penyulingan sederhana. Namun, jika benzena akan ditambahkan ke Bioetanol 95%, sebuah azeotrop ternary benzena, etanol, dan air, dengan titik didih  $64,9^{\circ}\text{C}$ , dapat terbentuk, karena proporsi air untuk Bioetanol dalam azeotrop ini lebih besar dibanding Bioetanol 95%, air dapat dihapus dari Bioetanol 95% dengan menambahkan *benzena* dan penyulingan dari *azeotrop* ini. Karena sejumlah kecil benzena mungkin tetap, Bioetanol absolut yang dihasilkan dengan proses ini beracun. etanol terbakar di udara dengan api biru, membentuk karbon dioksida dan air.

Hal ini bereaksi dengan logam aktif untuk membentuk etoksida logam dan hidrogen, misalnya, dengan natrium membentuk natrium etoksida. Hal ini bereaksi dengan asam tertentu untuk membentuk ester, misalnya, dengan membentuk asam asetat etil asetat. Hal ini dapat teroksidasi membentuk asam asetat dan asetaldehida. Hal ini dapat dehidrasi untuk membentuk dietil eter atau, pada suhu yang lebih tinggi, etilen.

Penggunaan terbesar bioetanol adalah sebagai motor bahan bakar dan bahan bakar aditif. Brasil memiliki industri nasional bahan bakar bioetanol terbesar. Bensin dijual di Brasil mengandung sedikitnya 25% anhidrat Bioetanol. *Hydrous bioetanol* (sekitar 95% Bioetanol dan 5% air) dapat digunakan sebagai bahan bakar di lebih dari 90% dari mobil baru yang dijual di negara tersebut. Brasil Bioetanol dihasilkan dari tebu dan dicatat untuk tinggi penyerapan karbon . AS menggunakan Gasohol (max% Bioetanol 10) dan E85 (85% Bioetanol) Bioetanol / campuran bensin. Bioetanol juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar roket, dan sedang dalam ringan *powered* balap pesawat-roket .

### Propertis Bioetanol 70%

Rumus molekul	$C_2H_5OH$
Temperatur penyalaan	425 °C (ethanol)
Kelarutan di dalam air	(20 °C) tercampur sepenuhnya
Densitas	0.869 g/cm <sup>3</sup> (20 °C)
Tekanan uap	59 hPa (20 °C)
Batasan ledakan	3.5 - 15 % (V) (ethanol)
Titik nyala	12 °C (ethanol)
Indeks Refraktif	1.36

Sumber : [www.merck-chemicals.com](http://www.merck-chemicals.com)

#### 2.4.2 Bioetanol Sebagai Pengganti Etanol

Meskipun bahan bakar fosil telah menjadi sumber energi dominan untuk dunia modern, alkohol telah digunakan sebagai bahan bakar sepanjang sejarah. Alkohol alifatik pertama empat (metanol, etanol, propanol, butanol dan) yang menarik sebagai bahan bakar karena mereka dapat disintesis secara kimia atau biologis, dan mereka memiliki karakteristik yang memungkinkan mereka untuk digunakan dalam mesin saat ini. Satu keuntungan yang dimiliki oleh semua empat alkohol adalah nilai oktan tinggi.

Hal ini cenderung untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dan sebagian besar offset kepadatan energi yang lebih rendah dari bahan bakar alkohol (dibandingkan dengan bensin / bensin dan bahan bakar solar), sehingga mengakibatkan sebanding "bahan bakar" dalam hal jarak per metrik volume, seperti kilometer per liter, atau mil per galon. Biobutanol memiliki keuntungan bahwa kepadatan energinya lebih dekat dengan bensin dari alkohol sederhana (namun tetap menyimpannya lebih dari 25% nilai oktan yang lebih tinggi), namun, biobutanol saat ini lebih sulit untuk menghasilkan daripada etanol atau metanol. Rumus kimia umum untuk bahan bakar alkohol adalah  $C_nH_{2n+1}OH$ .

Metanol Kebanyakan diproduksi dari gas alam, meskipun dapat diproduksi dari biomassa dengan menggunakan proses kimia yang sangat mirip. Ethanol umumnya dihasilkan dari bahan biologis meskipun proses fermentasi. Ketika

diperoleh dari bahan biologis dan / atau proses biologis, mereka dikenal sebagai *bioalcohols* (misalnya bioetanol). Tidak ada perbedaan kimia antara alkohol biologis diproduksi dan kimia yang dihasilkan. Namun, "etanol" yang berasal dari minyak bumi tidak boleh dianggap aman untuk dikonsumsi sebagai alkohol ini mengandung sekitar metanol 5% dan dapat menyebabkan kebutaan atau kematian. Campuran ini juga mungkin tidak dimurnikan dengan distilasi sederhana, karena membentuk campuran *azeotrop*. (Alcohol Fuel-Wikipedia, the free encyclopedia)

### 2.5 Detonasi Pada Motor Bensin

Dalam keadaan tertentu maka pembakaran dalam silinder motor dapat terjadi kenaikan yang sangat cepat dan kuat sehingga diluar terdengar suara "knocking". Kejadian inilah yang biasa disebut dengan detonasi akibat gelombang detonasi yang ada dalam silinder, hingga didalamnya naik lebih cepat hingga 40 kg/cm tiap 0,001 detik.

Detonasi ini dapat terjadi pada semua jenis motor bakar. Sifatnya sangat merugikan, karena:

1. Mengurangi rendemen motor, sebab lebih banyak panas yang diserahkan pada dinding silinder dari pada yang diubah menjadi usaha.
2. Mengakibatkan retak pada torak, batang dan komponen yang lain.
3. Mengakibatkan pembakaran yang terlampau pagi.

Pada motor bensin terdapat 2 (dua) macam detonasi :

1. Detonasi karena campuran bahan bakar sudah menyala sebelum busi mengeluarkan bunga api. Hal ini disebabkan karena kotoran-kotoran yang tertimbun dan menyala terus menerus. Jadi untuk menghilangkan detonasi, motor bensin perlu dibersihkan secara rutin, perbaikan pada sistem pendingin.
2. Detonasi yang timbul karena kecepatan pembakaran bahan bakar disekitar busi, termampat olehnya sehingga terbakar dengan sendirinya meskipun pembakaran didahului oleh nyala api busi. Tetapi untuk pembakaran yang sempurna dibutuhkan gerakan nyala api yang teratur dimulai dari busi.

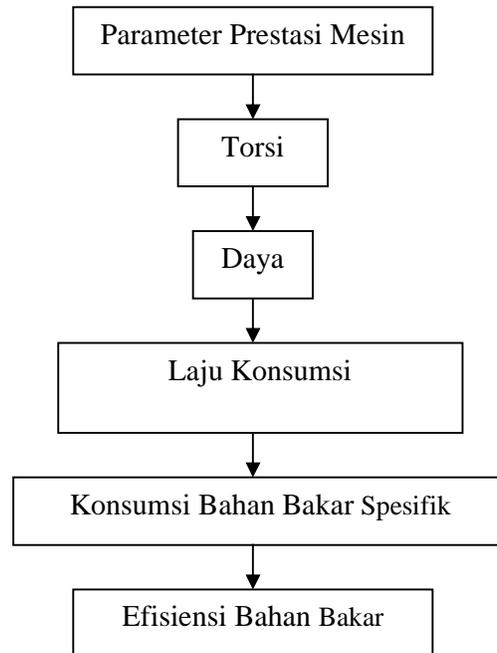
## **2.6 Bioetanol Injection**

*Bioetanol Injection* adalah suatu cara menyuntikan bioetanol ke ruang bakar melalui intake manifold untuk bercampur dengan bahan bakar dan udara sebelum masuk ke ruang bakar. Dengan mencampurkan bioetanol dan bahan bakar premium dapat meningkatkan daya dan torsi, hal ini disebabkan karena nilai angka oktan pada bahan bakar premium dengan bahan bakar premium setelah ditambahkan dengan mbioetanol berbeda, bioetanol memiliki angka oktan 118, sedangkan premium mempunyai angka oktan tinggi berpengaruh terhadap kenaikan torsi. Angka oktan pada bensin adalah suatu bilangan yang menunjukkan sifat anti ketukan/berdetonasi. Dengan kata lain, maka tinggi angka oktan semakin berkurang kemungkinan untuk terjadi detonasi (*knocking*). Dengan berkurangnya intensitas untuk berdetonasi, maka pembakaran menjadi lebih baik sehingga tenaga motor akan lebih besar.

## **2.7 Parameter Prestasi Mesin.**

Pada umumnya performa atau prestasi mesin bisa diketahui membaca dan menganalisis parameter yang ditulis dalam sebuah laporan atau media lain. Biasanya kita akan mengetahui daya, torsi, dan bahan bakar spesifik dari mesin tersebut. Parameter itulah yang menjadi pedoman praktis prestasi sebuah mesin.

Parameter prestasi mesin dapat dilihat dari berbagai hal diantara yang terdapat dalam diagram sebagai berikut :



Gambar 2.6 Diagram Alir Prestasi Mesin

Secara umum daya berbanding lurus dengan luas piston sedang torsi berbanding lurus dengan volume langkah. Parameter tersebut relatif penting digunakan pada mesin yang berkemampuan kerja dengan variasi kecepatan operasi dan tingkat pembebanan. Daya maksimum didefinisikan sebagai kemampuan maksimum yang bisa dihasilkan oleh suatu mesin. Adapun torsi poros pada kecepatan tertentu mengindikasikan kemampuan untuk memperoleh aliran udara (dan juga bahan bakar) yang tinggi kedalam mesin pada kecepatan tersebut. Sementara suatu mesin dioperasikan pada waktu yang cukup lama, maka konsumsi bahan bakar suatu efisiensi mesinnya menjadi suatu hal yang dirasa sangat penting.

## 2.8 Unjuk Kerja Mesin Otto

Tujuan utama dalam menganalisa unjuk kerja adalah untuk memperbaiki keluaran kerja dan keandalan dari mesin. Pengujian dari suatu motor bakar adalah untuk mengetahui kinerja dari motor bakar itu sendiri. Parameter yang akan dibahas untuk mengetahui kinerja mesin dalam motor Otto empat langkah adalah :

1. *Torque* (T)
2. Daya efektif (Ne)
3. Konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe)

#### 1. *Torque* (T)

*Torque* merupakan gaya putar yang dihasilkan oleh poros mesin. Besarnya *torque* dapat diukur dengan menggunakan alat *dynamometer*. Besarnya *Torque* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = F \cdot l \text{ [Nm]} \dots\dots\dots(1)$$

T = Momen gaya yang dihasilkan (N m)

F = Gaya (Newton)

l = Panjang lengan engkol (meter)

Semakin besar daya ledak yang dihasilkan oleh hasil pembakaran bahan bakar maka akan menghasilkan gaya gerak translasi pada piston yang semakin besar. Sedangkan torque merupakan perkalian antara gaya hasil pembakaran terhadap lengan dari torak yang menghasilkan gerak rotasi tersebut juga akan semakin besar.

#### 2. Daya Efektif (Ne)

Daya efektif merupakan daya yang dihasilkan oleh poros engkol untuk menggerakkan beban. Daya efektif ini dibangkitkan oleh daya indikasi yaitu suatu daya yang dihasilkan torak. Daya efektif didapatkan dengan mengalikan *Torque* (T) dengan kecepatan anguler poros (  $\omega$  ) dengan persamaan sebagai berikut:

$$Ne = T \cdot \omega = \frac{T \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{60 \cdot 75} = \frac{T \cdot n}{716,2 \cdot 9,8} = \frac{T \cdot n}{7018,76} \text{ (HP)} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan:

Ne = daya efektif (HP)

T = *torque* (N m)

$\omega$  = kecepatan anguler poros (rad. detik<sup>-1</sup>)

$n$  = putaran poros engkol (rpm)

### 3. 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 buret kemudian diamati waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar sebesar volume tertentu pada kondisi mesin bekerja pada putaran stasioner. Konsumsi bahan bakar tersebut dikonversikan ke dalam satuan Kg/Jam, maka akan diperoleh rumusan:

$$F_c = \frac{b}{t} \cdot \gamma f \cdot \frac{3600}{1000} \text{ (Kg/Jam)} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan:

$F_c$  = konsumsi bahan bakar (Kg/Jam)

$b$  = volume bahan bakar selama  $t$  detik (ml)

$t$  = waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak  $b$  liter (dtk)

$f$  = berat spesifik bahan bakar (kg/liter)

## **BAB 3. METODOLOGI**

### **3.1 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh dari suatu perlakuan atau desain baru dengan cara membandingkan desain tersebut dengan desain tanpa perlakuan sebagai kontrol atau pembanding. Atau membandingkan pengujian beberapa variasi perlakuan dengan pengujian tanpa variasi sebagai pembanding.

### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Dan waktu penelitian berlangsung selama 4 bulan yaitu dimulai dari bulan oktober 2011 sampai dengan bulan januari 2011.

### **3.3 Alat dan Bahan Penelitian**

Pada penelitian ini terdapat beberapa alat dan bahan meliputi:

#### **3.3.1 Alat :**

1. Sepeda motor Honda RevoNF11BIDMT, dengan spesifikasi mesin sebagai berikut:
  - a. Jenis 4 langkah, SOHC
  - b. Sistem pendingin udara
  - c. Jumlah silinder 1
  - d. Tipe mesin 4-Langkah, SOHC, Pendingin udara
  - e. Diameter x langkah 50 x 49,5 mm
  - f. Volume langkah 97,1 cc
  - g. Perbandingan kompresi 9,0:1
  - h. Daya maksimum 5,36 kW (7,18 hp)/8.000 rpm
  - i. Torsi maksimum 7,25 Nm/6.000 rpm
  - j. Kopling Otomatis sentrifugal

Spesifikasi transmisi sepeda motor Honda Revo

- a. Gigi transmisi Kecepatan bertautan tetap
- b. Pola pengoperan gigi N-1-2-3-4-N (rotari)

Spesifikasi kelistrikan sepeda motor Suzuki Smash

- c. Aki MF 12V, 5Ah
- d. Sistem pengapian AC-CDI, Magneto
- e. Starter Pedal dan elektrik

2. Perlengkapan Pendukung :

- a. Terminal sensor *Dynamometer*;
- b. Sensor kecepatan putaran mesin;
- c. Sensor kecepatan putaran mesin *roller dynamometer*;
- d. *Toolset* , *drill set* dan obeng,
- e. Seperangkat Komputer;
- f. Stopwatch;
- g. Buret 100 ml;
- h. Buret 50 ml;
- i. Blower.

### 3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah:

1. Pertamax sebagai bahan bakar sepeda motor;
2. Bioetanol 70% sebagai aditif *gasoline*;
3. Perlengkapan *Bioetanol Injection*:
  - Injector menggunakan spuyer petromak;
  - *Solenoid Vaccum Valve*;
  - Pompa Wiper;
  - Kabel;
  - Selang d= 5mm;
  - Baut dan Mur;
  - Catu daya DC 12 Volt;
  - Alternator;
  - Saklar;

- Kontrol *solenoid Vacuum Valve*;
- Kran Aquarium;
- Tangki Penampung bioetanol.

### 3.4 Variabel Pengukuran

#### 3.4.1 Variabel Bebas

Yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian, variabel bebas yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Variasi putaran mesin dengan 3000 rpm, sampai 9000 rpm
2. Variasi debit dengan *bioetanol injection* dengan debit bioetanol sebesar 3 ml, 5 ml dan 7 ml per menit. Alasan menggunakan debit ini karena kapasitas alatnya memungkinkan untuk debit bioetanol 3 ml, 5 ml, 7 ml. Kalau memakai debit 1 ml, 3 ml, 5 ml kesulitan untuk mengukurnya.

#### 3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Penelitian ini mempunyai variabel terikat yang meliputi data-data yang diperoleh pada pengujian motor bakar. Tujuan dari pengujian motor bakar adalah untuk mengetahui unjuk kerja mesin tersebut dengan menganalisa data-datanya yang meliputi:

- a. Waktu pemakaian bahan bakar atau  $t$  (detik);
- b. Torsi (N.m);
- c. Daya efektif motor (*brake horse power/bhp/Ne*).

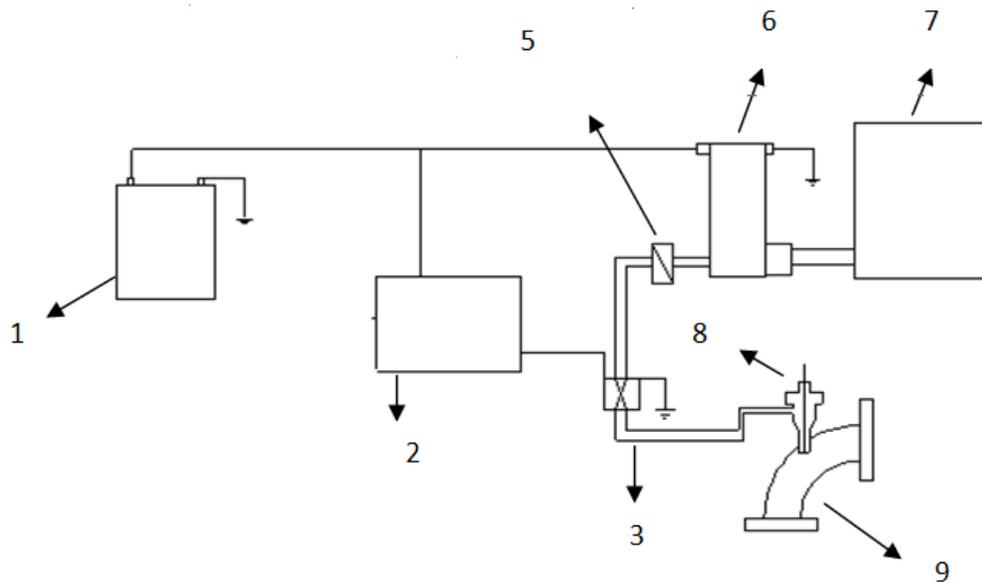
### 3.5 Prosedur Pengujian

#### 3.5.1 Penyusunan Alat Penelitian

Sebelum penelitian dilaksanakan, terlebih dahulu dilakukan persiapan menyusun perlengkapan penelitian. Sebelum penyusunan alat, dilakukan pengecekan kondisi sepeda motor misalnya karburator, kondisi pelumas, bahan

bakar, serta tekanan ban balakang, kekencangan rantai. Pengecekan kondisi pelumas dilakukan dengan membuka tutup pengisian oli setelah itu kita dapat melihat ketinggiannya volumenya oli, jika volumenya oli kurang maka bisa dilakukan penggantian oli atau cukup ditambah oli saja. Pengecekan bahan bakar dapat dilihat pada buret bahan bakar dengan kapasitas volume 100 ml. Pengecekan tekanan ban dapat dilakukan dengan pressure gage untuk mengetahui tekanannya, tekananya ban sepeda motor yang ideal sekitar 2.5 – 4 atm. Pengecekan kekencangan rantai dapat dilakukan dengan mengukur penyimpangan rantai yang ditekan dari keadaan bebas, penyimpangannya sekitar 20-30 mm. Pengecekan juga dilakukan pada mesin uji dinamometer yaitu pada *roller dynamometer* yaitu *roller dynamometer*, konsol pengkonversi, sensor putaran mesin.

Perlengkapan alat untuk *bioetanol injection* terdiri dari injector, alternator/sepul, *solenoid vaccum valve*, pompa wiper, catu daya DC, saklar, selang  $d=5\text{mm}$ , kontrol *solenoid vaccum valve*. Pompa wiper selalu hidup ketika mesin dihidupkan atau saklar dihidupkan. Pembukaan *solenoid vaccum valve* diatur oleh kontrol *solenoid vaccum valve* yang menggunakan IC 55 dan LM 4017, kontrol *solenoid valve* menghidupkan/ membuka *solenoid valve* sehingga terjadi penyemprotan Bioetanol pada *intake manifold*. Skema sistem injeksi dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Sistem Injeksi pada *Bioethanol Injection*

Keterangan Rangkaian alat peneliti

1. Accu Daya DC 12 V;
2. *Control Solenoid Vacuum Valve*;
3. *Solenoid Vacuum Valve*;
4. Selang Pneumatik;
5. Kran Aquarium;
6. Pompa Wiper;
7. Tangki Penampung mBioethanol;
8. *Injector/ Nozzel*;
9. *Intake Manifold*.

### 3.5.2 Tahapan Penelitian

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini ada 2 macam yaitu:

1. Pengujian dengan mesin standart;

Pada pengujian standart tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Tahap Persiapan Pengambilan Data

Setelah proses penyusunan peralatan dan motor uji sudah terpasang dengan baik pada *dynotest* maka dilakukan proses pengecekan pada kondisi pemasangan motor, pengecekan terhadap alat ukur dan sensor-sensor alat ukur yang terhubung pada terminal *dynotest* serta mencatat kondisi ruangan yaitu suhu dan kelembaban udara ruangan. Setelah semua terpasang dengan baik, atur posisi *blower* sebagai pendingin mesin.

b. Tahap Pengambilan Data

Tahapan proses pengujian dapat diperinci sebagai berikut:

- 1) Mengatur volume bahan bakar pertamax pada tabung ukur (*buret*);
- 2) Menghidupkan mesin dan mengoposisikan secara berurutan tiap percobaan pada rasio gigi 4.
- 3) Mengatur bukaan *throttle* hingga mencapai putaran mesin 3000 rpm;
- 4) Memulai pengujian atau proses pengambilan data oleh mesin *dynotest* dengan range putaran 3000-9000 rpm. Pengujian dilakukan dengan membuka *throttle* sampai 3000 rpm dan selanjutnya *throttle* dibuka secara penuh hingga mencapai putaran maksimal dan dilakukan penahanan dan pengujian selesai;
- 5) Setelah mencapai putaran 9000 rpm pengambilan data selesai (menghentikan proses pengambilan data pada mesin *dynotest*);
- 6) Menghentikan mesin motor sampai keadaan mesin dingin;
- 7) Mengulangi langkah 1 s.d 6, Untuk menguji konsumsi bahan bakar dilakukan dengan kecepatan konstan yaitu 3000 rpm sampai 9000 rpm pada posisi gigi 4. Pengujian dilakukan dengan konsumsi bahan bakar tiap tahap putaran sebesar 10 ml dan catat waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan bahan bakar tersebut;

c. Akhir Pengambilan data

Setelah proses pengujian atau pengambilan data selesai, langkah selanjutnya adalah:

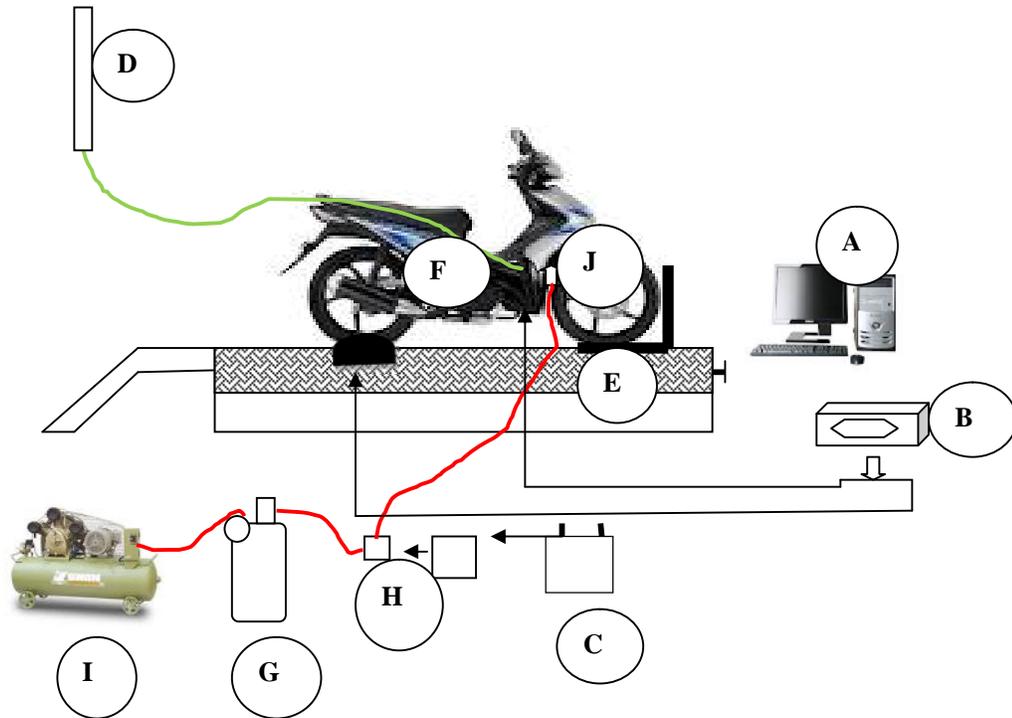
- 1) Mematikan semua alat elektronik yang digunakan selama pengujian;
- 2) Melepaskan semua sensor-sensor serta perlengkapan lainnya dari mesin uji;
- 3) Menurunkan kendaraan uji dan memeriksa seluruh keadaan mesin uji.

2. Pengujian menggunakan *bioetanol injection* dengan variasi debit Bioetanol:

- 1) Memasang dan menyetel *Bioetanol injection* yang akan digunakan, agar pada saat pengujian tidak terjadi masalah;
- 2) Membuka keran air yang akan masuk ke ruang bakar;
- 3) Menghidupkan pompa wiper dengan catu daya DC 12 volt;
- 4) Menghidupkan rangkaian kontrol solenoid valve dengan catu daya yang sesuai;
- 5) Mengatur volume bahan bakar pertamax pada tabung ukur (*buret*);
- 6) Menghidupkan mesin dan memposisikan secara berurutan tiap percobaan pada rasio gigi 4.
- 7) Mengatur bukaan *throttle* hingga mencapai putaran mesin 3000 rpm;
- 8) Menstart pengujian atau proses pengambilan data oleh mesin *dynotest* dengan range putaran 3000-9000 rpm. Pengujian dilakukan dengan membuka *throttle* sampai 3000 rpm dan selanjutnya *throttle* dibuka secara penuh hingga mencapai putaran maksimal dan dilakukan penahanan dan pengujian selesai;

- 9) Setelah mencapai putaran 9000 rpm pengambilan data selesai (menghentikan proses pengambilan data pada mesin *dynotest*)
- 10) Menghentikan mesin motor sampai keadaan mesin dingin;
- 11) Mengulangi langkah 1 s.d 8
- 12) Untuk menguji konsumsi bahan bakar dilakukan dengan kecepatan konstan yaitu 3000 rpm samapai 9000 rpm. Pengujian dilakukan dengan konsumsi bahan bakar tiap tahap putaran sebesar 10 ml dan mencatat waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan bahan bakar tersebut;
- 13) Menambahkan Bioetanol pada Bioetanol injection dengan debit mbioetanol sebesar 3 ml, 5 ml, dan 7 ml kemudian mengulang prosedur 1 sampai 11.

### 3.6 Skema Alat Uji



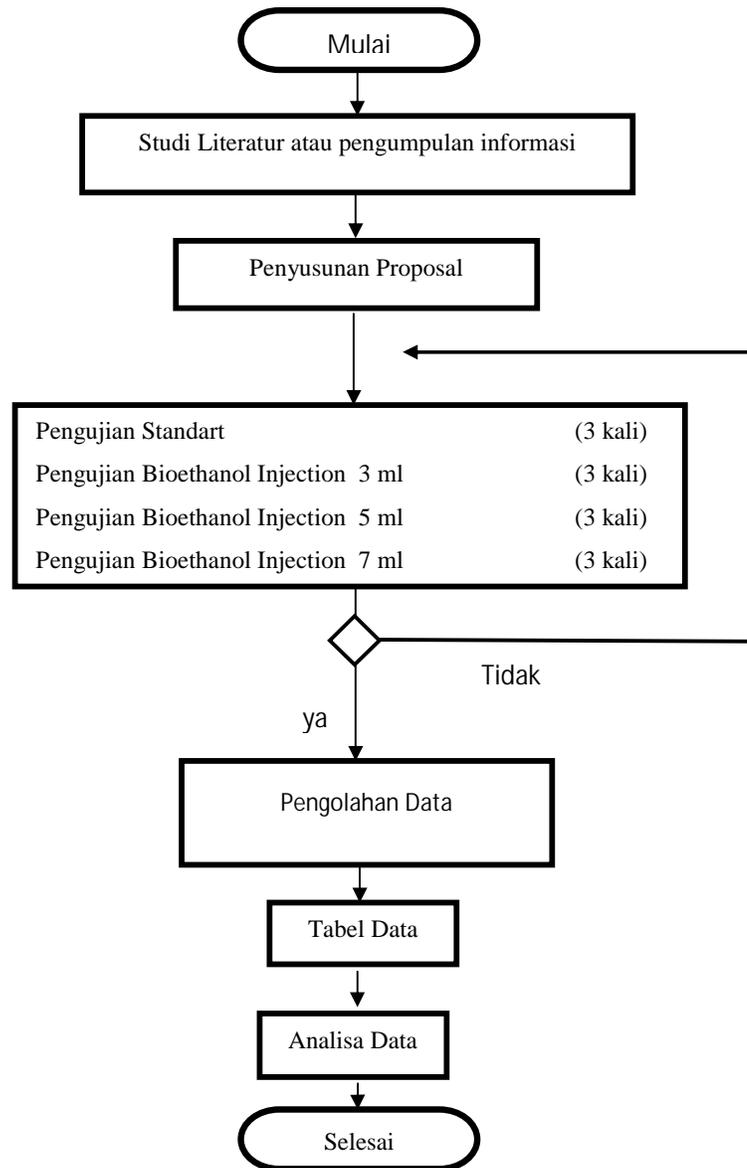
Gambar .3.2 skema alat uji

Keterangan:

- A. Seperangkat Komputer
- B. Terminal Dyno Test (Konverter sensor)
- C. Accu DC 12 Volt
- D. Buret
- E. Bed Dyno Meter
- F. Motor Uji
- G. Tabung Bioetanol
- H. Seleniod
- I. Pompa
- J. Injector

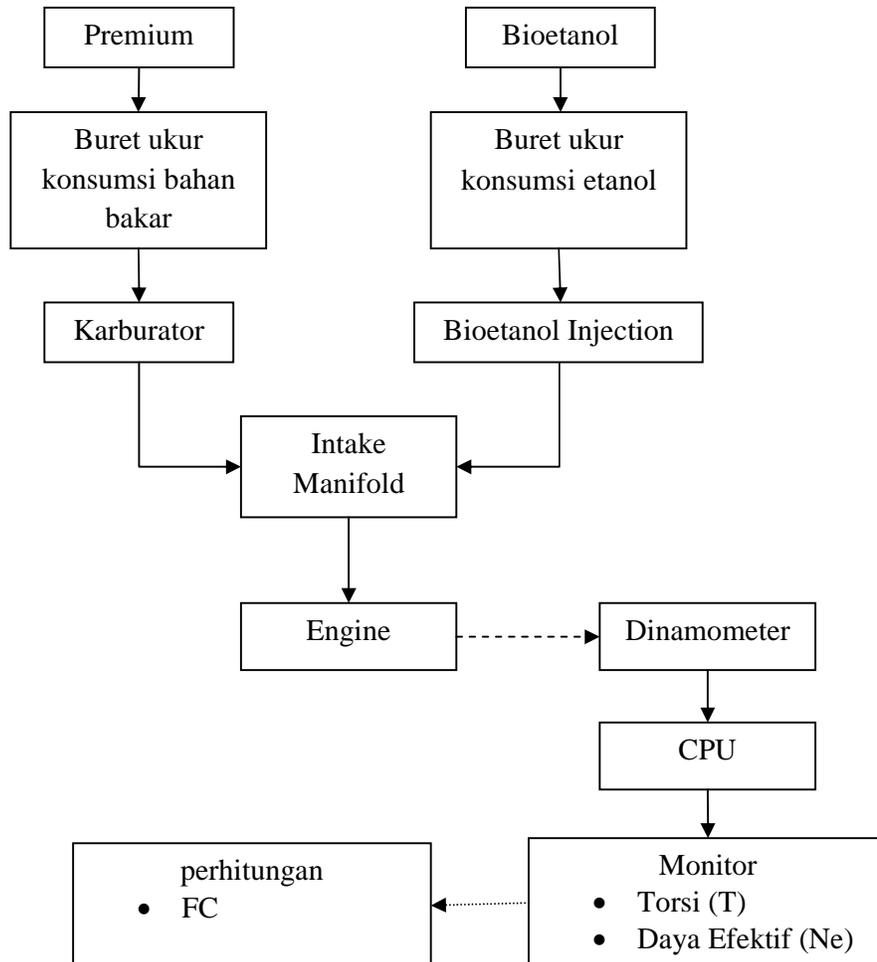
### 3.7 Diagram Alir Penelitian

Proses dalam penelitian ini dapat digambarkan pada diagram alir dibawah ini.



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian

### 3.8 Skema Pengujian



Gambar 3.4 Skema Pengujian

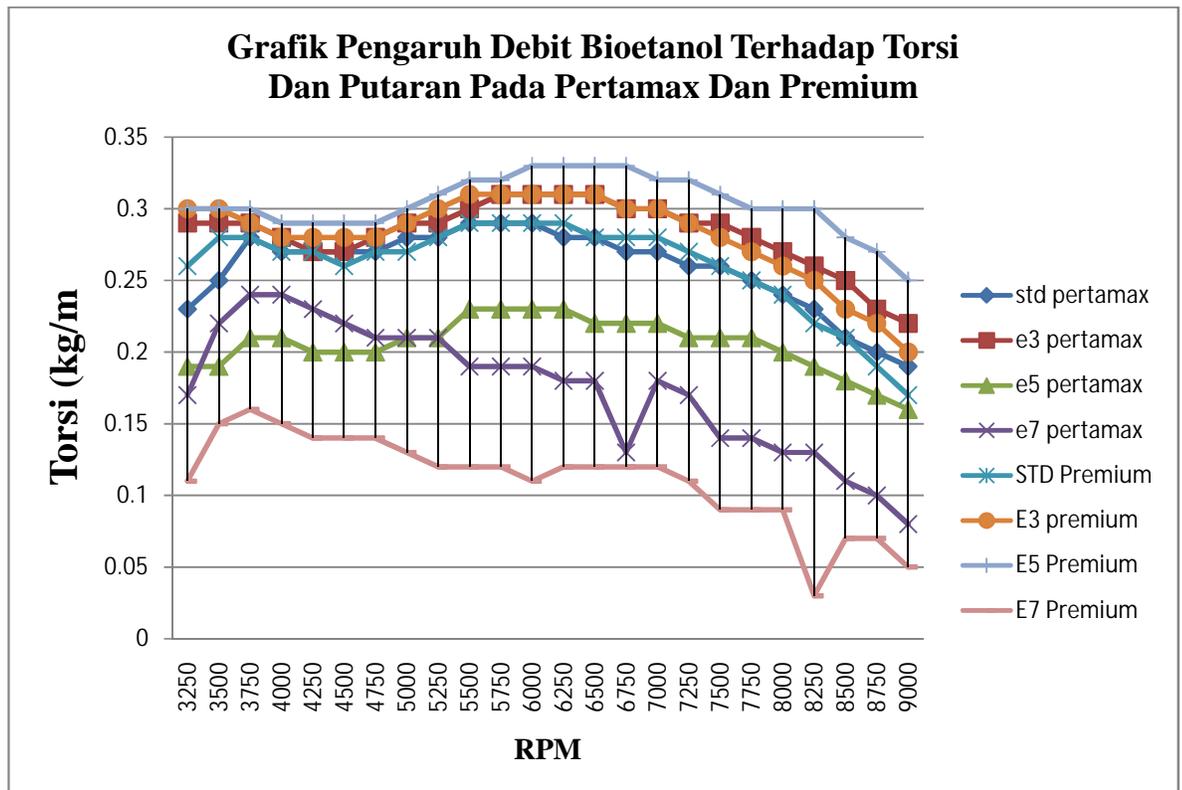
## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengaruh Torsi Dan Putaran Mesin

Berdasarkan perhitungan torsi didapat dengan mengalikan inersia roller ( $I$ ) pada *Dynamometer* dengan percepatan sudutnya ( $\alpha$ ) yang dihasilkan dari putaran mesin motor. Rumus torsi ditunjukkan pada persamaan di bawah ini.

$$T = I \cdot \alpha \quad (\text{Nm})$$

Dalam pengujian menggunakan *Dynamometer* hasil yang didapat langsung berupa nilai torsi dalam tiap putaran mesin. Hubungan torsi rata-rata pada gigi 4 pada mesin sepeda motor Honda Revo 100cc terhadap putaran mesin motor berbahan bakar campuran pertamax dan Bioetanol dapat dilihat pada Gambar 4.1. Pada gambar di bawah ini adalah torsi rata-rata dari tiga kali pengujian.



Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Debit Bioetanol Terhadap Torsi Dan Putaran Pada Pertamax Dan Premium

Berdasarkan Gambar 4.1 pemakaian bahan bakar pertamax untuk transmisi ke empat yang menghasilkan torsi maksimum rata-rata tertinggi adalah BI03, kemudian BI00, BI05, dan yang terakhir BI07. Pemakaian bahan bakar pertamax dengan aditif *Bioetanol Injection* dengan debit Bioetanol 3 ml/menit menghasilkan torsi maksimum sebesar 0.31 N.m pada putaran mesin 6174 rpm. Pemakaian bahan bakar pertamax dengan aditif *Bioetanol Injection* dengan debit Bioetanol 5 ml/ menit menghasilkan torsi maksimum sebesar 0.23 kg.m pada putaran mesin 6256 rpm. Pemakaian bahan bakar pertamax dengan aditif *Bioetanol Injection* dengan debit Bioetanol 7 ml/ menit menghasilkan torsi maksimum sebesar 0.13 kg.m pada putaran mesin 3688 rpm. Pemakaian bahan bakar pertamax menghasilkan torsi maksimum sebesar 0.29 kg.m pada putaran mesin 6071 rpm. Jadi kenaikan torsi tertinggi dari kondisi standart (BI00) sebesar 0.02 N.m atau 6.89 % terhadap kondisi BI03.

Sedangkan pada penelitian (Marshall, 2012) untuk pemakaian bahan bakar premium dengan aditif *Bioetanol Injection* dengan debit Bioetanol 5 ml/menit menghasilkan torsi maksimum sebesar 0.33 N.m pada putaran mesin 6198 rpm. Pemakaian bahan bakar premium dengan aditif *Bioetanol Injection* dengan debit Etanol 3 ml/ menit menghasilkan torsi maksimum sebesar 0.31 kg.m pada putaran mesin 6316 rpm. Pemakaian bahan bakar premium dengan aditif *Bioetanol Injection* dengan debit Etanol 7 ml/ menit menghasilkan torsi maksimum sebesar 0.16 kg.m pada putaran mesin 3688 rpm. Pemakaian bahan bakar premium menghasilkan torsi maksimum sebesar 0.29 kg.m pada putaran mesin 5653 rpm. Jadi kenaikan torsi tertinggi dari kondisi standart (EI00) sebesar 0.04 N.m atau 13.7 % terhadap kondisi EI05.

Data di atas menunjukkan bahwa torsi pada bahan bakar pertamax yang dihasilkan pada BI03 menghasilkan torsi tertinggi sebesar 0.31 N.m, sedangkan torsi pemakaian bahan bakar premium yang dihasilkan pada BIE5 menghasilkan torsi tertinggi sebesar 0.33 N.m. Jadi pada grafik di atas torsi tertinggi terjadi pada BIE5 berbahan bakar premium, sehingga angka oktan tinggi menghasilkan torsi tinggi. Kebanyakan orang mengira bahwa angka oktan adalah identik dengan mutu bensin. Padahal angka oktan hanyalah satu diantara sekian banyak parameter

pada spesifikasi bahan bakar bensin. Yang patut disayangkan adalah kenyataan bahwa kalangan profesional dan pengambil kebijakan masih banyak yang menganggap angka oktan merupakan ukuran pokok untuk penilaian mutu bensin sehingga mengabaikan faktor – faktor yang lain yang besar pengaruhnya pada kinerja mesin ( J. Purwosutrisno Sudarmadi ).

Karena nilai angka oktan pada bahan bakar pertamax setelah ditambahkan dengan Bioetanol akan semakin meningkat karena bioetanol memiliki angka oktan yang lebih tinggi daripada angka oktan yang terdapat pada bahan bakar pertamax, yaitu memiliki angka oktan 117 sedangkan angka oktan pada pertamax mempunyai angka oktan sebesar 92. Namun dengan menambahkan debit bioetanol 3 ml/menit, menyebabkan penambahan torsi tidak terlalu optimal. Hal ini membuktikan bahwa kenaikan angka oktan menunjukkan sifat anti ketukan atau berdenotasi dengan kata lain semakin kecil atau semakin berkurangnya denotasi, performa mesin akan menjadi lebih baik dibandingkan hanya menggunakan bahan bakar yang bernilai angka oktan rendah atau angka oktan yang kurang tepat penggunaannya. Kandungan air dalam bioetanol 70% yang digunakan, tidak terlalu berpengaruh karena air dan bioetanol tidak bereaksi dan tidak menghasilkan unsur baru ketika berampur. Justru kandungan air dalam bioetanol akan memperbaiki performa ruang bakar karena air bersifat sebagai pendingin pada *Bioetanol injection*.

Pada gambar 4.1 bisa dilihat secara cepat pada putaran 4500rpm hingga 6250rpm mengalami titik puncak torsi 0.31 kg.m, ini dikarenakan akselerasi penarikan *throttle* awal yang cepat terjadi pemasukan volume bahan bakar dan udara yang meningkat dan cepat ke dalam ruang bakar sehingga menghasilkan akselerasi yang cukup cepat. Kemudian cenderung menurun hal ini disebabkan karena banyaknya kerugian-kerugian seiring bertambahnya putaran mesin dan kerugian yang diakibatkan oleh gesekan antara torak dan dinding silinder yang semakin besar.

Untuk penambahan debit *Bioetanol injection* dengan debit 7ml/menit pada rpm 3250 hingga 3750 mengalami kenaikan yang disebabkan oleh bukaan *throttle* yang masih terlalu sedikit, begitu pula debit bioetanolnya. Selain itu pembakaran

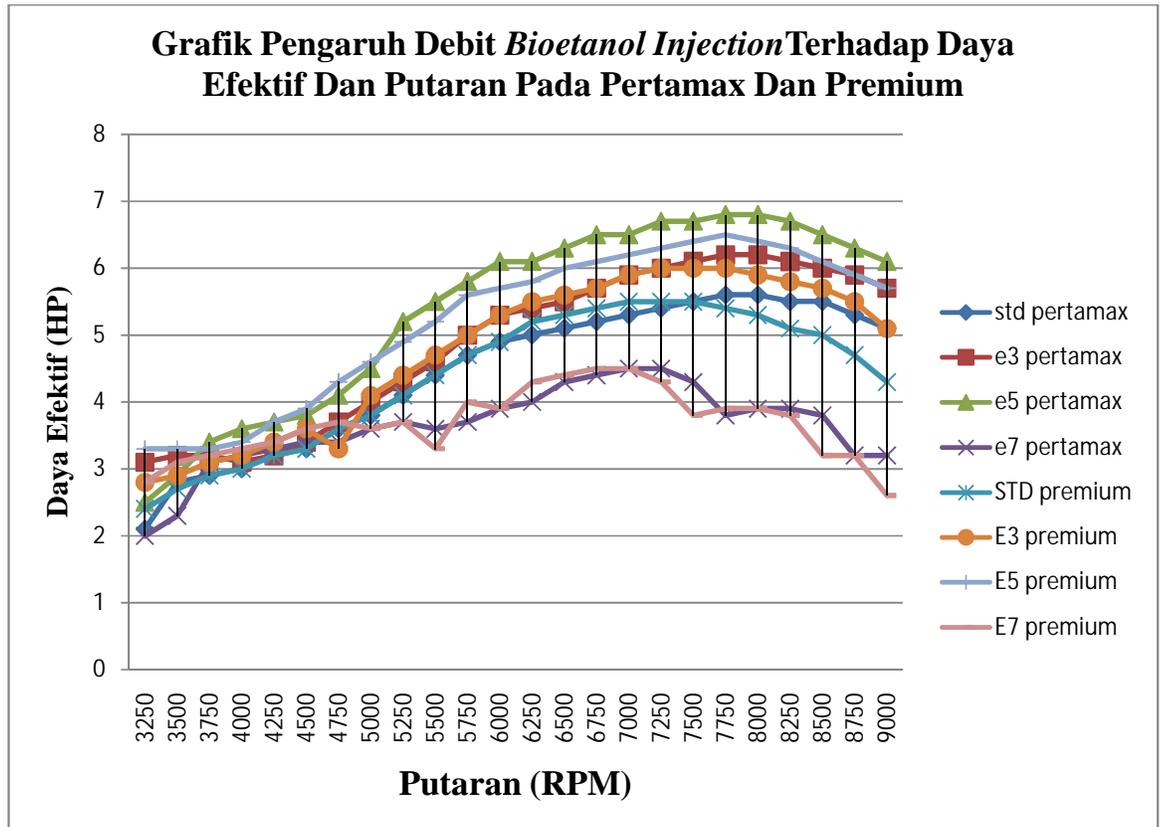
di dalam ruang bakar masih bisa di anggap optimal karena pembakaran bensin dan etanol belum terjadi penumpukan yang signifikan. Pada rpm 3750 sampai 9000 terjadi penurunan yang dikarenakan penggunaan angka oktan yang berlebihan menyebabkan sifat anti ketukan atau berdenotasi yang terlalu tinggi dari bioetanol menyebabkan etanol tidak terbakar sempurna yang dikarenakan terjadi penumpukan bioetanol.

#### 4.2 Pengaruh Daya Efektif Dan Putaran Mesin

Daya efektif rata-rata ( $Ne$ ) torsi rata-rata ( $T$ ), dimana rumus daya efektif pada persamaan (3) sebagai berikut :

$$Ne = \frac{T.n}{716,2} \text{ (Hp)}$$

Berdasarkan persamaan (3), dapat disimpulkan bahwa nilai daya efektif rata-rata berbanding lurus dengan torsi rata-rata ( $Ne \propto T$ ). Semakin tinggi nilai torsi rata-rata maka semakin tinggi pula nilai daya efektif rata-rata, juga sebaliknya semakin rendah nilai torsi rata-rata maka semakin rendah pula nilai daya efektif rata-rata. Tetapi tidak semuanya kenaikan torsi diikuti oleh kenaikan daya efektif karena torsi mengalami kenaikan pada aliran aditif *Bioetanol injection* 3ml/menit sedangkan daya efektif mengalami kenaikan maksimum pada aliran aditif *Bioetanol injection* 5ml/menit, Kenaikan daya efektif dipengaruhi oleh putaran yang stabil dikarenakan pembakaran yang sempurna pada titik tertentu sehingga yang terjadi perbedaan kenaikan titik maksimum pada torsi dan daya efektif. Hasil pengujian daya efektif rata-rata pada gigi 4 pada mesin sepeda motor Honda Revo 100cc ditunjukkan pada Gambar 4.2. Pada gambar di bawah ini adalah daya efektif rata-rata dari tiga kali pengujian



Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Debit Bioetanol Terhadap Daya Dan Putaran Pada Pertamina Dan Premium

Berdasarkan Gambar 4.2 pemakaian bahan bakar untuk transmisi ke empat yang menghasilkan daya efektif maksimum rata-rata tertinggi adalah *Bioetanol Injection* dengan debit Bioetanol 5 ml/menit, *Bioetanol Injection* dengan debit Bioetanol 3 ml/menit, *Bioetanol Injection*, dan bahan bakar pertamax pada kondisi standart yang terakhir pemakaian dengan debit Bioetanol 7 ml/menit.

Pemakaian bahan bakar pertamax dengan aditif *Bioetanol Injection* dengan debit Bioetanol 3 ml/menit menghasilkan daya efektif maksimum sebesar 6.2 HP pada putaran mesin 7693 rpm. Pemakaian bahan bakar pertamax dengan aditif *Bioetanol Injection* dengan debit Bioetanol 5 ml/menit menghasilkan daya efektif maksimum sebesar 6.8 HP pada putaran mesin 7706 rpm. Pemakaian dengan aditif *Bioetanol Injection* dengan debit Bioetanol 7 ml/menit menghasilkan daya efektif maksimum sebesar 4.5 HP pada putaran mesin 6885 rpm. Pemakaian

bahan bakar pertamax menghasilkan daya efektif maksimum sebesar 5.6 HP pada putaran mesin 7471 rpm. Kenaikan daya efektif tertinggi dari kondisi standart (BI00) sebesar 1.2 HP atau 21.4 % terhadap kondisi BI05.

Sedangkan pada penelitian (Marshal, 2012), Pemakaian bahan bakar premium dengan aditif *Bioetanol Injection* dengan debit Bioetanol 3 ml/menit menghasilkan daya efektif maksimum sebesar 6 HP pada putaran mesin 7152 rpm. Pemakaian bahan bakar premium dengan aditif *Bioetanol Injection* dengan debit Bioetanol 5 ml/menit menghasilkan daya efektif maksimum sebesar 6.5 HP pada putaran mesin 7630 rpm. Pemakaian dengan aditif *Bioetanol Injection* dengan debit Bioetanol 7 ml/menit menghasilkan daya efektif maksimum sebesar 4.5 HP pada putaran mesin 6885 rpm. Pemakaian bahan bakar premium menghasilkan daya efektif maksimum sebesar 5.5 HP pada putaran mesin 7157 rpm. Kenaikan daya efektif tertinggi dari kondisi standart (EI00) sebesar 1 HP atau 18.18 % terhadap kondisi EI05.

Data di atas menunjukkan bahwa daya tertinggi pemakaian bahan bakar pertamax dengan aditif *Bioetanol Injection* dengan debit 5 ml/menit sebesar 6.8 HP, sedangkan daya tertinggi pada pemakaian bahan premium dengan aditif *Bioetanol Injection* 5 ml/menit sebesar 6.5 HP. Jadi daya tertinggi terjadi pada pemakaian bahan pertamax dibandingkan dengan premium.

Kenaikan daya efektif dipengaruhi oleh putaran yang stabil dikarenakan pembakaran yang sempurna yang mulai dari putaran 3250 rpm hingga titik tertinggi pada putaran 7750 rpm. Namun setelah mencapai daya maksimum, daya efektif akan mengalami penurunan walaupun putaran mesin meningkat dikarenakan daya yang diperlukan untuk memutar roller tidak lagi memerlukan bnyak tenaga (konstan), hal ini disebabkan karena semakin tinggi putaran mesin maka kerugian-kerugian (*losses*) yang terjadi semakin besar.

Oleh karena itu, semakin tinggi putaran mesin maka gerakan proses buka tutup katup hisap dan buang semakin cepat juga. Sehingga mempengaruhi massa campuran bahan bakar dan udara yang masuk kedalam ruang silinder serta ditambah dengan waktu yang ada untuk pembakaran pada putaran tinggi yang lebih singkat, jika waktu pengapiannya kurang sempurna maka ada beberapa

bagian campuran bahan bakar dan udara yang belum terbakar secara sempurna juga, sehingga mengakibatkan terjadinya penurunan pelepasan energi dari bahan bakar saat proses pembakaran yang menyebabkan panas yang dihasilkan pada pembakaran didalam ruang bakar mesin berkurang, sehingga menyebabkan tekanan didalam ruang bakar berkurang.

Seiring dengan penurunan torsi pada penambahan aditif *Bioetanol injection* 7 ml/menit putaran mesin sekitar 4750 rpm sampai keatas menyebabkan mudah mengalami gejala terlambatnya detonasi atau penyalaan bahan bakar yang terlambat yang mengakibatkan torsi dan dayanya menurun karena sebagian dari Bioetanol belum terbakar terlebih dahulu sebelum fase *flame propagation* atau penyebaran api keseluruh ruang bakar. Hal ini dapat kita lihat dari tabel berikut:

Tabel 4.2 Hubungan Antara Nilai Oktan dan Perbandingan Kompresi

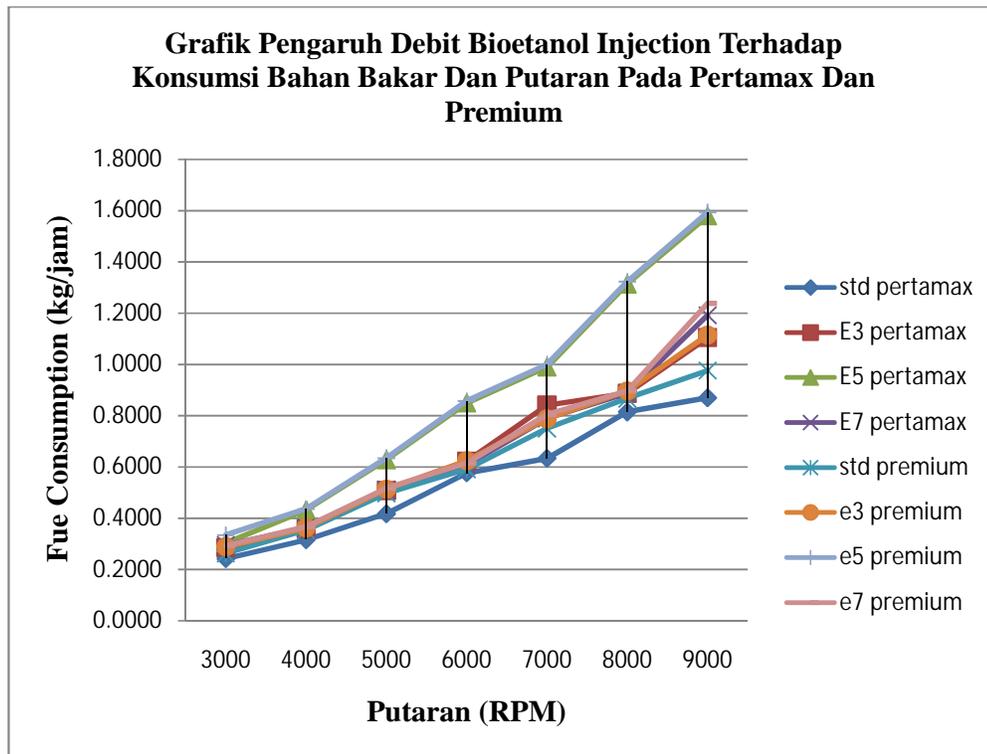
Perbandingan Kompresi	Nilai Oktan
8,5 - 9,0 : 1	Bahan bakar bernilai oktan 91
10 - 10,5 : 1	Bahan bakar bernilai oktan 100
11 - 12,5 : 1	Bahan bakar bernilai oktan 115
Diatas 14 : 1	Bahan bakar selain bensin

Sumber : Kompas otomotif

Dari tabel di atas dapat memberikan informasi bahwa untuk pemberian bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi dibutuhkan kompresi yang tinggi pula untuk hasil yang optimal. pertamax dengan angka oktan 92 dengan penambahan etanol dengan angka oktan 117 melalui proses *Bioetanol injection* dapat di asumsikan menambah nilai oktan dari pertamax itu sendiri, namun pemakaian *aditif* dengan tujuan penambahan oktan juga harus di ikuti dengan perbandingan kompresi yang tepat.

#### 4.3 Pengaruh Konsumsi Bahan Bakar Terhadap Putaran Mesin

Hasil pengujian konsumsi bahan bakar (*Fuel Consumption*) pada gigi 4 pada mesin sepeda motor Honda Revo 100cc ditunjukkan pada Gambar 4.3. Pada gambar di bawah ini adalah konsumsi bahan bakar dari tiga kali pengujian



Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Debit Bioetanol Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Putaran Pada Pertamax Dan Premium

Berdasarkan Gambar 4.3 pemakaian bahan bakar efektif akan semakin besar seiring dengan putaran mesin yang semakin besar. Berdasarkan grafik pada Gambar 4.3, FC terendah terdapat pada penggunaan pertamax sebesar 0.2428 Kg/Jam pada putaran mesin 3000 rpm. Sedangkan tertinggi terdapat pada penggunaan pertamax dengan aditif *Bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 5 ml/menit sebesar 0.8696 Kg/Jam pada putaran mesin 9000 rpm dan konsumsi bahan bakar yang paling boros adalah penggunaan pertamax dengan aditif *Bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 5 ml/menit sebesar 1.5791 Kg/Jam pada putaran mesin 9000 rpm sedangkan yang paling irit adalah penggunaan bahan bakar pertamax dengan aditif *Bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 3 ml/menit sebesar 1.1047 Kg/Jam pada putaran mesin 9000 rpm.

Sedangkan pada penelitian (Marshal, 2012), FC terendah terdapat pada penggunaan premium sebesar 0.2627 Kg/Jam pada putaran mesin 3000 rpm. Sedangkan tertinggi terdapat pada penggunaan premium dengan aditif *Bioetanol*

*injection* dengan kecepatan aliran 5 ml/menit sebesar 0.9756 Kg/Jam pada putaran mesin 9000 rpm dan konsumsi bahan bakar yang paling boros adalah penggunaan premium dengan aditif *Bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 5 ml/menit sebesar 1.5927 Kg/Jam pada putaran mesin 9000 rpm sedangkan yang paling irit adalah penggunaan bahan bakar premium dengan aditif *Bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 7 ml/menit sebesar 1.1148 Kg/Jam pada putaran mesin 9000 rpm.

Dengan demikian, FC dengan pemakaian pertamax lebih baik dibandingkan dengan FC dengan pemakaian premium. Karena konsumsi bahan bakar pertamax dengan aditif *Bioetanol Injection* dengan kecepatan aliran 3 ml/menit sebesar 1.1047 Kg/jam, sedangkan konsumsi bahan bakar premium dengan aditif *Bioetanol Injection* dengan kecepatan aliran 7 ml/menit sebesar 1.1148 kg/jam.

Namun bukan berarti nilai konsumsi bahan bakar yang semakin kecil maka nilai ekonomis akan semakin besar. Penggunaan bahan bakar pertamax dengan aditif *Bioetanol Injection* 3 ml/ menit memang paling irit karena Semakin tinggi carbon number, heating value dalam kJ/kmol juga semakin tinggi. Hal ini diikuti dengan penurunan daya dan torsi yang di perlihatkan pada gambar grafik 4.1 dan gambar grafik 4.2 menyebabkan perputaran mesin kurang maksimal jadi pengambilan bahan bakar juga tidak maksimal.

Pada transmisi gigi ke empat yang menghasilkan konsumsi bahan bakar terendah adalah sebagai berikut;

- FC untuk pertamax sebesar 0.2428 Kg/Jam pada putaran 3000 rpm ;
- FC untuk premium sebesar 0.2627 Kg/Jam pada putaran 3000 rpm ;
- FC untuk pertamax dengan aditif *Bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 3 ml/menit (BI03) sebesar 0.2860 Kg/Jam pada putaran 3000 rpm;
- FC untuk premium dengan aditif *Etanol injection* dengan kecepatan aliran 3 ml/menit (EI03) sebesar 0.2890 Kg/Jam pada putaran 3000 rpm;
- FC untuk pertamax dengan aditif *Bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 5 ml/menit (BI05) sebesar 0.3028 Kg/Jam pada putaran 3000 rpm;

- FC untuk premium dengan aditif *Etanol injection* dengan kecepatan aliran 5 ml/menit (EI05) sebesar 0.3349 Kg/Jam pada putaran 3000 rpm;
- FC untuk pertamax dengan aditif *Bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 7 ml/menit (BI07) sebesar 0.2959 Kg/Jam pada putaran 3000 rpm;
- FC untuk premium dengan aditif *Etanol injection* dengan kecepatan aliran 7 ml/menit (EI07) sebesar 0.2933 Kg/Jam pada putaran 3000 rpm;

Nilai konsumsi bahan yang dihasilkan yang paling rendah adalah penggunaan bahan bakar pertamax. Hal ini dikarenakan waktu konsumsi untuk menghabiskan jumlah pertamax 10 ml lebih lama jika dibandingkan dengan pertamax dengan pencampuran Bioetanol. Seperti pada rumusan  $FC = \frac{b}{t} \cdot f \cdot \frac{3600}{1000}$  (Kg. Jam<sup>-1</sup>), t adalah waktu, maka semakin lama waktu untuk menghabiskan bahan bakar maka nilai FC semakin kecil sehingga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi, lama waktu menghabiskan bahan bakar pertamax.

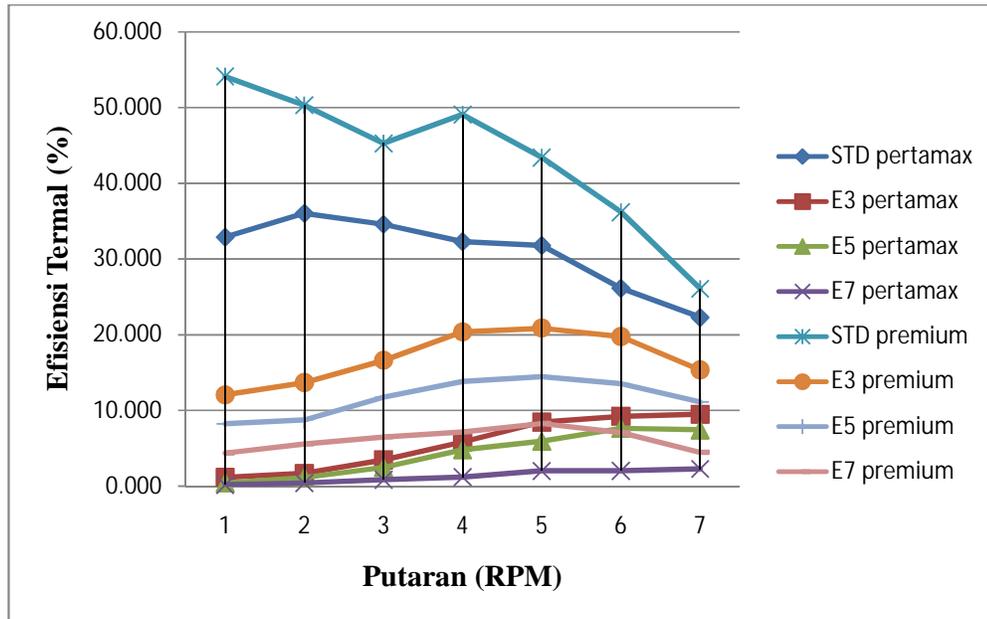
Gigi transmisi ke empat yang menghasilkan konsumsi bahan bakar dari putaran mesin 9000 rpm adalah sebagai berikut;

- FC untuk pertamax sebesar 0.8696 Kg/Jam pada putaran 9000 rpm ;
- FC untuk premium sebesar 0.9756 Kg/Jam pada putaran 9000 rpm ;
- FC untuk pertamax dengan aditif *Bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 3 ml/menit (BI03) sebesar 1.1047 Kg/Jam pada putaran 9000 rpm;
- FC untuk premium dengan aditif *Bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 3 ml/menit (EI03) sebesar 1.1148 Kg/Jam pada putaran 9000 rpm;
- FC untuk pertamax dengan aditif *Bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 5 ml/menit (BI05) sebesar 1.5791 Kg/Jam pada putaran 9000 rpm;
- FC untuk premium dengan aditif *Bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 5 ml/menit (EI05) sebesar 1.5927 Kg/Jam pada putaran 9000 rpm;
- FC untuk pertamax dengan aditif *Bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 7 ml/menit (BI07) sebesar 1.1917 Kg/Jam pada putaran 9000 rpm;
- FC untuk premium dengan aditif *Bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 7 ml/menit (EI07) sebesar 1.2385 Kg/Jam pada putaran 9000 rpm;

Konsumsi bahan bakar terendah penggunaan bahan bakar pertamax dengan aditif *Bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 3 ml/menit pada putaran 9000 rpm sebesar 1.1047 Kg/Jam, ini berarti penggunaan bahan bakar pertamax dengan aditif BI03 lebih irit dibandingkan hanya menggunakan pertamax saja pada putaran mesin yang sama. Penggunaan BI03 lebih irit karena menaikkan angka oktan dan menambah kalor pembakaran, karena dapat meningkatkan kadar oksigen sehingga pembakarannya lebih sempurna sehingga UHC (Hidrokarbon yang tidak terbakar) menjadi lebih kecil sehingga konsumsi bahan bakar semakin kecil dan penambahan Bioetanol dengan kecepatan aliran 3ml/menit ini menghasilkan nilai oktan yang masih sesuai dengan karakter mesin yang digunakan untuk penelitian disini sehingga bahan bakar dapat terbakar dengan sempurna. Sedangkan konsumsi bahan bakar tertinggi dengan penggunaan bahan bakar pertamax dengan aditif *Bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 5 ml/menit pada putaran 9000 rpm sebesar 1.5791 Kg/Jam. Selain itu peningkatan nilai konsumsi bahan bakar juga dapat disebabkan oleh perbandingan campuran bahan bakar dengan udara (AFR) yang semakin menurun.

Namun dalam konsumsi bahan bakar dengan penambahan debit sebesar 7 ml/menit ini dapat disebabkan oleh sistem injeksi yang terdapat pada intake manifold yang menginjektikan Bioetanol ke dalam manifold untuk bercampur dengan bahan bakar pertamax dan udara yang telah bercampur lebih dahulu didalam karburator. Bahan bakar bensin dan udara yang tercampur didalam karburator telah memiliki perbandingan yang ideal untuk melakukan pembakaran yang optimal namun dengan penambahan Bioetanol di dalam manifold ini dapat merusak perbandingan antara bahan bakar pertamax dan Etanol dengan udara sehingga dapat mengganggu kestabilan pada proses pembakaran dan memungkinkan terjadinya sistem kerja mesin yang kurang optimal. Sehingga pemasukan udara dan bahan bakar pun terganggu. Untuk khusus seperti ini peningkatan kompresi sangat di anjurkan.

Selain itu grafik efisiensi termal di bawah ini,



Gambar 4.4 Grafik Efisiensi Termal

Dari gambar di atas dapat kita simpulkan bahwa Efisiensi termal efektif merupakan perbandingan antara kalor yang dirubah menjadi daya efektif dengan kalor yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar. Yang berarti pembakaran bahan bakar dan oksigen hanya sebagian saja yang di ubah menjadi tenaga, yang lainnya terbuang menjadi panas semakin tepat penggunaan rasio bahan bakar dan udara semakin baik atau semakin tinggi pula efisiensi termalnya, karena jika rasio pembakarannya tepat bisa dikatakan pembakarannya semakin sempurna.

Sehingga efisiensi termalnya masih tinggi, bahkan hingga mencapai 36.054 % pada 4000 rpm pada bahan bakar pertamax, namun setelah diberikan aditif bioetanol injection menurun hingga 2.390 % pada 9000 rpm untuk penambahan aditif *bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 7 ml/menit pada bahan pertamax. Sedangkan efisiensi termal tertinggi dengan bahan bakar premium mencapai 54.% pada 3000 rpm, namun setelah diberikan aditif bioetanol injection menurun hingga 4.48 % pada 9000 rpm untuk penambahan aditif *bioetanol injection* dengan kecepatan aliran 7 ml/menit.

Selain itu Peningkatan konsumsi bahan bakar dan penurunan daya mesin mengakibatkan efisiensi termal menjadi menurun, karena efisiensi termal suatu

motor bakar didefinisikan sebagai besarnya pemanfaatan panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar menjadi kerja mekanis. Panas atau tenaga yang diberikan oleh bahan bakar dapat diprediksi melalui besarnya konsumsi bahan bakar, sedangkan besar kerja mekanis dapat ditetapkan dari daya mesin yang diukur. Oleh karena itu, harga dari efisiensi termal ini dipengaruhi oleh perubahan daya mesin dan perubahan laju bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin tersebut.

Selain itu, timbulnya tekanan dari pembakaran pada saat langkah kompresi menghasilkan gaya tolak pada piston dan mekanisme penggerak piston, sehingga dapat merusak komponen mekanisme tersebut. Oleh karena itu, tindakan penyesuaian antara temperatur bahan bakar yang disuplai dengan saat penginjeksian bahan bakar dapat menghindari kerugian tenaga yang terbuang, sehingga tenaga yang tersedia untuk langkah kerja menjadi semakin besar

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Hasil analisa pengujian unjuk kerja motor bakar Honda Revo 100 cc bahan bakar pertamax dengan aditif *Bioetanol injection* dengan variasi debit 3 ml/menit, 5 ml/menit dan 7 ml/menit dapat diambil sebuah kesimpulan yaitu,

1. Penambahan debit *Bioetanol* pada *Bioetanol injection* motor empat langkah dapat meningkatkan unjuk kerja dibandingkan hanya menggunakan bahan bakar pertamax. Dengan kecenderungan Torsi maksimum dan daya efektif yang dihasilkan maka bahan bakar pertamax dengan aditif *Bioetanol injection* pada laju aliran 3 ml/menit yaitu sebesar 0.31 Kg.m pada putaran mesin 6174 rpm lebih tinggi dibandingkan hanya menggunakan bahan bakar pertamax sebesar 0.29 Kg.m pada putaran mesin 6071 rpm dengan kenaikan sebesar 6.89 %. Sedangkan daya efektif rata-rata tertinggi yang dihasilkan dengan bahan bakar pertamax dengan aditif *Bioetanol injection* pada laju aliran 5 ml/menit sebesar 6.8 HP pada putaran mesin 7706 rpm, lebih besar dibandingkan hanya menggunakan bahan bakar pertamax sebesar 5.6 HP pada putaran mesin 7471 rpm dengan kenaikan 21.4 %.
2. Sedangkan dengan premium, penambahan debit *Bioetanol* pada *Bioetanol injection* pada motor empat langkah dapat meningkatkan unjuk kerja, dibandingkan hanya menggunakan bahan bakar premium. Dengan kecenderungan Torsi maksimum dan daya efektif yang dihasilkan pada bahan bakar premium dengan aditif *Bioetanol injection* pada laju aliran 5 ml/menit. Yaitu sebesar 0.33 Kg.m pada putaran mesin 6198 rpm lebih tinggi dibandingkan hanya menggunakan bahan bakar premium sebesar 0.29 Kg.m pada putaran mesin 5653 rpm dengan kenaikan sebesar 13.7%. Sedangkan daya efektif rata-rata tertinggi yang dihasilkan dengan bahan bakar premium pada aditif *Bioetanol injection* dengan laju aliran 5 ml/menit sebesar 6.5 HP pada putaran mesin 7630 rpm, lebih besar dibandingkan hanya menggunakan bahan bakar premium sebesar 5.5 HP pada putaran mesin 7157 rpm dengan kenaikan 18,18%. (Marshal, 2012)

3. Konsumsi bahan bakar meningkat dengan penambahan *Bioetanol injection*. Peningkatan terbesar terjadi pada variasi bahan bakar dengan penambahan *Bioetanol injection* dengan laju aliran 5 ml/menit yaitu dari konsumsi bahan bakar standar maksimal sebesar 0.8696 Kg/Jam menjadi 1.5927 Kg/Jam pada 9000rpm.
4. Sedangkan dengan premium, konsumsi bahan bakar meningkat dengan penambahan *Bioetanol injection*. Peningkatan terbesar terjadi pada variasi bahan bakar dengan penambahan *Bioetanol injection* dengan laju aliran 5 ml/menit yaitu dari konsumsi bahan bakar standar maksimal sebesar 0.9756 Kg/Jam menjadi 1.5927 Kg/Jam pada 9000rpm. (Marshal, 2012)
5. Torsi yang paling optimal di peroleh dengan menggunakan bahan bakar aditif *Bioetanol injection* dengan laju aliran 3 ml/menit, sedangkan daya efektif tertinggi atau optimal diperoleh dengan menggunakan bahan bakar aditif *Bioetanol injection* dengan laju aliran 5 ml/menit.
6. Sedangkan dengan premium, Torsi dan Daya Efektif yang paling optimal di peroleh dengan menggunakan bahan bakar aditif *Bioetanol injection* dengan laju aliran 5 ml/menit. (Marshal, 2012)

## 5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis dari hasil penelitian ini yaitu antara lain:

1. Untuk mendapatkan daya dan torsi yang optimal pada penggunaan *Bioetanol injection* dapat bervariasi kecepatan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar, misalnya *Bioetanol injection* dengan variasi memajukan sudut pengapian;
2. Karena penambahan Bioetanol dalam *Bioetanol injection* dapat menambah daya dan torsi. Untuk menghasilkan perubahan daya, torsi dan *fuel consumption* yang paling optimum dapat dilakukan beberapa variasi modifikasi pada mesin seperti menaikkan rasio kompresi;
3. Diperlukan pengujian gas buang hasil pembakaran atau uji emisi;
4. Diperlukan pengujian dengan AFR (*Air Fuel Ratio*) yaitu untuk mengetahui perbandingan udara dengan bahan bakar yang optimal agar dapat diperoleh energi pembakaran yang maksimum.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2007. *Hubungan Antara Nilai Oktan dan Perbandingan Kompresi*, [www.kompasotomotif.com](http://www.kompasotomotif.com). Diakses 20 Januari 2012.
- Anonim. 2007. *Pertamax*. [www.pertamina.com](http://www.pertamina.com). Diakses 22 Januari 2012.
- Anonim. 2008. *Etanol*. [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com). Diakses 7 November 2011.
- Anonim. 2010. *Pertamax*. [www.trinil.wordpress.com](http://www.trinil.wordpress.com). Diakses 2 Desember 2011.
- Anshory. 2004. *Etanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Jakarta: Erlangga.
- Kadin. 2008. *Beberapa Pokok Pemikiran Kadin Indonesia Mengenai Rencana Kenaikan Harga BBM Tahun 2008*. Jakarta : Rapat Kadin.
- Nur Akli. 2009. *Uji Prestasi Mesin Motor Bensin dengan Bahan Bakar B – 5 Bioethanol Biji Mangga dan B – 5 Ethanol Pasar*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rama, Prihandana. 2007. *Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan*. Penerbit : Agro Media.
- Setiyawan, Antok. 2007. *Pengaruh Ignition Timing dan Compression Ratio Terhadap Unjuk Kerja dan Emisi Gas Buang Motor Bensin Berbahan Bakar Campuran Etanol 85% dan Premium 15% (e-85)*. Yogyakarta : Seminar Nasional Teknologi.

## LAMPIRAN A. PERHITUNGAN

Contoh perhitungan unjuk kerja untuk bahan bakar pertamax dan bahan bakar pertamax dengan aditif *etanol injection* adalah sebagai berikut.

Diketahui:

1. Putaran mesin (n)	= 3250 rpm
2. Massa Roller <i>dynamometer</i> (M)	= 225 Kg
3. Inersia Roller <i>dynamometer</i> (I)	= 1,46 Kg.m <sup>2</sup>
4. Diameter Roller <i>dynamometer</i> (D)	= 252 mm
5. Waktu konsumsi bahan bakar (t) rata-rata untuk bahan bakar pertamax,	= 106 detik
6. Waktu konsumsi bahan bakar (t) rata-rata untuk bahan bakar pertamax+EI30	= 90 detik
7. Berat spesifik bahan bakar pertamax ( $\rho_f$ )	= 0,715 gr/ml
8. Berat spesifik Bioetanol ( $\rho_f$ )	= 0.8 gr/ ml
9. Nilai kalor bahan bakar bioetanol 70 % (LHV)	= 7170.3Kkal/Kg
10. Nilai kalor bahan bakar pertamax (LHV)	= 16610 Kka/Kg

### A.1 Perhitungan untuk pertamax

pada kondisi transmisi 2 dengan data yang tercantum diatas, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui unjuk kerja motor bakar sebagai berikut:

1. Torsi (T)

$$= I \times \quad (N \cdot m)$$

Torsi yang dihasilkan sesuai dengan besarnya inersia roller 1,46 Kg.m<sup>2</sup> dikalikan percepatan putar roller ( ), dan nilai torsi rata-rata pada putaran 3000 rpm transmisi dua adalah 0.23 kg.m.

2. Daya (Ne)

Nilai daya efektif dapat diketahui pada dinamometer yakni 2.1 HP

## 3. Fuel Consumption (FC) pertamax

$$Fc = \frac{V}{t} \times f \times \frac{3600}{1000} \text{ (Kg/jam)} = \frac{10}{90} \times 0,715 \times \frac{3600}{1000} = 0.285 \text{ ( Kg/Jam )}$$

## 4. Fuel Consumption (FC) BI3

$$Fc = \frac{V}{t} \times f \times \frac{3600}{1000} \text{ (Kg/jam)} = \frac{4.5}{90} \times 0,8 \times \frac{3600}{1000} = 0.144 \text{ ( Kg/Jam )}$$

## 5. Perhitungan efisiensi Termal

Efisiensi termal pada BI3

$$\frac{(632 \times \text{Daya Efektif})}{(\text{FC bioetanol} + \text{pertamax} \times \text{LHV})} = \frac{(632 \times 3.1)}{(4.7860 \times 338.07)} = 1.211 \%$$

## 6. Perhitungan Angka Oktan Campuran

Angka Oktan Campuran Pada BI3

Presentase Bioetanol 70% + Presentase Pertamax =

$$39.181395 \quad + \quad 61.19069767 \quad = \quad 100.372093$$

### LAMPIRAN B. TABEL

Tabel B.1 Perbandingan Torsi rata-rata gigi transmisi 4

Torsi (Kg.m)				
RPM	STD	E3	E5	E7
3250	0.23	0.29	0.19	0.17
3500	0.25	0.29	0.19	0.22
3750	0.28	0.29	0.21	0.24
4000	0.27	0.28	0.21	0.24
4250	0.27	0.27	0.2	0.23
4500	0.27	0.27	0.2	0.22
4750	0.27	0.28	0.2	0.21
5000	0.28	0.29	0.21	0.21
5250	0.28	0.29	0.21	0.21
5500	0.29	0.3	0.23	0.19
5750	0.29	0.31	0.23	0.19
6000	0.29	0.31	0.23	0.19
6250	0.28	0.31	0.23	0.18
6500	0.28	0.31	0.22	0.18
6750	0.27	0.3	0.22	0.13
7000	0.27	0.3	0.22	0.18
7250	0.26	0.29	0.21	0.17
7500	0.26	0.29	0.21	0.14
7750	0.25	0.28	0.21	0.14
8000	0.24	0.27	0.2	0.13
8250	0.23	0.26	0.19	0.13
8500	0.21	0.25	0.18	0.11
8750	0.2	0.23	0.17	0.1
9000	0.19	0.22	0.16	0.08

Tabel B.2 Perbandingan daya efektif rata-rata gigi transmisi 4

DAYA EFEKTIF (HP)				
RPM	STD	E3	E5	E7
3250	2.1	3.1	2.5	2
3500	2.8	3.2	2.9	2.3
3750	2.9	3.2	3.4	3.1
4000	3	3.1	3.6	3.2
4250	3.2	3.2	3.7	3.3
4500	3.3	3.4	3.8	3.4
4750	3.6	3.7	4.1	3.4
5000	3.8	4	4.5	3.6
5250	4.1	4.3	5.2	3.7
5500	4.4	4.6	5.5	3.6
5750	4.7	5	5.8	3.7
6000	4.9	5.3	6.1	3.9
6250	5	5.4	6.1	4
6500	5.1	5.5	6.3	4.3
6750	5.2	5.7	6.5	4.4
7000	5.3	5.9	6.5	4.5
7250	5.4	6	6.7	4.5
7500	5.5	6.1	6.7	4.3
7750	5.6	6.2	6.8	3.8
8000	5.6	6.2	6.8	3.9
8250	5.5	6.1	6.7	3.9
8500	5.5	6	6.5	3.8
8750	5.3	5.9	6.3	3.2
9000	5.1	5.7	6.1	3.2

Tabel B.3 rata – rata waktu (detik) konsumsi bensin dan zat aditif Honda Revo 100cc

RPM	waktu yang dibutuhkan dalam 10 ml pertamax (detik)			
	STD	E3	E5	E7
3000	106	90	85	87
4000	81.3	71.6	59.6	71
5000	61.6	50.6	41	50.3
6000	44.6	41.6	30.3	42.3
7000	40.6	30.6	26	32.6
8000	31.6	29	19.6	29
9000	29.6	23.3	16.3	21.6

Tabel B.4 Rata – rata fuel consumption (Kg/jam) bensin dan zat aditif Honda Revo 100cc

RPM	fuel consumption pertamax (Kg/jam)			
	STD	E3	E5	E7
3000	0.2428	0.2860	0.3028	0.2959
4000	0.3166	0.3595	0.4319	0.3625
5000	0.4179	0.5087	0.6278	0.5117
6000	0.5771	0.6232	0.8495	0.6085
7000	0.6340	0.8412	0.9900	0.7896
8000	0.8146	0.8876	1.3133	0.8876
9000	0.8696	1.1047	1.5791	1.1917

Tabel B.5 Banyaknya bioetanol (ml) selama fuel consumption 10ml pertamax.

RPM	banyaknya etanol (ml) selama fuel consumption pertamax			
	STD	E3	E5	E7
3000	0	4.50	7.08	10.15
4000	0	3.58	4.97	8.28
5000	0	2.53	3.42	5.87
6000	0	2.07	2.53	4.94
7000	0	1.53	2.17	3.80
8000	0	1.45	1.63	3.38
9000	0	1.17	1.36	252

Tabel B.6 Nilai Kalor Bahan Bakar (LHV)

RPM	LHV			
	STD	E3	E5	E7
3000	166.1	338.07	470.89	628.26
4000	166.1	290.76	362.06	532.28
5000	166.1	236.78	282.37	408.12
6000	166.1	212.87	236.52	360.13
7000	166.1	185.36	218.10	301.95
8000	166.1	181.25	190.68	280.35
9000	166.1	166.60	176.54	235.96

Tabel B.7 Fuel Consumption (kg/jam) bensin dan zat aditif

FC/RPM	fuel compsumtion bioetanol + pertamax			
	STD	E3	E5	E7
3000	0.2428	4.7860	7.3862	10.4459
4000	0.3166	3.9395	5.3985	8.6459
5000	0.4179	3.0387	4.0445	6.3801
6000	0.5771	2.6882	3.3745	5.5435
7000	0.6340	2.3712	3.1567	4.5929
8000	0.8146	2.3376	2.9466	4.2709
9000	0.8696	2.2697	2.9375	3.7117

Tabel B.8 Fuel Consumption Bioetanol 70%

RPM	fuelconsumption bioetanol 70%			
	STD	E3	E5	E7
3000	0	0.144	0.24	0.336
4000	0	0.144	0.24	0.336
5000	0	0.144	0.24	0.336
6000	0	0.144	0.24	0.336
7000	0	0.144	0.24	0.336
8000	0	0.144	0.24	0.336
9000	0	0.144	0.24	0.336

Tabel B.9 Presentase Bioetanol 70%

RPM	Presentase bioetanol 70%			
	STD	E3	E5	E7
3000	0	39.18139535	51.72951886	62.21611002
4000	0	33.46195327	41.79322745	56.27776434
5000	0	25.81294964	32.35750422	46.3732763
6000	0	21.9591002	25.77317339	41.62155343
7000	0	17.10150466	22.82926829	34.92628687
8000	0	16.33212996	18.07804493	32.12850862
9000	0	13.4922049	15.43585593	25.73336243

Tabel B.10 Presentase Pertamax

RPM	Presentase pertamax			
	STD	E3	E5	E7
3000	92	61.19069767	51.32379714	43.07793058
4000	92	65.68803675	59.13694936	47.74739898
5000	92	71.70263789	66.55649241	55.53554342
6000	92	74.73301522	71.73391494	59.27194089
7000	92	78.552663	74.04878049	64.53659494
8000	92	79.1576414	77.78478518	66.73655732
9000	92	81.39074487	79.86240389	71.76521929

Tabel B.11 Oktan Campuran

RPM	Oktan Campuran			
	STD	E3	E5	E7
3000	92	100.372093	103.053316	105.2940406
4000	92	99.14999001	100.9301768	104.0251633
5000	92	97.51558753	98.91399663	101.9088197
6000	92	96.69211543	97.50708833	100.8934943
7000	92	95.65416766	96.87804878	99.46288181
8000	92	95.48977136	95.86283011	98.86506595
9000	92	94.88294976	95.29825981	97.49858172

Tabel B.12 Efisiensi Termal

RPM	efisiensi termal			
	STD pertamax	E3 pertamax	E5 peretamax	E7
3000	32.905	1.211	0.454	0.193
4000	36.054	1.710	1.164	0.439
5000	34.602	3.514	2.490	0.874
6000	32.305	5.853	4.830	1.235
7000	31.808	8.484	5.967	2.051
8000	26.159	9.248	7.649	2.059
9000	22.315	9.527	7.434	2.309

### LAMPIRAN C. GRAFIK PENELITIAN

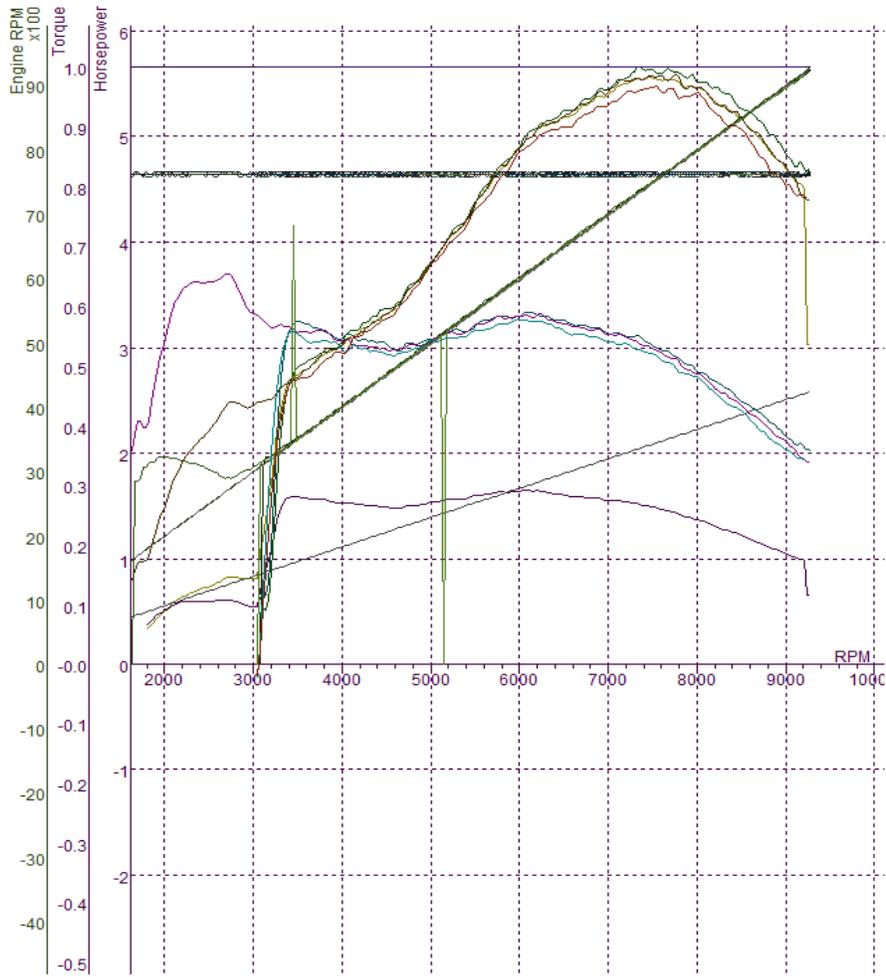
#### C.1 Grafik Daya dan Torsi EI00 Gigi 4 Rata-Rata



SPORTDYNO V3.3  
 DYNAMOMETER: SD325  
 ROLLER INERTIA: 4,6

Displacement Correction  
 Correction Factor: ISO1585  
 NOTE: Load Cell Included.

TEST NAME	MAX POWER	MAX TORQUE	Temp. °C	Humidity %	Pressure	KMH	Date/Ti
AVERAGE	5.8 (0.5) / 7471	0.29 (0.23) / 6071	25.0 °C	30 %	1000.0 mbar	30.4	14/01/2
3. REVO 100 PERC 1013 GIGI 4010 PERTAMA STD0084NEW	5.8 (0.5) / 7471	0.59 (0.59) / 6096	25.0 °C	60 %	1000.0 mbar	66.5	11/24/2
2. REVO 100 PERC 1013 GIGI 4010 PERTAMA STD0083NEW	5.8 (0.5) / 7471	0.65 (0.65) / 2705	25.0 °C	60 %	1000.0 mbar	66.6	11/24/2
1. REVO 100 PERC 1013 GIGI 4010 PERTAMA STD00824NEW	5.8 (0.5) / 7471	0.58 (0.58) / 5974	25.0 °C	60 %	1000.0 mbar	66.1	11/24/2



Preview

Save Picture Next Page Previous Page



SPORIDINO V3.3  
 DYNAMOMETER: 8D925  
 ROLLER INERTIA: 4.6

Displacement Correction  
 Correction Factor: 1201535  
 NOTE: Load Cell Included.

DATA FOR TEST: AVERAGE

RPM	HP (CV)	HP (KG-M)	T
2050	0.6	0.10	0.52
2250	0.7	0.11	0.55
2500	0.7	0.11	0.54
2750	0.8	0.11	1.22
3000	0.8	0.10	1.45
3250	1.1	0.23	1.74
3500	1.3	0.23	2.00
3750	1.9	0.23	2.23
4000	3.0	0.27	2.55
4250	3.2	0.27	2.50
4500	3.3	0.26	3.05
4750	3.6	0.27	3.25
5000	3.3	0.27	3.50
5250	4.1	0.23	3.50
5500	4.4	0.23	4.15
5750	4.7	0.29	4.42
6000	4.9	0.29	4.70
6071	5.0	0.29	4.75
6250	5.1	0.29	4.95
6500	5.2	0.23	5.22
6750	5.3	0.23	5.50
7000	5.4	0.27	5.75
7250	5.3	0.27	6.04
7471	5.6	0.26	6.25
7500	5.6	0.26	6.50
7750	5.3	0.23	6.55
8000	5.3	0.24	6.34
8250	5.3	0.23	7.10
8500	5.1	0.21	7.35
8750	4.9	0.20	7.64
9000	4.7	0.19	7.50
9250	5.0	0.12	8.15

LOSSES: 0.9 CV 0.130GPM

13:45  
14/01/2012

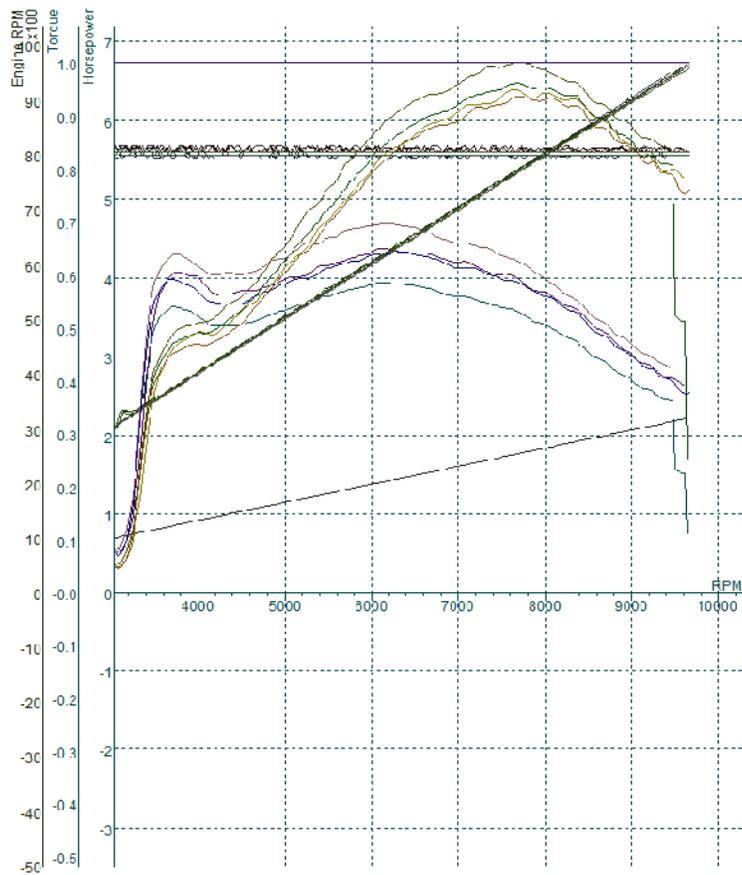
## C.2 Grafik Daya dan Torsi EI03 Gigi 4 Rata-Rata

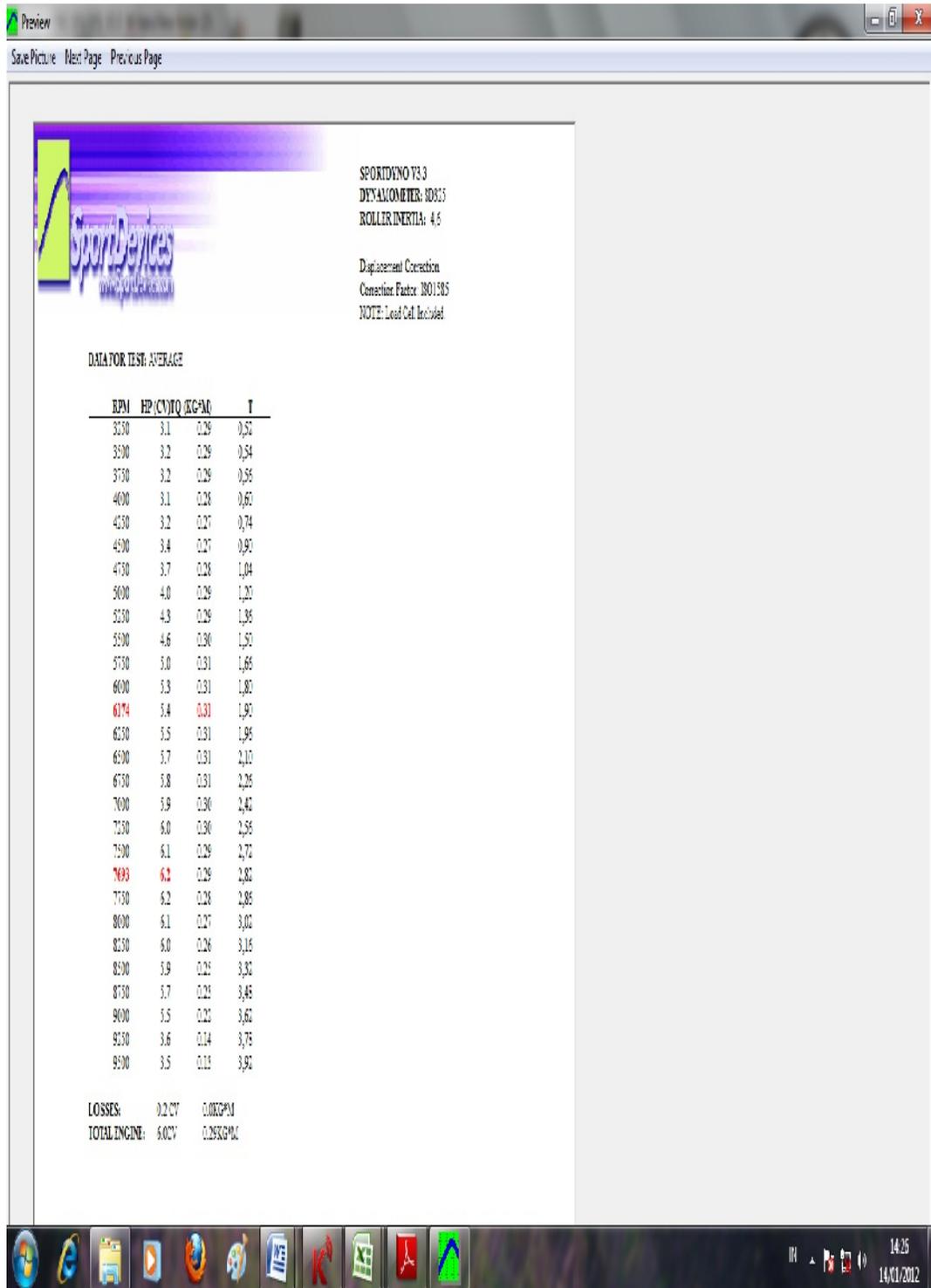


SPORIDYNO V3.3  
 DYNAMOMETER: 8D325  
 ROLLER INERTIA: 4,5

Displacement Correction  
 Correction Factor: ISO1585  
 NOTE: Load Cell Included.

TEST NAME	MAX POWER	MAX TORQUE	Temp. °C	Humidity %	Pressure	KMH	Date/ij
AVERAGE	5.5 (6.2) / 7660	0.59 (0.54) / 6108	25.0 °C	30 %	1000.0 mbar	17.9	14/01/2
5. REV0 100 PERC 01 GIGI 04 E3 MAX005	5.7 (6.7) / 7705	0.70 (0.70) / 6161	25.0 °C	60 %	1000.0 mbar	53.6	12/29/2
2. REV0 100 PERC 01 GIGI 04 E3 MAX005	5.4 (6.4) / 7653	0.65 (0.65) / 6147	25.0 °C	60 %	1000.0 mbar	54.1	12/29/2
1. REV0 100 PERC 01 GIGI 04 E3 MAX005	5.3 (6.3) / 7696	0.64 (0.64) / 6343	25.0 °C	60 %	1000.0 mbar	54.4	12/29/2





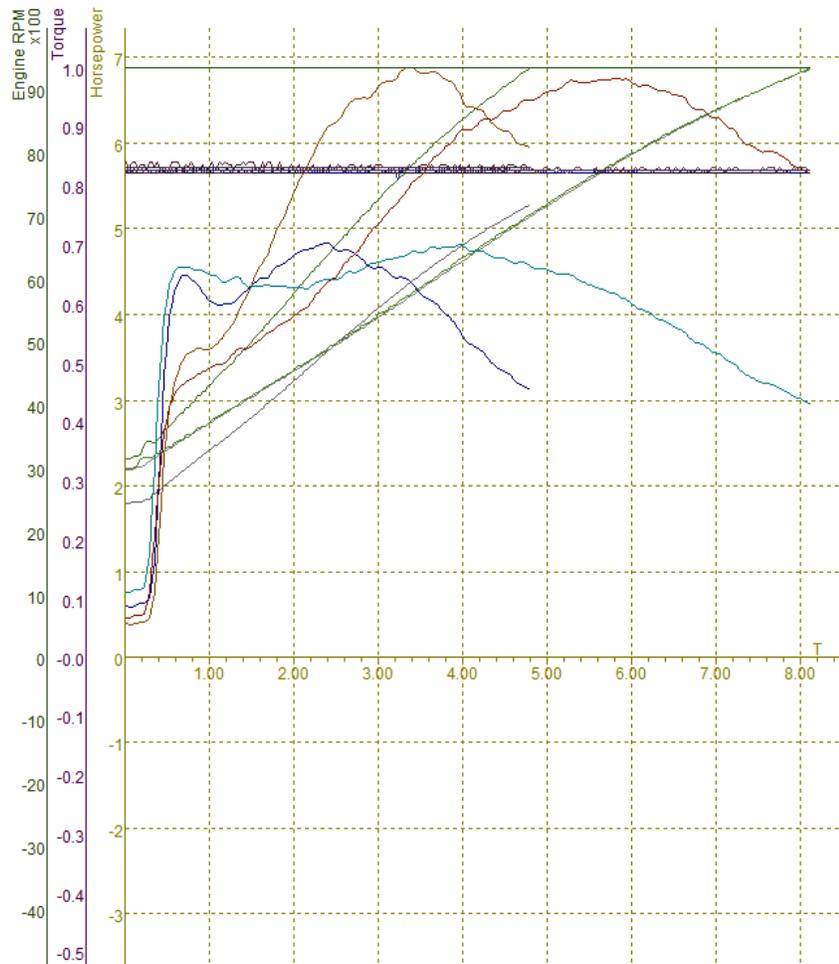
## C.3 Grafik Daya dan Torsi EI05 Gigi 4 Rata-Rata



SPORTDYNO V3.2  
DYNAMOMETER: SD325  
ROLLER INERTIA: 4.6

Displacement Correction  
Correction Factor: ISO1585

TEST NAME	MAX POWER	MAX TORQUE	Temp. °C	Humidity %	Pressure	KMH	Date/Time
AVERAGE E5 MAX	0.0 (0.0) / 0.00	0.0 (0.0) / 0.00	25.0 °C	30 %	1000.0 mbar	0.0	14/01/2012 :
3. REVO 100 PERC 01 GIGI 04 E5 MAX009	6.9 (6.9) / 3.88	0.7 (0.7) / 2.86	25.0 °C	60 %	1000.0 mbar	53.0	12/29/2011 :
2. REVO 100 PERC 01 GIGI 04 E5 MAX008	6.9 (6.9) / 3.88	0.7 (0.7) / 2.86	25.0 °C	60 %	1000.0 mbar	53.0	12/29/2011 :
1. REVO 100 PERC 01 GIGI 04 E5 MAX042	6.8 (6.8) / 6.30	0.7 (0.7) / 4.46	25.0 °C	60 %	1000.0 mbar	68.7	12/29/2011 :



Preview

Save Picture Next Page Previous Page



SPORTIVO V3.3  
 DYNAMOMETER: 02025  
 ROLLERINERTIA: 4.6

Displacement Correction  
 Correction Factor: ISO1585  
 NOTE: Lead Oil. Included.

DATA FOR TEST AVERAGE

REV	HP (CV)/Q (KG*PM)	I	
3250	2.5	0.19	0,52
3500	2.9	0.19	0,54
3750	3.4	0.21	0,70
4000	3.6	0.21	0,52
4250	3.7	0.20	1,16
4500	3.3	0.20	1,28
4750	4.1	0.20	1,62
5000	4.5	0.21	1,54
5250	4.3	0.21	2,18
5500	5.2	0.22	2,52
5750	5.5	0.23	2,54
6000	5.3	0.23	2,78
6250	6.1	0.23	3,10
6500	6.1	0.23	3,10
6750	6.3	0.23	3,24
7000	6.5	0.22	3,46
7250	6.5	0.22	3,70
7500	6.7	0.22	3,92
7750	6.7	0.21	4,16
8000	6.8	0.21	4,34
8250	6.3	0.21	4,40
8500	6.3	0.20	4,62
8750	6.7	0.19	4,56
9000	6.5	0.18	5,18
9250	6.3	0.17	5,22
9500	6.1	0.16	5,54
9750	5.9	0.15	5,78

LOSSES: 0.2 CV 0.28KG\*PM  
 TOTAL INCOME: 6.7CV 0.228KG\*PM

14:35  
14/01/2012

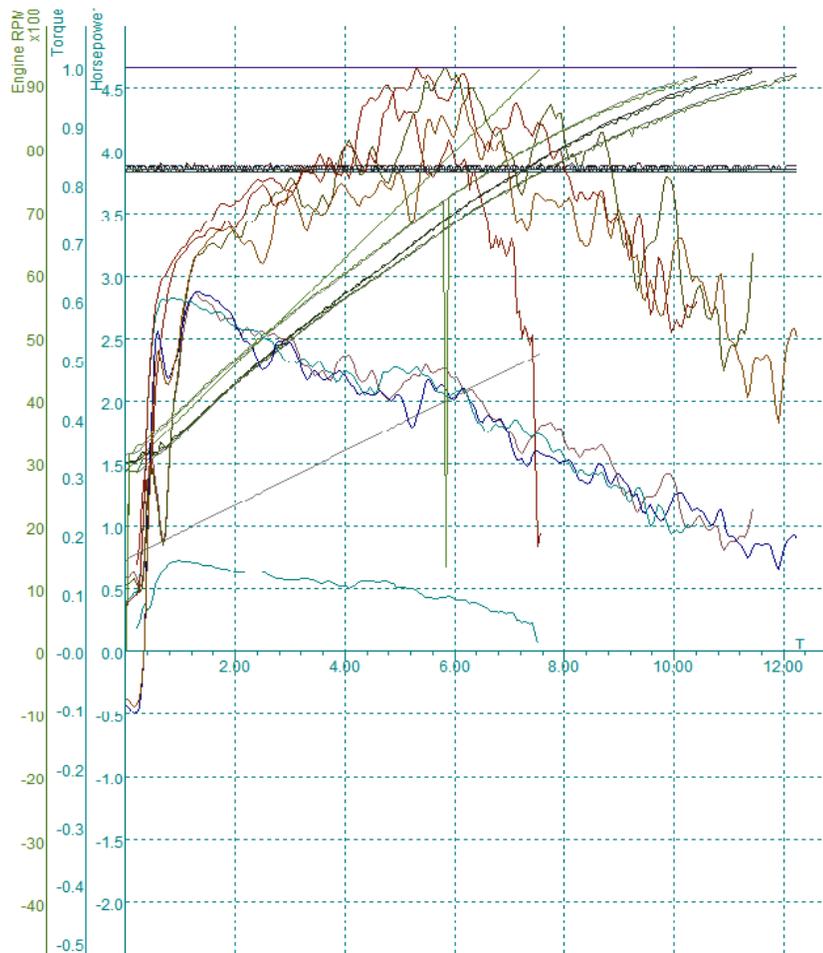
## C.4 Grafik Daya dan Torsi EI07 Gigi 4 Rata-Rata



SPORTDYN0 V3.3  
 DYNAMOMETER: SD325  
 ROLLER INERTIA: 4,6

Displacement Correction  
 Correction Factor: ISO1585  
 NOTE: Load Cell Included.

TEST NAME	MAX POWER.	MAX TORQUE	Temp. °C	Humidity %	Pressure	KMH	Date/Ti
AVERAGE	4.5 (4.7) / 4008.93	0.16 (0.16) / 811.93	25.0 °C	30 %	1000.0 mbar	33.6	18/01/2
3. REVO 100 PERC 01 GIGI 04 E7 MAX	4.7 (4.7) / 6.32	0.61 (0.61) / 1.76	25.0 °C	60 %	1000.0 mbar	65.9	12/24/2
2. REVO 100 PERC 01 GIGI 04 E7 MAX	4.4 (4.5) / 6.66	0.62 (0.64) / 1.82	25.0 °C	60 %	1000.0 mbar	65.3	12/24/2
1. REVO 100 PERC 01 GIGI 04 E7 MAX	4.7 (4.7) / 5.82	0.60 (0.60) / 1.34	25.0 °C	60 %	1000.0 mbar	65.1	12/24/2





SPORDYNO V3.3  
 DYNAMOMETER: SD325  
 ROLLER INERTIA: 4,6

Displacement Correction  
 Correction Factor: ISO1585  
 NOTE: Load Cell Included.

DATA FOR TEST: 2. REVO 100 PERC 01 GIGI 04 E7 MAX

T	HP (CV)	IQ (KG*M)	EXHAUST I
0,50	-0.4	-0.09	102.2
1,00	2.2	0.51	102.2
1,50	2.7	0.55	102.2
<b>1,82</b>	<b>3.2</b>	<b>0.62</b>	102.2
2,00	3.3	0.61	102.2
2,50	3.3	0.55	102.2
3,00	3.1	0.48	102.2
3,50	3.7	0.53	102.2
4,00	3.5	0.47	102.2
4,50	3.7	0.47	102.2
5,00	3.7	0.44	102.2
5,50	3.8	0.43	102.2
6,00	4.3	0.47	102.2
6,50	4.2	0.43	102.2
<b>6,66</b>	<b>4.4</b>	0.45	102.2
7,00	4.0	0.40	102.2
7,50	3.7	0.36	102.2
8,00	3.7	0.34	102.2
8,50	3.6	0.33	102.2
9,00	3.4	0.30	102.2
9,50	3.5	0.30	102.2
10,00	2.9	0.24	102.2
10,50	3.3	0.27	102.2
11,00	3.0	0.24	102.2
11,50	2.5	0.20	102.2
12,00	2.4	0.19	102.2
12,50	2.3	0.18	102.2

LOSSES: -0.1 CV 0.0KG\*M  
 TOTAL ENGINE: 4.5CV 0.64KG\*M

**LAMPIRAN D. FOTO PENELITIAN**

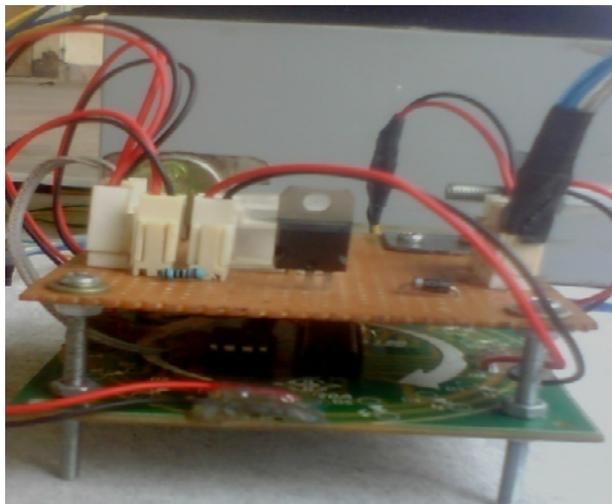
Gambar D.1. Manifold



Gambar D.2. Tabung



Gambar D.3. Katup solenoid



Gambar D.4 Kontrol Katup Solenoid



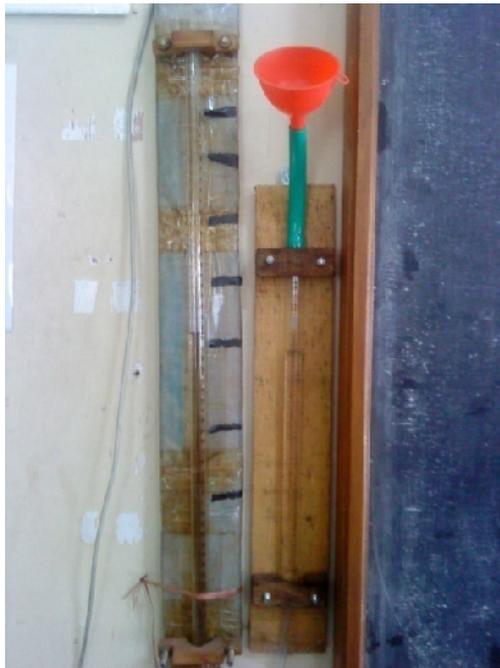
Gambar D.5 Nozel *Injection*



Gambar D.6 Honda Revo 100cc



Gambar D.7 Kompresor



Gambar D.8 Buret Ukur



Gambar D.9 Pengambilan Data uji



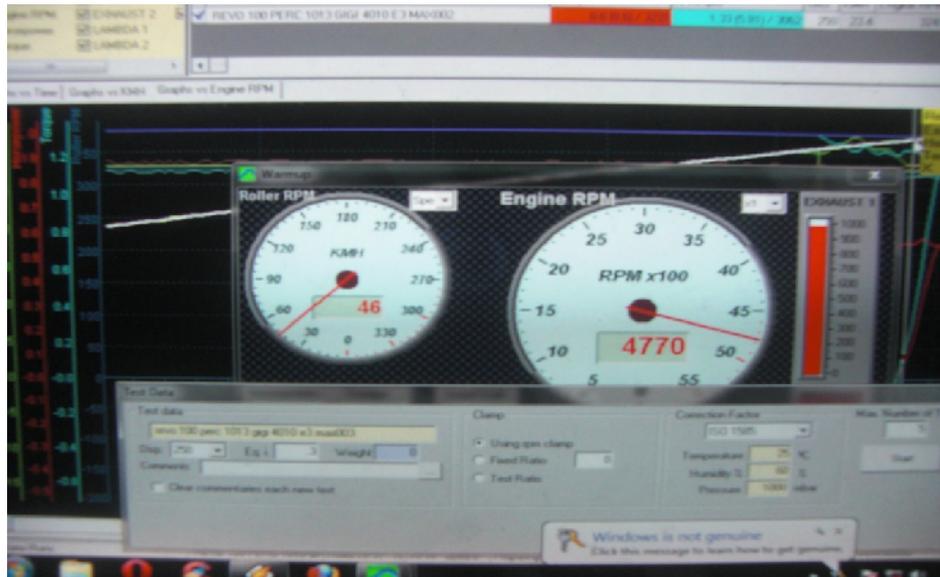
Gambar D.110 Nozel pada Intake manifold



Gambar D.11 Blower



Gambar D.12 pengambilan Data fuel Consumption



Gambar D.13 RPM dilayar komputer saat pengujian



Gambar D.14. Chasis Dynamometer



Gambar D.15 Konsol Pengkonversi Sp1-Sp3