



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENCAMPURAN *BIOETHANOL*  
SEBAGAI BAHAN BAKAR TAMBAHAN PADA MOTOR BAKAR  
DINAMIK**

**SKRIPSI**

**HARIYADI**

**0906604842**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**DEPOK**

**JUNI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENCAMPURAN *BIOETHANOL*  
SEBAGAI BAHAN BAKAR TAMBAHAN PADA MOTOR BAKAR  
DINAMIK**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik**

**HARIYADI**

**0906604842**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**DEPOK**

**JUNI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Hariyadi**

**NPM : 0906604842**

**Tanda Tangan :**



**Tanggal : 05 Juli 2012**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Hariyadi

NPM : 0906604842

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Rancang bangun sistem pencampuran *bioethanol* sebagai bahan bakar tambahan pada motor bakar dinamik

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, MEng.

Penguji : Dr. Ir. Adi Suryosatyo, MEng.

Penguji : Dr. Agus Pamitran, ST., MEng.

Penguji : Ridho Irwansyah, ST., MT.

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 05 Juli 2012

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang telah memberikan nikmat serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Rancang bangun sistem pencampuran *bioethanol* sebagai bahan bakar tambahan pada motor bakar dinamik”

Penulis menyadari, bahwa bantuan dan saran dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai masa penyusunan skripsi ini, sangat menunjang penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu sebagai ungkapan rasa syukur penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu dan Bapak yang telah memberikan segala-galanya untuk anakmu ini, anakmu ini selalu minta doa restu kalian.
2. Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng sebagai dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, memberikan pemikirannya dalam penyusunan skripsi ini.
3. Tim penguji skripsi, atas koreksi perbaikan dan sarannya.
4. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Mesin FTUI yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan.
5. Carry, Mas Hari dan Eko, teman satu tim yang telah melewati suka dan dukanya penelitian.
6. Mas Anton, Mas Kris, Kharis Nizar dan Adi W, yang telah meluangkan waktu, ide serta serta meminjamkan alat dalam pembuatan skripsi ini.
7. Yudi I, Andri, Nila, Nabila dan Kak Riya, yang telah memberikan dukungannya secara moril.
8. Teman-teman PPSE 2009 atas semangat dan kekompakan kalian.

Depok, Juni 2012

Penulis

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hariyadi  
NPM : 0906604842  
Program Studi : Ekstensi Teknik Mesin  
Departemen : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul

### **RANCANG BANGUN SISTEM PENCAMPURAN *BIOETHANOL* SEBAGAI BAHAN BAKAR TAMBAHAN PADA MOTOR BAKAR DINAMIK**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Juni 2012

Yang menyatakan,



(Hariyadi)

## Abstrak

Nama : Hariyadi  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul : Rancang bangun sistem pencampuran *bioethanol* sebagai bahan bakar tambahan pada motor bakar dinamik

Keterbatasan bahan bakar minyak bumi memaksa manusia untuk mencari sumber energi alternatif. Dan yang paling memungkinkan untuk Indonesia adalah energi terbarukan seperti *bioethanol* yang dapat diperoleh dari tebu, gandum, umbi dan jagung. Tanaman tersebut dapat tumbuh subur karena iklim tropis Indonesia, namun masih rendahnya teknologi dan belum diproduksinya secara masal membuat produk *bioethanol* terkesan mahal. Oleh karenanya diperlukan teknologi sederhana yang dapat memproduksi *ethanol* berkadar rendah (*low grade ethanol*) menjadi tinggi, yaitu dengan destilasi. Dalam penelitian ini memanfaatkan hasil destilasi (*distillate*) alkohol berkadar rendah sebagai bahan bakar tambahan pada motor Honda Revo 100 cc berbahan bakar bensin. Pencampuran *bioethanol* dengan bensin dilakukan langsung pada saat pengkabutan di ruang venturi karburator melalui lubang *main jet* dan *pilot jet*. Variasi kadar *bioethanol* 80%, 85%, 90% dan 95% digunakan untuk mengukur prestasinya untuk dibandingkan *power*, emisi gas buang dan dianalisa pengaruh yang terjadi.

Kata kunci:

Energi alternatif, *bioethanol*, destilasi, emisi gas buang.

## ***Abstract***

*Name* : Hariyadi

*Study Program* : Mechanical Engineering

*Title* : *Design and manufacture fuel mixing of bioethanol as additional fuel on dynamic engine*

*The limited oil resource forces humans to seek for alternative energy sources. The most possible alternative for Indonesia is through renewable energy like bioethanol energy from sugar canes, wheats, roots, and corns. Those plants are fertile to be grown in Indonesian tropical climate, however the low technology and absence of massal production make the high cost for bioethanol production. Therefore, it needs simple technology for producing the low grade ethanol into the high grade, such as by distillation. This research uses the distillate of low grade alcohol as additional fuel on Honda Revo motorcycle 100 cc. Fuel mixing bioethanol and gasoline can be made immediately when sprayer in ventury chamber of carburator through main jet and pilot jet orifice. Distillate content of bioethanol 80%, 85%, 90% and 95% will be used to measure the performance then compared power, exhaust emission and analyzed on the occuring affects.*

*Keyword:*

*Alternative energy, bioethanol, distillation, and exhaust emissions*



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	iii
PENGESAHAN .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN .....	vi
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH .....	4
1.3 TUJUAN PENELITIAN .....	4
1.4 BATASAN PENELITIAN .....	5
1.5 METODOLOGI PENELITIAN .....	5
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN .....	6
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	<b>8</b>
2.1 MOTOR OTTO .....	8
2.1.1. Klasifikasi <i>Engine</i> (Motor Otto) .....	9
2.1.2. Istilah-istilah Pada <i>Engine</i> (Mesin Otto) .....	10
2.1.3. Siklus Kerja Motor Otto .....	13
2.1.4. Performa Motor .....	16
2.1.5. Campuran Udara dan Bahan Bakar ( <i>Air-Fuel Mixture</i> ) .....	18
2.2 PENGERTIAN <i>BIOETHANOL</i> .....	21
2.3 HUKUM <i>BERNOULLI</i> .....	23
2.3.1. Aliran Tak-termampatkan .....	23
2.3.2. Aliran Termampatkan .....	24
2.4 FUNGSI DAN CARA KERJA KARBURATOR .....	25
2.5 POLUTAN PADA ALIRAN GAS BUANG .....	26

2.5.1. Hidrokarbon (HC).....	27
2.5.2. Karbon Monoksida (CO) .....	29
2.5.3. Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ).....	30
2.5.4. Oksigen (O <sub>2</sub> ) .....	30
2.5.5. Nitrogen Oksida (NO <sub>x</sub> ).....	31
2.5.6. Udara Berlebih ( <i>Excess Air</i> ) .....	32
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>33</b>
3.1 <i>FLOW CHART</i> .....	33
3.2 DESAIN PROSES PEMBUATAN <i>FUEL-MIXING</i> .....	34
3.2.1. Identifikasi dan Konsep Desain .....	34
3.2.2. Gambar dan Evaluasi Desain .....	37
3.2.3. Pembuatan dan Pengujian <i>Prototype</i> .....	40
3.2.4. Proses Perancangan <i>Fuel-mixing Bioethanol</i> .....	41
3.2.5. Proses Perakitan Alat <i>Fuel-mixing Bioethanol</i> .....	42
3.3 PERALATAN UJI.....	43
3.4 PERSIAPAN SEPEDA MOTOR DAN ALAT UJI.....	45
3.4.1. Sepeda Motor Honda Revo 100cc .....	45
3.4.2. <i>Gas Analyzer</i> .....	46
3.4.3. <i>Dynamometer</i> .....	47
3.4.4. Proses Pengambilan Data.....	47
<b>BAB IV ANALISA PERHITUNGAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>	<b>50</b>
4.1 HASIL PENGUJIAN KONSUMSI BAHAN BAKAR .....	50
4.2 KONSUMSI BAHAN BAKAR SPESIFIK (Sfc) .....	52
4.3 HASIL PENGUJIAN <i>DYNO-DYNAMIC</i> .....	59
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>65</b>
5.1 KESIMPULAN.....	65
5.2 SARAN.....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berat Jenis Beberapa Jenis Bahan Bakar .....	17
Tabel 2.2 Unsur Kimia Utama Dalam Udara Kering.....	19
Tabel 3.1 Spesifikasi Bahan Bakar <i>Premium</i> .....	43
Tabel 3.2 Spesifikasi Bahan <i>Bioethanol</i> .....	43
Tabel 3.3 Spesifikasi Bahan Bakar Pengotor <i>Ethanol</i> .....	43
Tabel 3.4 Spesifikasi <i>Tube Level</i> .....	44
Tabel 3.5 Spesifikasi Gelas Ukur.....	44
Tabel 3.6 Spesifikasi <i>Alkoholmeter</i> .....	44
Tabel 3.7 Spesifikasi <i>Stopwatch</i> .....	45
Tabel 3.8 Spesifikasi Mesin Revo 100 cc.....	45
Tabel 3.9 Spesifikasi <i>Gas Analyzer</i> .....	46
Tabel 3.10 Variasi Data Pengujian <i>Ethanol-Bensin Premium</i> .....	48
Tabel 4.1 Data <i>Wheel Power (HP)</i> .....	54
Tabel 4.2 Sfc Bensin di <i>Main Jet</i> dengan <i>Ethanol 95%</i> di <i>Pilot Jet</i> .....	54
Tabel 4.3 Sfc Bensin di <i>Main Jet</i> dengan <i>Ethanol 90%</i> di <i>Pilot Jet</i> .....	55
Tabel 4.4 Sfc Bensin di <i>Main Jet</i> dengan <i>Ethanol 85%</i> di <i>Pilot Jet</i> .....	55
Tabel 4.5 Sfc <i>Ethanol 95%</i> di <i>Main Jet</i> dengan bensin di <i>Pilot Jet</i> .....	55
Tabel 4.6 Sfc <i>Ethanol 90%</i> di <i>Main Jet</i> dengan bensin di <i>Pilot Jet</i> .....	55
Tabel 4.7 Sfc <i>Ethanol 85%</i> di <i>Main Jet</i> dengan bensin di <i>Pilot Jet</i> .....	56

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Bagan Konsumsi BBM- <i>Premium</i> .....	1
Gambar 1.2 Bagan Perbandingan Konsumsi BBM dengan BBM impor .....	2
Gambar 2.1 Bagan Klasifikasi <i>Engine</i> .....	9
Gambar 2.2 Gambar TDC-BDC .....	10
Gambar 2.3 Gambar <i>Bore Engine</i> .....	10
Gambar 2.4 Gambar <i>Stroke</i> .....	11
Gambar 2.5 Gambar <i>Displacement</i> .....	11
Gambar 2.6 Gambar <i>Compression Ratio</i> .....	11
Gambar 2.7 Gambar Komponen <i>Engine</i> Pembentuk Ruang Bakar .....	12
Gambar 2.8 Gambar Urutan Siklus Kerja Motor Bakar 4 Langkah .....	13
Gambar 2.9 Diagram P-V dan T-S Ideal Motor Otto Empat Langkah .....	14
Gambar 2.10 Grafik Pengaruh <i>Air Fuel Ratio</i> Terhadap Tenaga Mesin .....	20
Gambar 2.11 Gambar Komponen Karburator .....	25
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> .....	33
Gambar 3.2 Percobaan Pencampuran <i>Bioethanol 60% &amp; Premium</i> dengan <i>Ultrasonic Vibration</i> .....	35
Gambar 3.3 Metode Pengkabutan <i>Bioethanol</i> dan <i>Premium</i> .....	38
Gambar 3.4 Karburator Motor Honda Supra X 125 cc .....	38
Gambar 3.5 Gambar 2D <i>Bracket</i> .....	39
Gambar 3.6 Gambar Selang Penyalur Bahan Bakar .....	40
Gambar 3.7 <i>Control Volume</i> Pada Karburator .....	41
Gambar 3.8 Perakitan Alat <i>Fuel Mixer</i> .....	42
Gambar 3.9 Sepeda Motor Honda Revo 100 cc .....	45
Gambar 3.10 <i>Gas Analyzer</i> .....	46
Gambar 3.11 <i>Dynamometer Dyno Dynamic</i> .....	47
Gambar 4.1 Diagram Laju <i>Volume</i> Bahan Bakar Bensin di <i>Main Jet</i> dan Bensin di <i>Pilot Jet</i> dengan Variasi Rpm terhadap Satuan Waktu .....	50

Gambar 4.2 Diagram Laju <i>Volume</i> Bahan Bakar <i>Ethanol</i> 85% di <i>Main Jet</i> dan Bensin di <i>Pilot Jet</i> dengan Variasi Rpm terhadap Satuan Waktu .....	51
Gambar 4.3 Diagram Laju <i>Volume</i> Bahan Bakar <i>Ethanol</i> 90% di <i>Main Jet</i> dan Bensin di <i>Pilot Jet</i> dengan Variasi Rpm terhadap Satuan Waktu .....	52
Gambar 4.4 <i>Specific Fuel Consumption</i> Berbagai Varian Bahan Bakar pada <i>Pilot Jet</i> .....	56
Gambar 4.5 <i>Specific Fuel Consumption</i> Berbagai Varian Bahan Bakar pada <i>Main Jet</i> .....	57
Gambar 4.6 <i>Specific Fuel Consumption</i> Pencampuran <i>Bioethanol</i> & <i>Premium</i> Dimana <i>Bioethanol</i> Dialirkan Melalui <i>Pilot Jet</i> .....	57
Gambar 4.7 <i>Specific Fuel Consumption</i> Pencampuran <i>Bioethanol</i> & <i>Premium</i> Dimana <i>Bioethanol</i> Dialirkan Melalui <i>Main Jet</i> .....	58
Gambar 4.8 Pengambilan Data <i>Rear Wheel Power &amp; Wheel Torque</i> Menggunakan <i>Dyno Dynamic</i> .....	59
Gambar 4.9 Grafik <i>Wheel Power</i> Varian Data 1 .....	60
Gambar 4.10 Grafik <i>Wheel Power</i> Varian Data 3 .....	61
Gambar 4.11 Grafik <i>Wheel Power</i> Varian Data 4 .....	62
Gambar 4.12 Grafik <i>Wheel Power</i> Varian Data 5 .....	63
Gambar 4.13 Grafik <i>Wheel Power</i> Varian Data 7 .....	64

## DAFTAR LAMPIRAN

- *2D Drawing Bracket*
- *2D Drawing Fuel Mixer Bioethanol*
- Grafik Konsentrasi Gas Buang Berdasar AFR
- Keseimbangan Uap-Cair Campuran *Ethanol* Dengan Air
- *Properties of Fuel*
- *Determination of The Alcohol Content of Beverages*

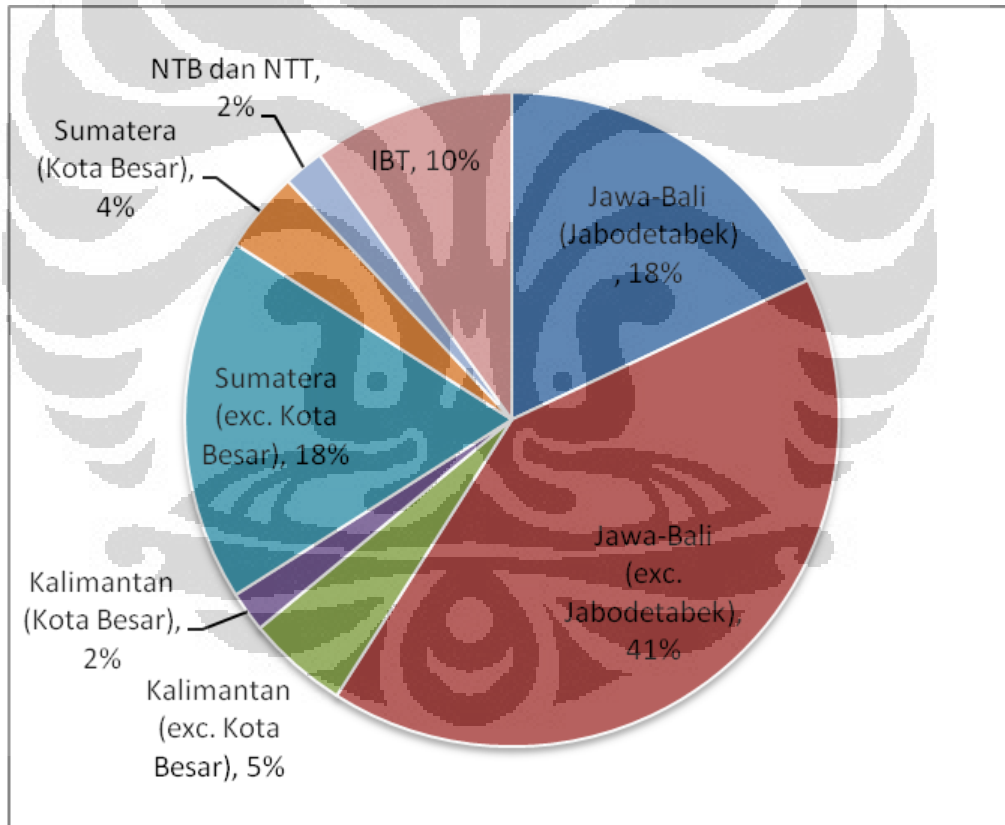


# BAB I

## PENDAHULUAN

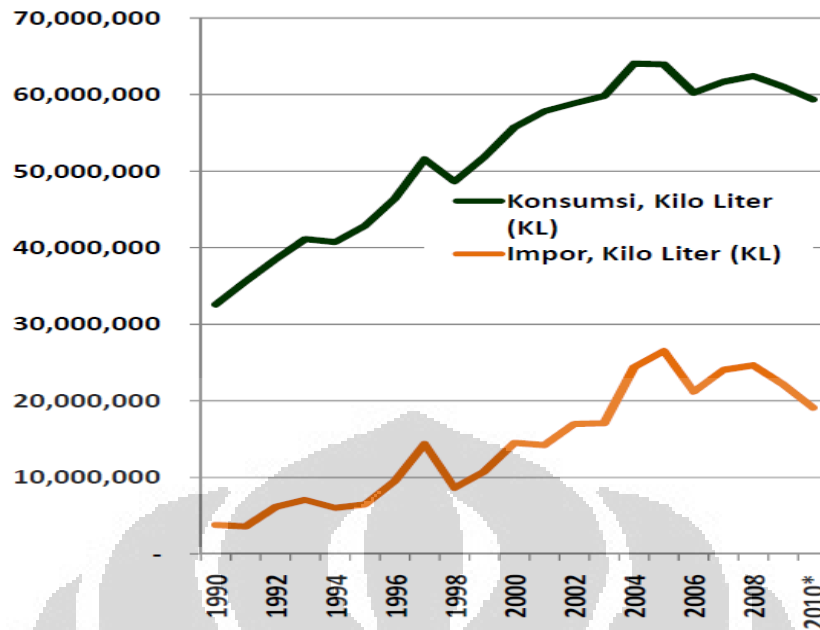
### 1.1 LATAR BELAKANG

Energi fosil khususnya minyak bumi, merupakan sumber energi utama dan merupakan sumber devisa negara. Isu krisis BBM baru-baru ini menunjukkan cadangan energi fosil yang dimiliki Indonesia terbatas jumlahnya. Fakta menunjukkan konsumsi energi terus meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Salah satunya yaitu konsumsi premium yang merupakan bahan bakar yang banyak digunakan pada sektor transportasi, khususnya transportasi darat, baik kendaraan pribadi maupun kendaraan umum yang terus meningkat.



Gambar 1.1 Bagan Konsumsi BBM-Premium

(Deputi Bidang Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup Kementerian PPN/Bappenas)



Gambar 1.2 Bagan perbandingan konsumsi BBM dengan BBM Impor  
(Deputi Bidang Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup Kementerian PPN/Bappenas)

- Konsumsi BBM di dalam negeri dalam 20 tahun terus mengalami kenaikan, dari sekitar 30 juta KL (1990) menjadi 60 juta KL (2010).
- Kenaikan konsumsi BBM ini diikuti dengan kenaikan volume BBM impor - dari 5 juta KL (1990) sampai menjadi diatas 30 jta KL (2010).
- Dalam lima tahun terakhir volume impor BBM selalu diatas 20 juta KL, sekitar 30-35% dari total konsumsi BBM.

Mengingat kebutuhan premium terus meningkat sedangkan produksi dari tahun ketahun cenderung tetap, maka dapat diperkirakan bahwa dimasa mendatang impor premium ini akan terus meningkat. Hal ini akan memberikan dampak semakin berkurangnya pasokan cadangan minyak bumi serta mengakibatkan dampak lingkungan yang cukup signifikan berupa peningkatan gas beracun di udara terutama karbonmonoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan sulfur oksida (SOx) yang dihasilkan dari pembakaran kendaraan bermotor.

Terbatasnya sumber energi fosil menyebabkan perlunya pengembangan energi terbarukan dan konservasi energi yang disebut pengembangan energi hijau. Yang dimaksud dengan energi terbarukan di sini adalah energi non-fosil yang berasal dari alam dan dapat diperbaharui. Bila dikelola dengan baik, sumber daya itu tidak akan habis. Di Indonesia pemanfaatan energi terbarukan dapat



digolongkan dalam tiga kategori, yang pertama adalah energi yang sudah dikembangkan secara komersial, seperti biomassa, panas bumi dan tenaga air. Yang kedua, energi yang sudah dikembangkan tetapi masih secara terbatas, yaitu energi surya dan energi angin, dan yang terakhir, energi yang sudah dikembangkan, tetapi baru sampai pada tahap penelitian, misalnya energi pasang surut. Salah satu sumber energi alternatif adalah energi biomassa yang berasal dari bahan organik dan sangat beragam jenisnya. Sumber energi biomassa dapat berasal dari tanaman perkebunan atau pertanian, hutan, peternakan atau bahkan sampah. Energi dari biomassa dapat digunakan untuk menghasilkan panas, membuat bahan bakar dan membangkitkan listrik. Teknologi pemanfaatan energi biomassa yang telah dikembangkan terdiri dari pembakaran langsung dan konversi biomassa menjadi bahan bakar. Hasil konversi biomassa ini dapat berupa gas biomassa, bioetanol, biodiesel dan bahan bakar cair (Sudaryanto, 2007).

Bio-ethanol dikenal sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan, karena bersih dari emisi bahan pencemar. Bio-ethanol dapat dibuat dari bahan baku tanaman yang mengandung pati seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung dan sagu. Ubi kayu, ubi jalar, dan jagung merupakan tanaman pangan yang biasa ditanam rakyat hampir di seluruh wilayah Indonesia, sehingga jenis tanaman tersebut merupakan tanaman yang potensial untuk dipertimbangkan sebagai sumber bahan baku pembuatan bio-ethanol atau gasohol.

Pemanfaatan bio-etanol di Indonesia untuk menjadi bahan bakar masih masih tergolong sangat rendah. Kurangnya sumber bahan baku serta lebih tingginya harga jual bio-etanol murni dibandingkan harga jual bensin premium, membuat penggunaan bio-etanol tidak populer dimasyarakat.

Namun lain halnya dengan produksi bio-etanol berkadar rendah sebagai salah satu jenis minuman yang digunakan untuk dikonsumsi oleh masyarakat tertentu, baik yang bersifat tradisional maupun yang berskala industri, banyak dijumpai hampir diseluruh daerah di Indonesia. Berdasarkan hal tersebut, alangkah baiknya bila produksi bio-etanol berkadar rendah yang sering disebut masyarakat sebagai alkohol dapat dimanfaatkan untuk hal yang lebih positif misalnya sebagai bahan bakar tambahan pada kendaraan bermotor. Oleh karenanya diperlukan teknologi yang mengakomodir bio-etanol kadar rendah

yang diproduksi oleh masyarakat untuk dirubah menjadi bio-etanol kadar tinggi dan hasilnya dapat langsung diterapkan sebagai bahan bakar tambahan pada kendaraan bermotor, salah satunya dengan proses destilasi.

Destilasi adalah proses pemurnian, dimana bio-etanol dengan kadar rendah dapat dijadikan bio-etanol kadar tinggi. Prosesnya seperti halnya penyulingan, cairan yang terdiri dari dua jenis dipanaskan sampai menguap kemudian dicairkan kembali dengan heat exchanger. Proses ini dapat terjadi karena perbedaan titik didih dari fluida yang akan dimurnikan.

Proses destilasi digunakan dalam penelitian ini untuk memurnikan bio-etanol berkadar rendah supaya memiliki kadar yang lebih tinggi. Kemudian setelah bio-etanol berkadar tinggi diperoleh, ia tidak dicampur dengan bensin untuk memperoleh gasohol. Karena pencampuran manual tidak akan membuat molekul bensin dan alkohol tercampur dengan sempurna.

Oleh karenanya untuk memperoleh gasohol tanpa pencampuran, penulis mengkabutkan langsung bio-etanol yang dihasilkan dari destilasi ke saluran pembakaran melalui lubang *main jet* atau *pilot jet*.

## **1.2 PERUMUSAN MASALAH**

Untuk mengembangkan bio-ethanol sebagai campuran bahan bakar sepeda motor mempunyai beberapa kendala. Pertama adalah bagaimana menjaga pencampuran bensin dengan bio-etanol yang sesuai dengan kebutuhan mesin pada RPM yang fluktuatif. Dan yang kedua adalah bagaimanakah performa kinerja dari motor dinamik setelah bahan bakar bensin dicampurkan dengan bio-etanol, perlu dilakukan analisa faktor apa saja yang mempengaruhi kinerja motor dinamik setelah diaplikasikannya bio-ethanol ini.

## **1.3 TUJUAN PENELITIAN**

Penelitian bertujuan untuk rancang bangun sistem pencampuran bio-etanol yang dapat di aplikasikan pada motor bakar dinamik yang nantinya akan digunakan untuk bahan bakar tambahan selain bahan bakar utama premium (bensin).

#### 1.4 BATASAN PENELITIAN

Adapun batas-batas terhadap penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Motor bakar dinamis yang akan digunakan adalah Sepeda Motor Honda Revo 4 langkah 100 cc produksi tahun 2007.
2. Kadar bio-etanol yang digunakan ialah bio-etanol 80%, 85%, 90% dan 95%.
3. Variasi pembebanan pada saat perhitungan *flowrate* dilakukan pada kondisi statis (tanpa beban jalan).
4. Variasi rpm saat perhitungan *flowrate* dilakukan mulai dari rpm idle, rpm rendah (2000 – 3000 rpm), rpm fluktuatif , dan rpm tinggi (7000 – 8000 rpm)

#### 1.5 METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaannya penelitian ini dilakukan dengan metodologi sebagai berikut:

##### a. Studi literatur

Studi literatur terhadap topik-topik bahasan yang berkaitan dengan penelitian yang penulis lakukan baik itu dari buku-buku referensi teknik, journal ilmiah, e-book dan e-teks dari sumber yang terpercaya maupun skripsi terdahulu yang juga membahas tentang *bioethanol distillator*, *bioethanol engine*, pemanfaatan gas buang pada *engine* statis, dan pemanfaatan gas buang pada *engine* dinamis.

##### b. Pembuatan dan pengujian alat *fuel-mixing* dengan motor pembakaran dalam

Pada tahap ini, konsumsi waktu yang digunakan cukup banyak dalam pelaksanaan penelitian ini. Pembuatan komponen-komponen *fuel-mixing* ini diawali dengan konsultasi dengan dosen pembimbing mengenai rancangan komponen-komponen tersebut agar dapat diaplikasikan pada *engine test*. Tahapan selanjutnya adalah pencarian material-material yang dibutuhkan, untuk kemudian dilakukan proses pembuatan komponen.

c. **Pengambilan data unjuk kerja *fuel-mixing* dan unjuk kerja motor.**

Proses pengambilan data ini dilakukan dengan mengukur konsentrasi bioethanol yang akan dijadikan bahan bakar. Kemudian *engine* dihidupkan dan dilakukan pengaturan putaran *engine* hingga mencapai putaran *engine* yang diinginkan. Proses pengukuran, pencatatan serta pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan tabung ukur dan alkohol meter untuk mengetahui konsumsi *flow rate ethanol*. Interval waktu pengukuran data dilakukan dengan menggunakan alat ukur waktu (*stop watch*) untuk mempertahankan konsistensi data. Kemudian disimulasikan untuk bahan bakar sepeda motor dan dilakukan pengambilan data *dyno test* untuk mengetahui perbedaan *performance* dari sepeda motor. Variasi beban pada proses pengambilan *rear wheel power* dan *wheel torque* dilakukan dengan cara *scanning* manual dari 4000 rpm – 10.000 rpm

## 1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Skripsi ini disusun menjadi 5 bagian pokok, yaitu:

- **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang, permasalahan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batas-batas penelitian, asumsi-asumsi yang digunakan, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

- **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini berisi teori-teori penunjang atau hal-hal yang menjadi pendukung topik penelitian.

- **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bagian ini memaparkan urutan proses instalasi alat uji, persiapan pengujian, tahapan pengujian, serta prosedur pengambilan data.

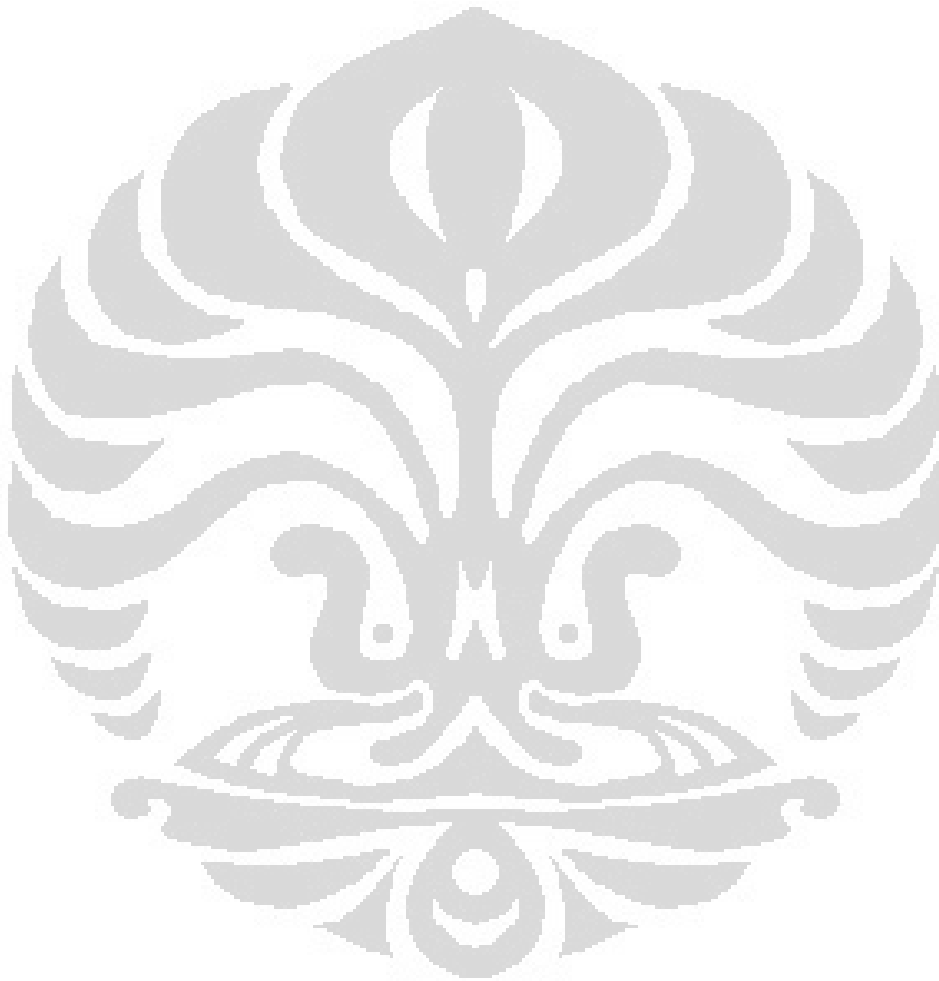
- **BAB IV ANALISA PERHITUNGAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Pada bab ini dijelaskan mengenai data hasil dari percobaan, perhitungan dan pengolahan dari data yang telah diambil dari pengujian. Hasil pengolahan data akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik yang terpadu untuk digunakan sebagai alat bantu analisa terhadap hasil

pengolahan data tersebut sehingga dapat bermanfaat untuk mengetahui kondisi unjuk kerja peralatan penelitian.

• **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini merupakan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk penelitian selanjutnya.



## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 MOTOR OTTO

Motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) adalah mesin kalor yang berfungsi untuk mengkonversikan energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi mekanis dan prosesnya terjadi di dalam suatu ruang bakar yang tertutup. Energi kimia dalam bahan bakar terlebih dahulu diubah menjadi energi *thermal* melalui proses pembakaran. Energi *thermal* yang diproduksi akan menaikkan tekanan yang kemudian menggerakkan mekanisme pada mesin seperti torak (*piston*), batang torak (*connecting rod*) dan poros engkol (*crank shaft*).

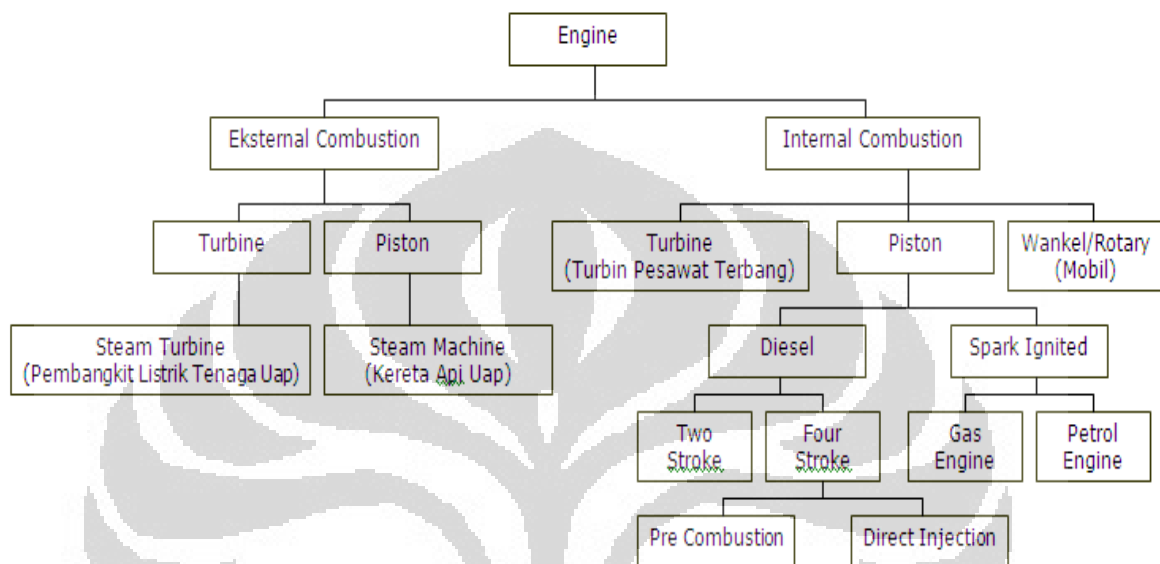
Berdasarkan metode penyalan campuran bahan bakar-udara, motor pembakaran dalam diklasifikasikan menjadi *spark ignition engine* dan *compression ignition engine*. Dalam proses pembakaran tersebut, bagian-bagian motor yang telah disebutkan di atas akan melakukan gerakan berulang yang dinamakan siklus. Setiap siklus yang terjadi dalam mesin terdiri dari beberapa urutan langkah kerja.

Berdasarkan siklus langkah kerjanya, motor pembakaran dalam dapat diklasifikasikan menjadi motor 2 langkah dan motor 4 langkah. Peralatan uji yang digunakan adalah motor Otto berbahan bakar *bioethanol* atau *premium* dengan sistem 4 langkah. Motor Otto merupakan motor pembakaran dalam karena motor Otto melakukan proses pembakaran gas dan udara di dalam silinder untuk melakukan kerja mekanis.

Motor Otto dengan sistem *Spark Ignition* menggunakan bantuan bunga api untuk menyalakan atau membakar campuran bahan bakar-udara. Bunga api yang digunakan berasal dari busi. Busi akan menyala saat campuran bahan bakar-udara mencapai rasio kompresi, temperatur, dan tekanan tertentu sehingga akan terjadi reaksi pembakaran yang menghasilkan tenaga untuk mendorong torak bergerak bolak-balik. Siklus langkah kerja yang terjadi pada mesin jenis ini dinamakan siklus Otto dengan menggunakan bahan bakar bensin.

### 2.1.1 Klasifikasi *Engine* (Mesin Otto)

Saat ini untuk mengerjakan berbagai macam jenis pekerjaan yang berbeda sudah banyak sekali jenis *engine* yang dirancang oleh manusia. Secara umum penggolongan berbagai jenis *engine* yang saat ini biasa dipakai dapat dilihat pada bagan berikut ini:



Gambar 2.1 Bagan Klasifikasi *Engine*

(Sumber: <http://pencarilmu.wordpress.com/2008/10/18/basic-engine/> )

Dari bagan tersebut maka penggolongan yang pertama dilakukan adalah membagi *engine* berdasarkan tempat terjadinya proses pembakaran dan tempat perubahan energi panas menjadi energi gerak. Apabila kedua peristiwa tadi terjadi dalam ruang yang sama maka *engine* tersebut dikategorikan sebagai *engine* dengan jenis *internal combustion*. Sedangkan apabila ruang tersebut terpisah maka *engine* tersebut dikategorikan sebagai *engine eksternal combustion*.

*Eksternal combustion engine* selanjutnya dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu: *turbine* dan *piston*. Pada *engine* jenis *internal combustion* penggolongan *engine* selanjutnya terdiri dari: *engine piston*, *turbine* dan *wenkel* atau *rotary*. Berdasarkan perlu tidaknya percikan bunga api untuk proses pembakaran maka *engine piston* dibagi menjadi dua jenis, yaitu: *engine diesel* dan *engine spark ignited*. Merujuk pada banyaknya langkah yang diperlukan untuk mendapat satu langkah *power* maka *diesel engine* dibagi menjadi *engine diesel* dua langkah (*two stroke*) dan empat langkah (*four stroke*). Selanjutnya *engine*

*diesel* empat langkah digolongkan lagi berdasarkan cara pemasukan bahan bakar kedalam ruang bakar menjadi dua tipe yaitu: *engine* dengan system *pre-combustion chamber* dan *direct injection*. Pada *spark ignited engine* penggolongan pertama didasarkan pada jenis bahan bakar yang digunakan, yaitu: *engine* berbahan bakar gas dan bensin.

### 2.1.2 Istilah-Istilah Pada *Engine* (Mesin Otto)

Beberapa terminologi/istilah yang banyak digunakan dalam membahas *Engine* Otto.

- *Top dead center*/titik mati atas: Posisi paling atas dari gerakan *piston*.
- *Bottom dead center*/titik mati bawah: Posisi paling bawah dari gerakan *piston*.



Gambar 2.2 Gambar TDC dan BDC

(Sumber: <http://www.chevelle.fr/chevelle.fr/mobile/articles.php?lng=fr&pg=423>)

- *Bore*: Diameter *combustion chamber* (ruang bakar).

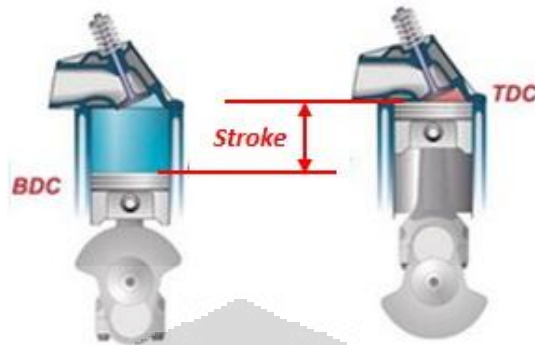


Gambar 2.3 Gambar *Bore Engine*

(Sumber: [http://johndanielengines.blogspot.com/2011\\_04\\_01\\_archive.html](http://johndanielengines.blogspot.com/2011_04_01_archive.html))



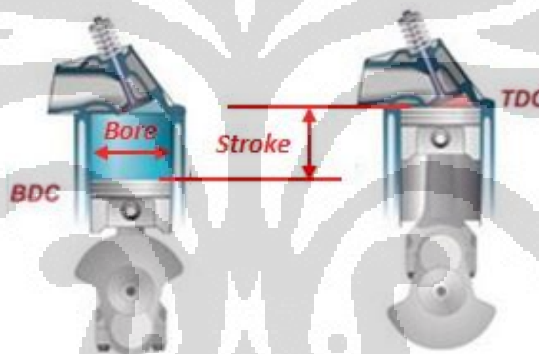
- *Stroke*: menunjukkan jarak yang ditempuh oleh *piston* untuk bergerak dari BDC menuju TDC atau sebaliknya.



Gambar 2.4 Gambar *Stroke*

(Sumber: <http://www.chevelle.fr/chevelle.fr/mobile/articles.php>)

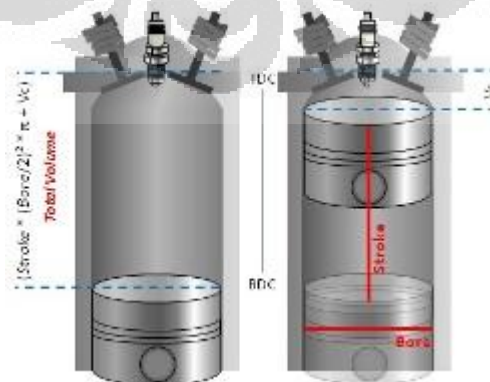
- *Displacement*: *Bore Area X Stroke*.



Gambar 2.5 Gambar *Displacement*

(Sumber: <http://www.chevelle.fr/chevelle.fr/mobile/articles.php>)

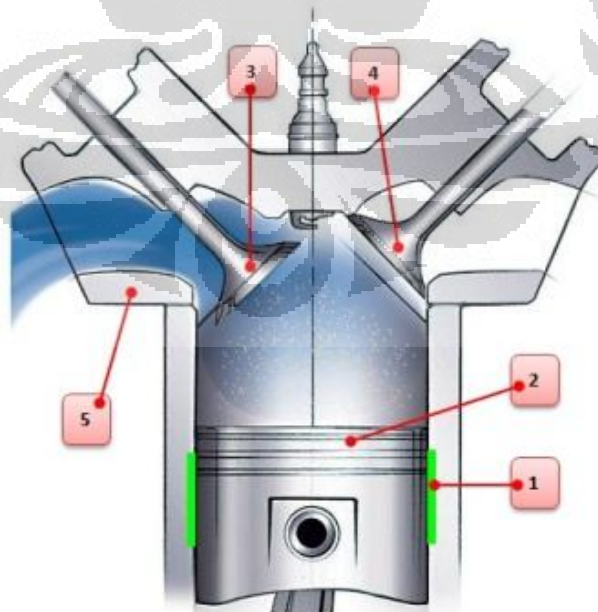
- *Compression ratio*: *Total volume (BDC)/compression volume (TDC)*.



Gambar 2.6 Gambar *Compression Ratio*

(Sumber: <http://bikearama.com/theory/calculate-compression-ratio/>)

- *Friction*/gesekan: *Friction* adalah tahanan yang timbul dari gesekan antara dua permukaan yang saling bergerak relatif satu sama lain. Contoh: *Friction* yang terjadi antara *piston* dan dinding *liner* pada saat *piston* bergerak ke atas dan ke bawah. *Friction* menimbulkan panas yang merupakan salah satu penyebab utama keausan dan kerusakan pada komponen.
- *Inertia*/kelembaman: *Inertia* adalah kecenderungan dari suatu benda yang bila diam akan tetap diam atau benda yang bergerak akan tetap bergerak. *Engine* harus menggunakan tenaga untuk melawan *inertia* tersebut.
- *Force*/gaya: *Force* adalah dorongan atau tarikan yang menggerakkan, menghentikan atau merubah gerakan suatu benda. Daya yang ditimbulkan oleh pembakaran pada saat langkah kerja. Semakin besar gaya yang ditimbulkan semakin besar pula tenaga yang dihasilkan.
- *Pressure*/tekanan: Tekanan adalah ukuran gaya yang terjadi setiap satuan luas. Sewaktu siklus empat langkah berjalan maka tekanan terjadi di atas *piston* pada saat langkah kompresi dan langkah tenaga. Selain istilah-istilah di atas harus diketahui juga nama-nama komponen dasar *engine* yang membentuk *combustion chamber* (ruang bakar), yaitu:



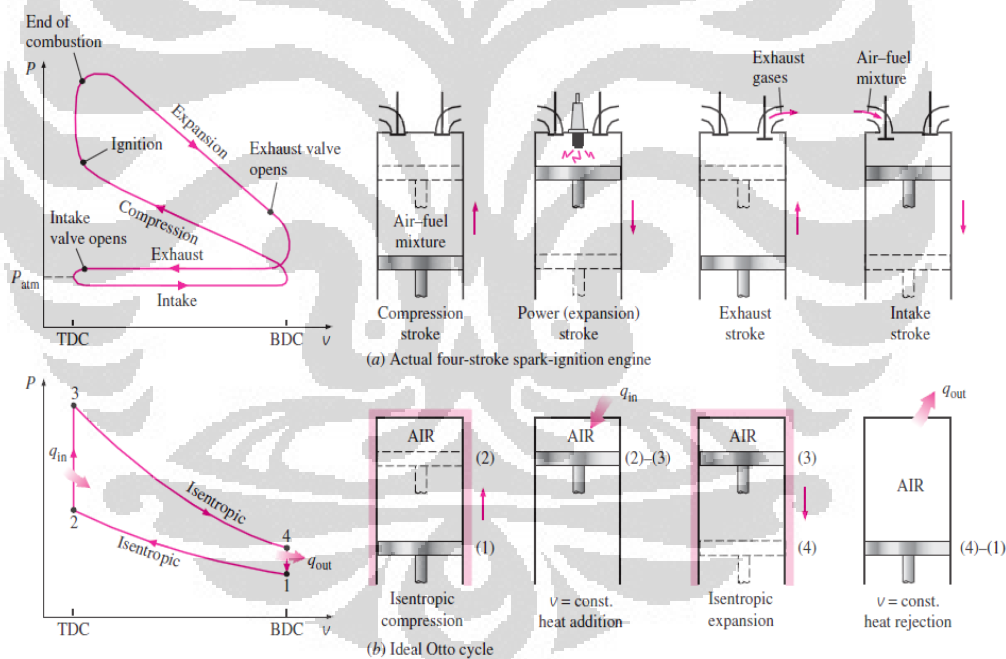
Gambar 2.7 Komponen *engine* pembentuk ruang bakar

(Sumber: <http://www.chevelle.fr/chevelle.fr/mobile/articles.php?lng=fr&pg=423>)

- No 1: *Cylinder Liner*
- No 2: *Piston*
- No 3: *Intake valve*
- No 4: *Exhaust valve*
- No 5: *Cylinder Head*

### 2.1.3 Siklus Kerja Motor Otto

Pada mesin 4 langkah, torak bergerak bolak-balik dalam silinder dari Titik Mati Atas (TMA) menuju Titik Mati Bawah (TMB) sebanyak 4 kali atau 2 putaran engkol untuk memenuhi 1 siklus kerja. Jarak yang ditempuh torak selama gerakan bolak-balik disebut dengan *stroke* atau langkah torak. Langkah-langkah yang terdapat pada motor bensin 4 langkah adalah langkah isap, kompresi, kerja, dan buang.

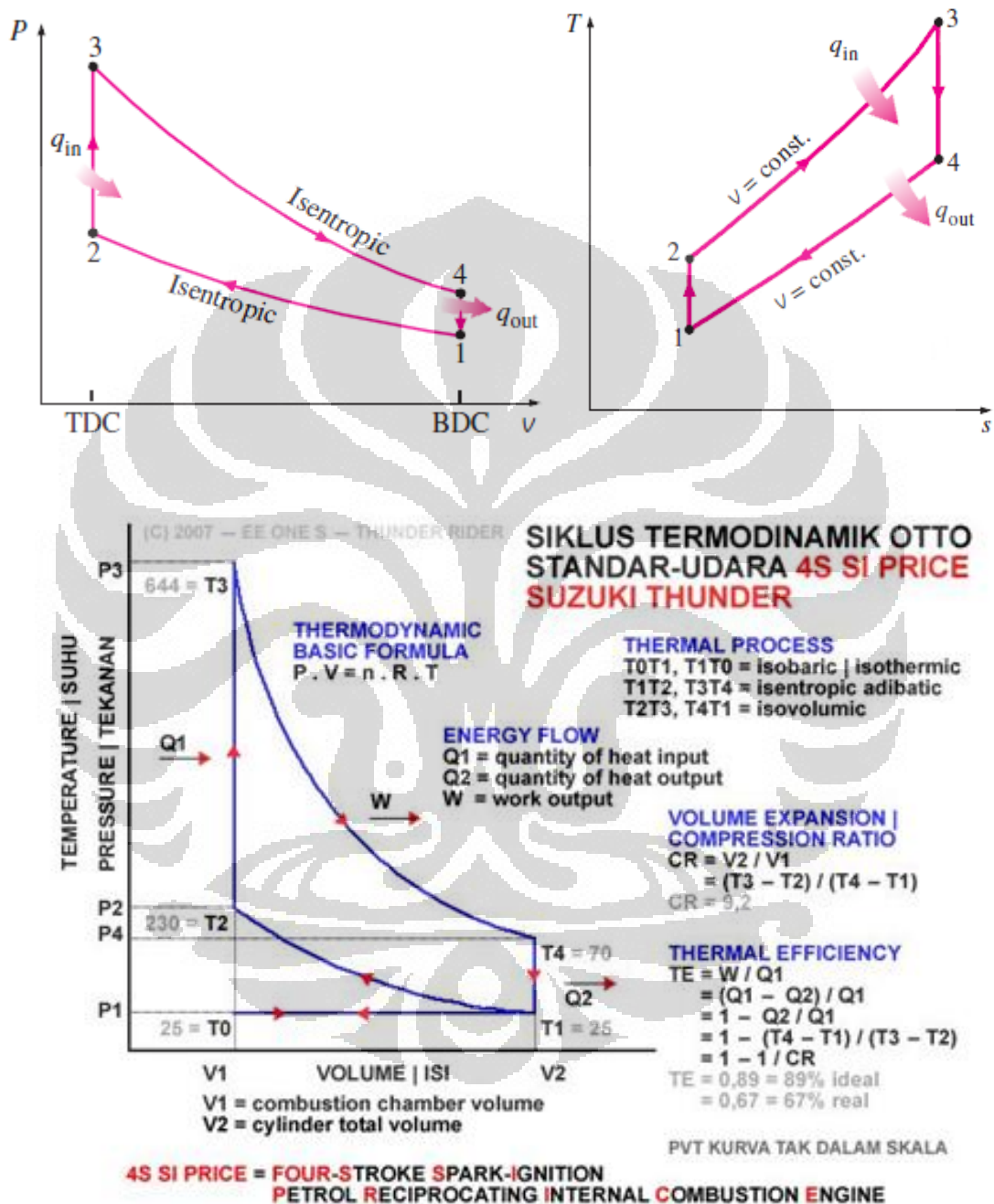


Gambar 2.8 Urutan siklus kerja motor bakar 4 langkah

(Y. Cengel & M. A. Boles . *Thermodynamic : An Engineering Approach 5th*)

Pada motor otto 4 langkah ini, gas pembakaran hanya mendorong torak pada langkah ekspansi saja. Oleh karena itu, untuk memungkinkan gerak torak pada tiga langkah lainnya maka sebagian energi pembakaran selama langkah ekspansi diubah dan disimpan dalam bentuk energi kinetis roda gila (*flywheel*).

Siklus kerja motor otto dapat digambarkan pada diagram indikator, yaitu diagram P-V (tekanan-volumen) dan diagram T-S (tekanan-entropi). Diagram indikator ini berguna untuk melakukan analisa terhadap karakteristik internal motor Otto.



Gambar 2.9 Diagram P-V dan T-S ideal motor Otto empat langkah  
(Y. Cengel & M. A. Boles . *Thermodynamic : An Engineering Approach 5th*)

Langkah-langkah pada mesin Otto 4 langkah dapat dilihat pada gambar 2.9. langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Langkah Isap (*Intake*)

Selama langkah isap torak bergerak dari TMA menuju TMB, katup masuk terbuka dan katup buang tertutup. Gerakan torak memperbesar volume ruang bakar dan menciptakan ruang hampa (*vacuum*) dalam ruang bakar. Akibatnya campuran udara dan bahan bakar terisap masuk ke dalam ruang bakar melalui katup masuk. Langkah isap berakhir ketika torak telah mencapai TMB.

2. Langkah kompresi (*compression*)

Selama langkah kompresi katup isap tertutup dan torak bergerak kembali ke TMA dengan katup buang masih dalam keadaan tertutup. Gerakan torak tersebut mengakibatkan campuran udara dan bahan bakar yang ada di dalam ruang bakar tertekan akibat volume ruang bakar yang diperkecil, sehingga tekanan dan temperatur di dalam silinder meningkat.

3. Pembakaran (*combustion*)

Pada akhir langkah kompresi, busi pijar menyala sehingga campuran udara-bahan bakar yang telah memiliki tekanan dan temperatur tinggi terbakar. Pembakaran yang terjadi mengubah komposisi campuran udara-bahan bakar menjadi produk pembakaran dan menaikkan temperatur dan tekanan dalam ruang bakar secara drastis.

4. Langkah kerja/ekspansi (*expansion/power*)

Tekanan tinggi hasil dari proses pembakaran campuran udara-bahan bakar mengakibatkan torak terdorong menjauhi TMA. Dorongan ini merupakan kerja keluaran dari siklus mesin otto. Dengan Bergeraknya torak menuju TMB, volume silinder meningkat sehingga temperatur dan tekanan dalam ruang bakar turun.

5. Langkah buang (*exhaust*)

Katup buang terbuka ketika torak telah mencapai TMB. Torak terus bergerak kembali menuju TMA sehingga gas hasil pembakaran tertekan keluar dari ruang bakar melalui katup buang.

### 2.1.4 Performa Motor

Penilaian sebuah motor biasanya identik dengan *power* dan torsi tertinggi yang dapat dicapai menurut desain manufaktur setelah mempertimbangkan parameter ekonomi, *reliability* dan *durability* dengan perawatan yang teratur. Kecepatan maksimum dan torsi maksimum biasanya juga telah ditetapkan dari standar pabrikan. Oleh karena itu selama dua parameter tersebut masih banyak bergantung pada *displacement volume* dari silinder pembakaran, sehingga untuk dapat melakukan *comparative analyze* terhadap mesin dengan perubahan *input*, maka pengujian dilakukan pada kondisi normal kendaraan pada *stand* tanpa pengujian dinamik pada permukaan jalan yang akan memiliki banyak perbedaan.

Torsi (*torque*), adalah kemampuan mesin untuk mengerakan atau memindahkan mobil/motor dari kondisi diam hingga berjalan. Torsi berkaitan dengan akselerasi. Pada saat kita merasakan tubuh kita terhempas ke belakang saat berakselerasi, menunjukkan besarnya angka torsi pada mesin tersebut. Rumus torsi adalah sebagai berikut :

$$T = \frac{F \cdot L}{100} [N \cdot m] \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan  $F = \text{Balance reading added weight (N)}$

$L = \text{Torque arm length (mm)}$

Daya (*power*), adalah kemampuan untuk seberapa cepat kendaraan itu mencapai suatu kecepatan tertentu. Misalnya suatu mobil A dapat mencapai kecepatan 0-100km/jam hanya dalam waktu 10 detik, sementara mobil B mampu hanya dalam waktu 6 detik, dikarenakan mobil B memiliki angka *Power* yang lebih besar. Rumus untuk *power* adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{1}{1000} \times \frac{2\pi n}{60} \times T \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan  $n = \text{Revolution per minute (rpm)}$

Dari kedua persamaan diatas didapat :

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot F \cdot L}{6 \cdot 10^7} [kW] \dots\dots\dots(2.3)$$

Daya roda belakang (*rear wheel power*) atau disebut juga *True Rear Wheel Horsepower* merupakan salah satu faktor dalam pengukuran daya kendaraan yang menghitung besarnya daya yang sebenarnya terkirim sampai ke roda

belakang. Daya ini merupakan *output* mesin yang sudah dipengaruhi oleh sistem pemindah daya serta sistem penggerak belakang dan roda kendaraan, sehingga daya roda belakang lebih mendekati daya yang sebenarnya pada actual pemakaian kendaraan.

Konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*) adalah laju bahan bakar yang masuk keruang bakar dalam rentang waktu tertentu, konsumsi bahan bakar dapat dirumuskan sebagai :

$$FC = \frac{Vf \times 3600}{t \times 1000} \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan: FC = konsumsi bahan bakar (liter/jam)  
 Vf = konsumsi bahan bakar selama t detik (mL)  
 t = interval waktu pengukuran (detik)

Konsumsi bahan bakar spesifik (*specific fuel consumption*) adalah perbandingan antara laju bahan bakar yang masuk keruang bakar dengan tenaga yang dihasilkan oleh mesin, konsumsi bahan bakar spesifik dirumuskan sebagai :

$$SFC = \frac{FC \times \rho}{P} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan : SFC = *specific fuel consumption* (kg/kW . hour)  
 ρ = berat jenis bahan bakar (kg/liter)  
 P = *power* mesin (kW)

Berikut adalah data berat jenis dari beberapa bahan bakar umum yang banyak dijumpai dipasaran :

Tabel 2.1 : Berat jenis beberapa jenis bahan bakar

Bahan bakar	SI	British Unit
Crude Oil	0.88 (0.75 -0.98) kg/L	7.34 lb/gal
Gasoline	0.745 kg/L	6.22 lb/gal
Diesel	0.837 kg/L	7.00 lb/gal
Biodiesel	0.880 kg/L	
Ethanol	0.789 kg/L	6.58 lb/gal
Methanol	0.792 kg/L	6.61 lb/gal
Natural Gas	0.717 kg/m <sup>3</sup>	44.8 lb/mcf

Sumber : Derek Supple, MIT Energy Club [http://web.mit.edu/mit\\_energy](http://web.mit.edu/mit_energy)

Tabel 2.1 merupakan daftar nilai berat jenis dari beberapa jenis bahan bakar yang umum dipakai atau dijumpai dipasaran, berat jenis paling rendah adalah gas alam yang memiliki berat jenis  $0,717 \text{ kg/m}^3$  atau  $0,717 \times 10^3 \text{ kg/L}$  sedangkan berat jenis paling tinggi adalah Biodisel dengan nilai  $0,88 \text{ kg/L}$  yang setara dengan *Crude Oil*. Adapun bahan bakar yang dipai dalam penelitian ini adalah Gasoline dengan nilai berat jenis  $0,745 \text{ kg/L}$ .

### 2.1.5 Campuran Udara dan Bahan Bakar (*Air-Fuel Mixture*)

Campuran udara dan bahan bakar merupakan salah satu dari beberapa *variable* yang sangat berpengaruh pada performa motor bakar, selain *spark timing* dan gas buang (*exhaust gases*) yang diukur dari banyaknya  $\text{NO}_x$  yang keluar serta tekanan inlet (*inlet pressure*) yang akan berpengaruh pada *efficiency volumetric*. Kualitas campuran udara dan bahan bakar mempunyai peranan yang besar terhadap kenaikan ataupun penurunan bahan bakar, sehingga *variable* ini menjadi sangat penting untuk terus dikaji dan dikembangkan.

Bahan bakar yang paling banyak digunakan saat ini adalah senyawa kimia yang terdiri dari *carbon*, *hydrogen*, dan *oxygen*, sehingga banyak disebut bahan bakar hidrokarbon (*hydrocarbon fuel*). Secara umum bahan bakar hidrokarbon dirumuskan sebagai  $\text{C}_n\text{H}_m\text{O}_y$ . Untuk melakukan pembakaran bahan bakar hidrokarbon hanya akan tercapai jika dicampur dengan sejumlah udara dengan takaran yang sesuai, sehingga dalam karburator sepeda motor terdapat venturi dan jet yang berfungsi untuk mengatur banyaknya bahan bakar yang keluar berdasarkan tekanan vakum yang dihasilkan dari hisapan piston pada ruang bakar.

Udara pada kondisi normal merupakan campuran dari beberapa unsur kimia seperti *Nitrogen*, *Oxygen*, *Argon* dan *Carbondioxide* serta unsur-unsur yang lain. Tabel berikut menunjukkan komposisi relatif dari unsur utama pada udara :



Tabel 2.2 : Unsur kimia utama dalam udara kering

Gas	Ppm by volume	Molecular weight	Mole fraction	Molar ratio
O <sub>2</sub>	209.500	31.998	0.2095	1
N <sub>2</sub>	780.900	28.012	0.7905	3.773
Ar	9.300	39.948		
CO <sub>2</sub>	300	44.009		
Air	1000.000	28.962	1.0000	4.773

(Heywood, John B : *Internal Combustion Engine Fundamental*)

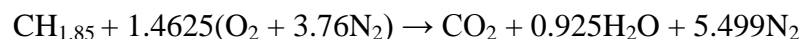
Pada tabel 2.2 unsur kimia didalam udara paling banyak adalah Nitrogen dengan nilai Ppm (*part per million*) dalam satu volume mencapai 780,900 sedangkan oxygen hanya 209,500. Namun berdasarkan berat *molecular* unsur kimia terberat dalam udara adalah CO<sub>2</sub> dengan nilai 28,962 dan teringan adalah Nitrogen dengan nilai 28,012.

Jika terdapat unsur oksigen yang mencukupi dalam udara maka bahan bakar hidrokarbon dapat teroksidasi secara sempurna. Unsur karbon dari bahan bakar akan bereaksi dengan oksigen menjadi CO<sub>2</sub> sedangkan unsur hidrogen akan menjadi air H<sub>2</sub>O. Secara umum reaksi kimia antara hidrocarbon dengan oksigen adalah



Namun di udara juga terdapat unsur nitrogen sebagai unsur dengan jumlah molekul terbanyak, akan tetapi pada suhu normal nitrogen tidak menimbulkan efek yang signifikan terhadap reaksi pembakaran sehingga kita akan tetap menemukan N<sub>2</sub> sebagai hasil reaksi *hydrocarbon fuel* terhadap udara.

Kita dapat merepresentasikan bensin (*gasoline*) sebagai hidrokarbon fuel dengan rumus CH<sub>1,85</sub> sedangkan kita tulis unsur utama yaitu N<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> sehingga *stoichiometry* pembakarannya adalah sebagai berikut :



Selanjutnya untuk menghitung perbandingan udara dan bahan bakar secara stoichiometry, kita dapat mengalikan jumlah mol dalam reaksi diatas dengan *atomic molecular weight* dari tiap unsur yang kita dapatkan dari *periodic table of element* :

19	← atomic number
K	← atomic symbol
39.0983	← atomic weight

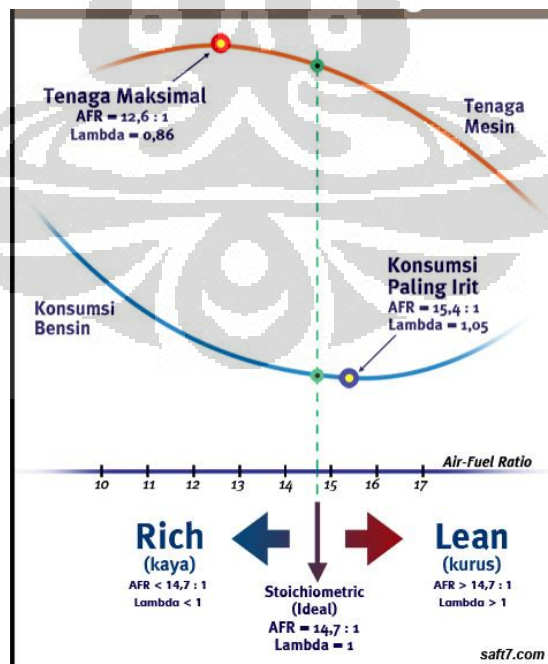
$$\text{Udara (air)} : 1.4625 (1 + 3.76) * 28.97 = 201.67$$

$$\text{Bensin (fuel)} : 1 * 13.85 = 13.85$$

Sehingga perbandingan udara dan bahan bakar yang kita dapatkan adalah  $A/F = 201,67 : 13,85 = 1 : 14,56$  perbandingan ini biasa disebut dengan perbandingan udara dan bahan bakar ideal stoikiometri (*ideal stoichiometric comparison*).

Pada kenyataannya perbandingan ideal sangat jarang tercapai, pada saat mulai pengoperasian mesin biasanya campuran akan gemuk atau bahan bakar lebih banyak, hal ini agar mesin mudah untuk di *starter* sedangkan saat rpm sudah mulai stabil biasanya campuran akan lebih kurus atau udara lebih banyak.

Perbandingan ini juga berpengaruh pada tenaga mesin yang dihasilkan oleh kendaraan, Untuk menghasilkan tenaga mesin yang tinggi maka campuran bahan bakar dan udara menjadi lebih gemuk dari kondisi ideal, sebaliknya untuk tenaga mesin yang rendah maka campuran udara dan bahan bakar dapat lebih kurus dari ideal. Gambar 2.10 berikut ini adalah grafik pengaruh *air fuel ratio* terhadap tenaga mesin yang dihasilkan :



Gambar 2.10 : Grafik pengaruh *air fuel ratio* terhadap tenaga mesin

(Sumber : <http://www.saft7.com> 24 Maret 2012)

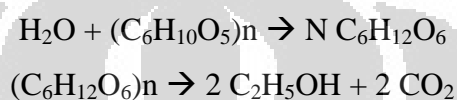
## 2.2 PENGERTIAN *BIOETHANOL*

Alkohol merupakan bahan kimia yang diproduksi dari bahan baku tanaman yang mengandung pati seperti ubi kayu, ubi jalar, jagung, dan sagu biasanya disebut dengan bioethanol. Ubi kayu, ubi jalar, dan jagung merupakan tanaman pangan yang biasa ditanam rakyat hampir di seluruh wilayah Indonesia, sehingga jenis tanaman tersebut merupakan tanaman yang potensial untuk dipertimbangkan sebagai sumber bahan baku pembuatan bioethanol atau gasohol. Namun dari semua jenis tanaman tersebut, ubi kayu merupakan tanaman yang setiap hektarnya paling tinggi dapat memproduksi ethanol. Selain itu pertimbangan pemakaian ubi kayu sebagai bahan baku proses produksi bio-ethanol juga didasarkan pada pertimbangan ekonomi. Pertimbangan keekonomian pengadaan bahan baku tersebut bukan saja meliputi harga produksi tanaman sebagai bahan baku, tetapi juga meliputi biaya pengelolaan tanaman, biaya produksi pengadaan bahan baku, dan biaya bahan baku untuk memproduksi setiap liter ethanol/bio-ethanol.

Secara umum ethanol/bio-ethanol dapat digunakan sebagai bahan baku industry turunan alkohol, campuran untuk miras, bahan dasar industri farmasi, campuran bahan bakar untuk kendaraan. Mengingat pemanfaatan ethanol/bio-ethanol beraneka ragam, sehingga grade ethanol yang dimanfaatkan harus berbeda sesuai dengan penggunaannya. Untuk ethanol/bio-ethanol yang mempunyai *grade* 90-96,5% vol dapat digunakan pada industri, sedangkan ethanol/bioethanol yang mempunyai *grade* 96-99,5% vol dapat digunakan sebagai campuran untuk miras dan bahan dasar industri farmasi. Berlainan dengan besarnya *grade* ethanol/bioethanol yang dimanfaatkan sebagai campuran bahan bakar untuk kendaraan yang harus betul-betul kering dan anhydrous supaya tidak korosif, sehingga ethanol/bio-ethanol harus mempunyai *grade* sebesar 99,5-100% vol. Perbedaan besarnya *grade* akan berpengaruh terhadap proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air. Mengacu dari penjelasan tersebut, disusunlah makalah yang berjudul “Teknologi Proses Produksi Bio-Ethanol”

Produksi ethanol/bio-ethanol (alkohol) dengan bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula (glukosa) larutair. Glukosa dapat dibuat dari pati-patian, proses pembuatannya dapat dibedakan berdasarkan zat pembantu yang dipergunakan,

yaitu hidrolisis asam dan hidrolisis enzim. Berdasarkan kedua jenis hidrolisis tersebut, saat ini hidrolisis enzim lebih banyak dikembangkan, sedangkan hidrolisis asam (misalnya dengan asam sulfat) kurang dapat berkembang, sehingga proses pembuatan glukosa dari pati-patian sekarang ini dipergunakan dengan hidrolisis enzim. Dalam proses konversi, karbohidrat menjadi gula (glukosa) larut air dilakukan dengan penambahan air dan enzim, kemudian dilakukan proses peragian atau fermentasi gula menjadi etanol dengan menambahkan *yeast* atau ragi. Reaksi yang terjadi pada proses produksi bioetanol secara sederhana disajikan pada reaksi berikut :



Selain bioetanol dapat diproduksi dari bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, juga dapat diproduksi dari bahan tanaman yang mengandung selulosa, namun dengan adanya lignin mengakibatkan proses penggulaannya menjadi lebih sulit, sehingga pembuatan bioetanol dari selulosa tidak perlu direkomendasikan. Meskipun teknik produksi bioetanol merupakan teknik yang sudah lama diketahui, namun bioetanol untuk bahan bakar kendaraan memerlukan etanol dengan karakteristik tertentu yang memerlukan teknologi yang relatif baru di Indonesia antara lain mengenai neraca energi dan efisiensi produksi, sehingga penelitian lebih lanjut mengenai teknologi proses produksi etanol masih perlu dilakukan. Secara singkat teknologi proses produksi bioetanol tersebut dapat dibagi dalam tiga tahap, yaitu gelatinasi, sakarifikasi, dan fermentasi.

Etanol memiliki berat jenis sebesar 0,7937 g/mL (15°C) dan titik didih sebesar 78,32°C pada tekanan 760 mmHg. Etanol larut dalam air dan eter dan mempunyai panas pembakaran 328 Kkal (Paturau, 1981). Menurut Paturau (1981), fermentasi etanol membutuhkan waktu 30-72 jam. Prescott and Dunn (1981) menyatakan bahwa waktu fermentasi etanol yang dibutuhkan adalah 3 hingga 7 hari. Frazier and Westhoff (1978) menambahkan suhu optimum fermentasi 25-30°C dan kadar gula 10-18 %. Etil-Alkohol (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH) dikenal juga dengan nama alkohol adalah suatu cairan tidak berwarna dengan bau yang khas. Di dalam perdagangan kualitas alkohol di kenal dengan beberapa tingkatan.

### 1. Alkohol Teknis (96,5°GL)

Digunakan terutama untuk kepentingan industri sebagai bahan pelarut organik, bahan baku maupun bahan antara produksi berbagai senyawa organik lainnya. Alkohol teknis biasanya terdenaturasi memakai  $\frac{1}{2}$  -1 % piridin dan diberi warna memakai 0,0005% metal violet.

### 2. Alkohol Murni (96,0 – 96,5 °GL)

Digunakan terutama untuk kepentingan farmasi dan konsumsi misal untuk minuman keras.

### 3. Alkohol Absolut ( 99,7 – 99,8 °GL)

Digunakan di dalam pembuatan sejumlah besar obat-obatan dan juga sebagai bahan antara didalam pembuatan senyawa-senyawa lain skala laboratorium. Alkohol jenis ini disebut *Fuel Grade Ethanol* (F.G.E) atau *anhydrous ethanol* yaitu etanol yang bebas air atau hanya mengandung air minimal. Alkohol absolut terdenaturasi digunakan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor dan motor bensin lainnya.

## 2.3 HUKUM BERNOULLI

Prinsip *Bernoulli* adalah sebuah istilah di dalam mekanika fluida yang menyatakan bahwa pada suatu aliran fluida, peningkatan pada kecepatan fluida akan menimbulkan penurunan tekanan pada aliran tersebut. Prinsip ini sebenarnya merupakan penyederhanaan dari Persamaan *Bernoulli* yang menyatakan bahwa jumlah energi pada suatu titik di dalam suatu aliran tertutup sama besarnya dengan jumlah energi di titik lain pada jalur aliran yang sama. Prinsip ini diambil dari nama ilmuwan Belanda/Swiss yang bernama Daniel Bernoulli.

Dalam bentuknya yang sudah disederhanakan, secara umum terdapat dua bentuk persamaan Bernoulli; yang pertama berlaku untuk aliran tak-termampatkan (*incompressible flow*), dan yang lain adalah untuk fluida termampatkan (*compressible flow*).

### 2.3.1 Aliran Tak-termampatkan

Aliran tak-termampatkan adalah aliran fluida yang dicirikan dengan tidak berubahnya besaran kerapatan massa (densitas) dari fluida di sepanjang aliran

tersebut. Contoh fluida tak-termampatkan adalah: air, berbagai jenis minyak, emulsi, dll. Bentuk Persamaan Bernoulli untuk aliran tak-termampatkan adalah sebagai berikut:

$$p + \rho gh + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{konstan}$$

di mana:

$v$  = kecepatan fluida

$g$  = percepatan gravitasi bumi

$h$  = ketinggian relatif terhadap suatu referensi

$p$  = tekanan fluida

$\rho$  = densitas fluida

Persamaan di atas berlaku untuk aliran tak-termampatkan dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

- a. Aliran bersifat tunak (*steady state*)
- b. Tidak terdapat gesekan (*inviscid*)

Dalam bentuk lain, Persamaan Bernoulli dapat dituliskan sebagai berikut:

$$p_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = p_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

### 2.3.2 Aliran Termampatkan

Aliran termampatkan adalah aliran fluida yang dicirikan dengan berubahnya besaran kerapatan massa (densitas) dari fluida di sepanjang aliran tersebut. Contoh fluida termampatkan adalah: udara, gas alam, dll.

Persamaan *Bernoulli* untuk aliran termampatkan adalah sebagai berikut:

$$\frac{v^2}{2} + \phi + w = \text{konstan}$$

dimana:

$\phi$  = energi potensial gravitasi per satuan massa; jika gravitasi konstan maka  $\phi = gh$

$w$  = entalpi fluida per satuan massa

$$w = \epsilon + \frac{p}{\rho}$$

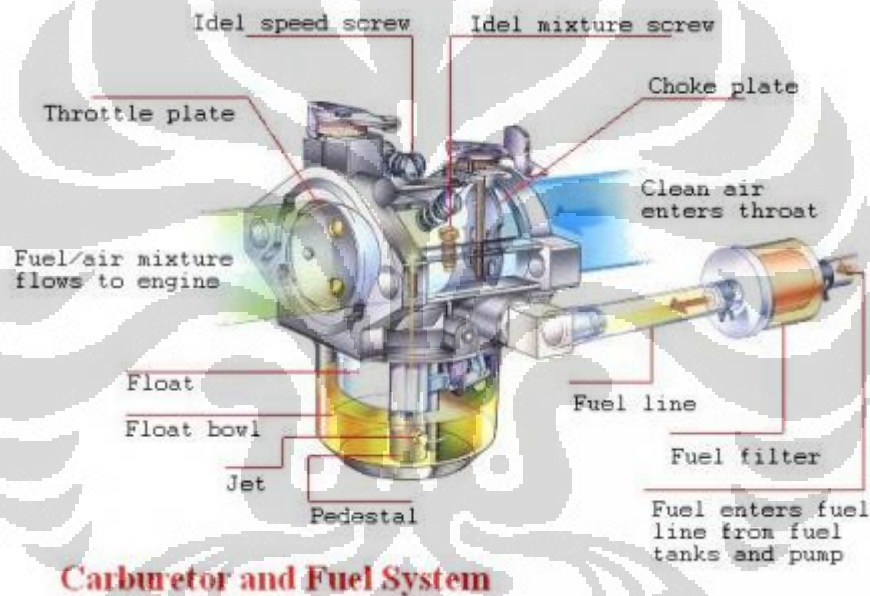
Catatan:  $\rho$ , di mana  $\epsilon$  adalah energi termodinamika per satuan massa, juga disebut sebagai energi internal spesifik.

## 2.4 FUNGSI DAN CARA KERJA KARBURATOR

Karburator merupakan bagian dari mesin yang bertugas dalam sistem pengabutan (pemasukan bahan bakar ke dalam silinder). Untuk itu fungsi dari karburator antara lain:

1. Untuk mengatur udara dan bahan bakar ke dalam saluran isap.
2. Untuk mengatur perbandingan bahan bakar-udara pada berbagai beban kecepatan motor.
3. Mencampur bahan bakar dan udara secara merata.

Proses pemasukan bahan bakar kedalam silinder dinamakan *karburasi*. Sedangkan alat yang melakukannya dinamakan *karburator*.



Gambar 2.11 : Gambar Komponen Karburator

(Sumber : <http://www.otomaster.wordpress.com>)

Berikut akan dijelaskan satu per satu bagian dari karburator beserta fungsinya:

1. Mangkok karburator (*float chamber*)  
Berfungsi sebagai penyimpan bahan bakar sementara sebelum digunakan.
2. Klep/jarum pelampung (*float valve*)  
Berfungsi mengatur masuknya bahan bakar ke dalam mangkok karburator.
3. Pelampung (*float*)  
Berfungsi mengatur bahan bakar agar tetap pada mangkok karburator.
4. Skep/katup gas (*throttle valve*)

Berfungsi mengatur banyaknya gas yang masuk ke dalam silinder.

5. Pemancar jarum(*main nozzle/needle jet*)

Berfungsi memancarkan bahan bakar waktu motor di gas, besarnya diatur oleh terangkatnya jarum skep.

6. Jarum skep/jarum gas(*Needle jet*)

Berfungsi mengatur besarnya semprotan bahan bakar dari main nozzle pada waktu motor di gas.

7. Pemancar besar(*main jet*)

Berfungsi memancarkan bahan bakar ketika motor di gas penuh(tinggi)

8. Pemancar kecil/stationer(*slow jet*)

Berfungsi memancarkan bahan bakar waktu lamsam/stationer.

9. Sekrup gas/baut gas(*throttle screw*)

Berfungsi menyetel posisi skep sebelum di gas.

10. Sekrup udara/baut udara(*air screw*)

Berfungsi mengatur banyaknya udara yang akan dicampur dengan bahan bakar.

11. Katup cuk(*choke valve*)

Berfungsi menutup udara luar yang akan masuk ke dalam karburator sehingga gas menjadi kaya, digunakan pada waktu start.

Cara kerja dari karburator dimulai pada saat mesin dihidupkan. Saat mesin hidup, mesin mengisap udara luar masuk melalui karburator. Karena kecepatan udara yang memasuki *spuyer* kecil, maka tekanan udara di permukaan saluran masuk rendah. Sehingga bahan bakar yang memancar melalui *spuyer* kecil. Campuran bahan bakar dan udara akan menghasilkan gas yang nantinya akan dibakar di dalam silinder.

## 2.5 POLUTAN PADA ALIRAN GAS BUANG

Bahan pencemar (polutan) yang berasal dari kendaraan bermotor dibedakan menjadi polutan primer atau sekunder. Polutan primer seperti karbon monoksida (CO), sulfur oksida (SO<sub>x</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) dan hidrokarbon (HC) langsung dibuang ke udara bebas dan mempertahankan bentuknya seperti pada saat



pembuangan. Polutan sekunder seperti ozon ( $O_2$ ) adalah polutan yang terbentuk di atmosfer melalui reaksi fotokimia, hidrolisis atau oksidasi.

### 2.5.1 Hidrokarbon (HC)

Hidrokarbon terutama berperan dalam atmosfer dalam pembentukan ozon dan fotooksidan lainnya, bersama-sama dengan adanya oksida nitrogen dan sinar ultra violet. Gangguan pernapasan dapat timbul akibat senyawa hidrokarbon sendiri, meliputi laryngitis, pharya dan bronchitis. Dampak fotooksidan yang terbentuk, sebenarnya lebih besar dari dampak hidrokarbon sendiri.

Emisi hidrokarbon yang tidak terbakar merupakan hal berkaitan langsung dengan pembakaran yang tidak sempurna. jadi setiap HC yang didapat di gas buang kendaraan menunjukkan adanya bahan bakar yang tidak terbakar dan terbuang bersama sisa pembakaran. Apabila suatu senyawa hidrokarbon terbakar sempurna (bereaksi dengan oksigen) maka hasil reaksi pembakaran tersebut adalah karbondioksida ( $CO_2$ ) dan air( $H_2O$ ). Bentuk emisi hidrokarbon dipengaruhi oleh banyak variable disain dan operasi. Salah satunya dapat disebabkan karena penyalaan yang tidak stabil (*misfire*). Oksidasi dari hidrokarbo merupakan proses rantai dengan hasil lanjutan berupa aldehid. Beberapa jenis aldehid bersifat stabil dan keluar bersama gas buang. Sumber utama dari pembentukan hidrokarbon adalah *wall quenching* yang diamati pada saat api menjalar ke arah dinding, terdapat lapisan tipis yang tidak terjadi reaksi kimia kecuali terjadinya pemecahan bahan bakar. Lapisan tipis ini mengandung hidrokarbon yang tidak terbakar atau disebut juga *quench distance*.

Besarnya *quench distance* ini bervariasi antara 0,008 sampai 0,038 cm yang dipengaruhi oleh temperatur campuran, tekanan, AFR (Air-to-Fuel-Ratio), temperatur permukaan dinding dan endapan pembakaran. Besarnya konsentrasi hidrokarbon di dalam gas buang sama dengan besar konsentrasi CO, yaitu tinggi pada saat campuran kaya dan berkurang pada titik temperatur tertinggi. Untuk *engine* yang tidak dilengkapi dengan *Catalytic Converter (CC)*, emisi HC yang dapat ditoleransi adalah 500 ppm dan untuk *engine* yang dilengkapi dengan CC, emisi HC yang dapat ditoleransi adalah 50 ppm.

Emisi HC ini dapat ditekan dengan cara memberikan tambahan panas dan oksigen diluar ruang bakar untuk menuntaskan proses pembakaran. Proses injeksi oksigen tepat setelah exhaust port akan dapat menekan emisi HC secara drastis. Saat ini, beberapa mesin mobil sudah dilengkapi dengan *electronic air injection reaction pump* yang langsung bekerja saat *cold-start* untuk menurunkan emisi HC sesaat sebelum CC mencapai suhu kerja ideal.

Apabila emisi HC tinggi, menunjukkan ada 3 kemungkinan penyebabnya yaitu CC yang tidak berfungsi, AFR yang tidak tepat (terlalu kaya) atau bahan bakar tidak terbakar dengan sempurna di ruang bakar. Apabila mobil dilengkapi dengan CC, maka harus dilakukan pengujian terlebih dahulu terhadap CC dengan cara mengukur perbedaan suhu antara inlet CC dan outletnya. Seharusnya suhu di outlet akan lebih tinggi minimal 10% daripada inletnya.

Apabila CC bekerja dengan normal tapi HC tetap tinggi, maka hal ini menunjukkan gejala bahwa AFR yang tidak tepat atau terjadi misfire. AFR yang terlalu kaya akan menyebabkan emisi HC menjadi tinggi. Ini biasanya disebabkan antara lain kebocoran *fuel pressure regulator*, setelan karburator tidak tepat, filter udara yang tersumbat, sensor temperatur mesin yang tidak normal dan sebagainya yang dapat membuat AFR terlalu kaya. *Injector* yang kotor atau *fuel pressure* yang terlalu rendah dapat membuat butiran bensin menjadi terlalu besar untuk terbakar dengan sempurna dan ini juga akan membuat emisi HC menjadi tinggi. Apapun alasannya, AFR yang terlalu kaya juga akan membuat emisi CO menjadi tinggi dan bahkan menyebabkan outlet dari CC mengalami overheat, tetapi CO dan HC yang tinggi juga bisa disebabkan oleh bocornya pelumas ke ruang bakar.

penyebab misfire antara lain adalah pengapian yang tidak baik, waktu pengapian yang terlalu mundur, kebocoran udara disekitar intake manifold atau *mechanical problem* yang menyebabkan angka kompresi mesin rendah.

Untuk *engine* yang dilengkapi dengan sistem EFI dan CC, gejala misfire ini harus segera diatasi karena apabila didiamkan, ECU akan terus menerus berusaha membuat AFR menjadi kaya karena membaca bahwa masih ada oksigen yang tidak terbakar ini. Akibatnya CC akan mengalami overheat.

### 2.5.2 Karbon Monoksida (CO)

Gas yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, tidak mudah larut dalam air, beracun dan berbahaya. Dapat bertahan lama di muka bumi karena kemampuan atmosfer untuk menyerapnya adalah antara 1 sampai 5 tahun. Dampak dari CO bervariasi tergantung dari status kesehatan seseorang, antara lain dapat memperparah kelompok penderita gangguan jantung dan paru-paru, kelahiran premature dan berat badan bayi di bawah normal. CO menghalangi darah dalam mengangkut oksigen sehingga darah kekurangan oksigen dan jantung bekerja lebih berat. Bila seseorang menghirup CO pada kadar tinggi dan waktu tertentu dapat menimbulkan pingsan, bahkan kematian. (88DB.com/kesehatan&pengobatan/emisi-gas-buang).

Karbon monoksida selalu terdapat di dalam gas buang pada saat proses penguraian dan hanya ada pada *muffler*. CO merupakan produk dari pembakaran yang tidak tuntas yang disebabkan karena tidak seimbangnya jumlah udara pada rasio udara-bahan bakar (AFR) atau waktu penyelesaian pembakaran yang tidak tepat. Pada campuran kaya, konsentrasi CO akan meningkat dikarenakan pembakaran yang tidak sempurna untuk menghasilkan CO<sub>2</sub>. Pada beberapa hasil, konsentrasi CO yang terukur lebih besar dari konsentrasi keseimbangan. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi pembentukan yang tidak sempurna pada langkah ekspansi.

Karbon monoksida, dapat diubah dengan mudah menjadi CO<sub>2</sub> dengan bantuan sedikit oksigen dan panas. Saat mesin bekerja dengan AFR (*Air-to-Fuel-Ratio*) yang tepat, emisi CO pada ujung knalpot berkisar 0.5% sampai 1% untuk mesin yang dilengkapi dengan sistem injeksi atau sekitar 2.5% untuk mesin yang masih menggunakan karburator. Dengan bantuan air injection system atau CC, maka CO dapat dibuat serendah mungkin mendekati 0%. Namun pada kenyataannya kadar CO akan selalu terdapat pada gas buang walaupun pada campuran yang kurus sekalipun.

Apabila AFR sedikit saja lebih kaya dari angka idealnya (AFR ideal =  $\lambda = 1.00$ ) maka emisi CO akan naik secara drastis. Jadi tingginya angka CO menunjukkan bahwa AFR terlalu kaya dan ini bisa disebabkan antara lain karena masalah di fuel injection system seperti fuel pressure yang terlalu tinggi, sensor

suhu mesin yang tidak normal, air filter yang kotor, PCV system yang tidak normal, karburator yang kotor atau setelahnya yang tidak tepat.

Persentase CO pada gas buang meningkat pada saat *idle* dan menurun seiring dengan bertambahnya kecepatan dan pada saat kecepatan konstan. Pada saat perlambatan dimana terjadi penutupan *throttle* yang menyebabkan berkurangnya suplai oksigen ke mesin akan mengakibatkan tingginya kadar CO yang dihasilkan.

### 2.5.3 Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)

Konsentrasi CO<sub>2</sub> menunjukkan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar. Semakin tinggi maka semakin baik. Saat AFR berada di angka ideal, emisi CO<sub>2</sub> berkisar antara 12% sampai 15%. Apabila AFR terlalu kurus atau terlalu kaya, maka emisi CO<sub>2</sub> akan turun secara drastis. Apabila CO<sub>2</sub> berada dibawah 12%, maka kita harus melihat emisi lainnya yang menunjukkan apakah AFR terlalu kaya atau terlalu kurus.

Perlu diingat bahwa sumber dari CO<sub>2</sub> ini hanya ruang bakar dan CC (*Catalytic Converter*). Apabila CO<sub>2</sub> terlalu rendah tapi CO dan HC normal, menunjukkan adanya kebocoran *exhaust pipe*.

### 2.5.4 Oksigen (O<sub>2</sub>)

Konsentrasi dari oksigen di gas buang kendaraan berbanding terbalik dengan konsentrasi CO<sub>2</sub>. Untuk mendapatkan proses pembakaran yang sempurna, maka kadar oksigen yang masuk ke ruang bakar harus mencukupi untuk setiap molekul hidrokarbon.

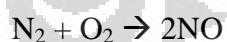
Untuk mengurangi emisi HC, maka dibutuhkan sedikit tambahan udara atau oksigen untuk memastikan bahwa semua molekul bensin dapat “bertemu” dengan molekul oksigen untuk bereaksi dengan sempurna. Ini berarti AFR 14,7:1 ( $\lambda = 1.00$ ) sebenarnya merupakan kondisi yang sedikit kurus. Inilah yang menyebabkan oksigen dalam gas buang akan berkisar antara 0.5% sampai 1%. Pada mesin yang dilengkapi dengan CC, kondisi ini akan baik karena membantu fungsi CC untuk mengubah CO dan HC menjadi CO<sub>2</sub>.

Mesin tetap dapat bekerja dengan baik walaupun AFR terlalu kurus bahkan hingga AFR mencapai 16:1. Tapi dalam kondisi seperti ini akan timbul efek lain seperti mesin cenderung knocking, suhu mesin bertambah dan emisi senyawa NO<sub>x</sub> juga akan meningkat drastis.

Normalnya konsentrasi oksigen di gas buang adalah sekitar 1.2% atau lebih kecil bahkan mungkin 0%. Tapi kita harus berhati-hati apabila konsentrasi oksigen mencapai 0%. Ini menunjukkan bahwa semua oksigen dapat terpakai semua dalam proses pembakaran dan ini dapat berarti bahwa AFR cenderung kaya. Dalam kondisi demikian, rendahnya konsentrasi oksigen akan berbarengan dengan tingginya emisi CO. Apabila konsentrasi oksigen tinggi dapat berarti AFR terlalu kurus tapi juga dapat menunjukkan beberapa hal lain. Apabila dibarengi dengan tingginya CO dan HC, maka pada mobil yang dilengkapi dengan CC berarti CC mengalami kerusakan. Untuk mobil yang tidak dilengkapi dengan CC, bila oksigen terlalu tinggi dan lainnya rendah berarti ada kebocoran di exhaust sytem.

### 2.5.5 Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>)

Komponen utama dari NO<sub>x</sub> adalah nitrogen oksida (NO) yang dapat dikonversikan lagi menjadi nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) dan nitrogen tetraoksida (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>). Oksida-oksida nitrogen (NO<sub>x</sub>) biasanya dihasilkan dari proses pembakaran pada suhu tinggi dari bahan bakar gas, minyak atau batu bara. Suhu yang tinggi pada ruang bakar akan menyebabkan sebagian N<sub>2</sub> bereaksi dengan O<sub>2</sub>. Jika terdapat N<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> pada temperatur lebih dari 1800 °C, akan terjadi reaksi pembentukan gas NO sebagai berikut:



Di udara, NO mudah berubah menjadi NO<sub>2</sub>. Komposisi NO<sub>x</sub> di dalam gas buang terdiri dari 95% NO, 3-4% NO<sub>2</sub>, dan sisanya adalah N<sub>2</sub>O serta N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Tidak seperti gas polutan lainnya yang mempunyai daya destruktif yang tinggi terhadap kesehatan manusia, NO merupakan gas inert dan hanya bersifat racun. Sama halnya dengan CO, NO mempunyai afinitas yang tinggi terhadap oksigen dibandingkan dengan hemoglobin dalam darah. Dengan demikian pemaparan terhadap NO dapat mengurangi kemampuan darah membawa oksigen

sehingga tubuh kekurangan oksigen dan mengganggu fungsi metabolisme. Namun  $\text{NO}_2$  dapat menimbulkan iritasi terhadap paru-paru. Bila konsentrasi cemaran  $\text{NO}_x$  dan  $\text{SO}_x$  di atmosfer tinggi, maka akan diubah menjadi  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Adanya hidrokarbon,  $\text{NO}_2$ , oksida logam Mn (II), Fe (II), Ni (II), dan Cu (II) mempercepat reaksi  $\text{SO}_2$  menjadi  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .  $\text{HNO}_3$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  bersama-sama dengan HCl dari emisi HCl menyebabkan derajat keasaman (pH) hujan menjadi rendah (hujan asam). ([chem-is-try.org/NOx-Sox-NO<sub>2</sub>](http://chem-is-try.org/NOx-Sox-NO2)).

Tingginya konsentrasi senyawa  $\text{NO}_x$  disebabkan karena tingginya konsentrasi oksigen ditambah dengan tingginya suhu ruang bakar. Untuk menjaga agar konsentrasi  $\text{NO}_x$  tidak tinggi maka diperlukan kontrol secara tepat terhadap AFR dan suhu ruang bakar harus dijaga agar tidak terlalu tinggi baik dengan EGR maupun long valve overlap. Normalnya  $\text{NO}_x$  pada saat idle tidak melebihi 100 ppm. Apabila AFR terlalu kurus, timing pengapian yang terlalu tinggi atau sebab lainnya yang menyebabkan suhu ruang bakar meningkat, akan meningkatkan konsentrasi  $\text{NO}_x$  dan ini tidak akan dapat diatasi oleh CC atau sistem EGR yang canggih sekalipun.

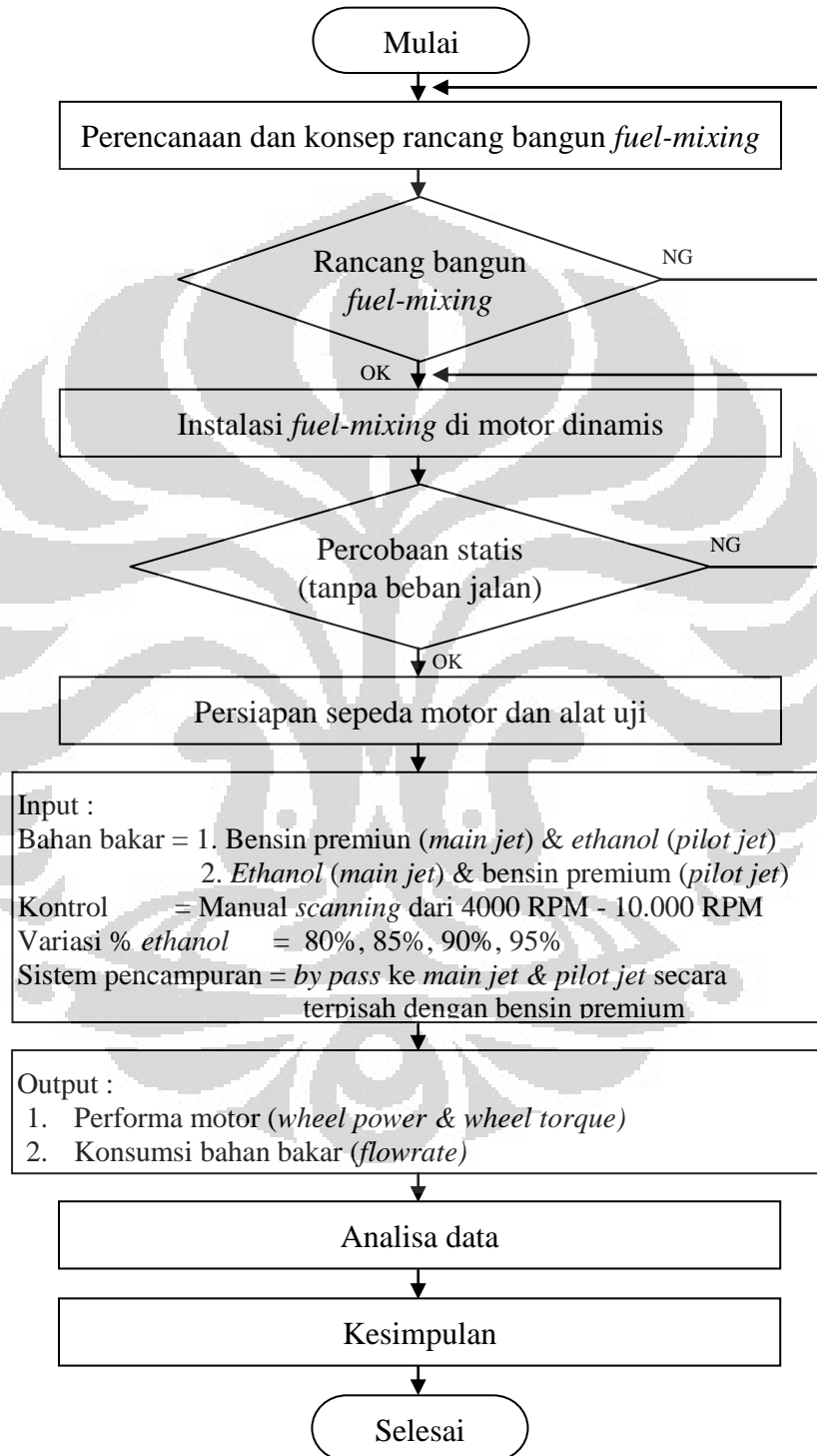
Tumpukan kerak karbon yang berada di ruang bakar juga akan meningkatkan kompresi mesin dan dapat menyebabkan timbulnya titik panas yang dapat meningkatkan kadar  $\text{NO}_x$ . Mesin yang sering detonasi juga akan menyebabkan tingginya konsentrasi  $\text{NO}_x$ .

#### **2.5.6 Udara Berlebih (*Excess Air*)**

Perhitungan-perhitungan pembakaran harus terkait dengan persyaratan perlengkapan pembakaran aktual dimana perlengkapan tersebut masih laik pakai. Nilai udara stoikiometri mendefinisikan suatu proses pembakaran dengan efisiensi 100%, sehingga tidak ada lagi udara yang terbuang. Pada kenyataannya, untuk mencapai pembakaran sempurna, harus disediakan sejumlah udara yang lebih besar daripada kebutuhan stoikiometri. Hal ini dikarenakan sulitnya mendapatkan pencampuran yang memuaskan antara bahan bakar dengan udara pada proses pembakaran aktual. Udara perlu diberikan dalam jumlah berlebih untuk memastikan terbakarnya seluruh bahan bakar yang ada secara sempurna.

**BAB III**  
**METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1 FLOW CHART**



Gambar 3.1 Flow Chart

### 3.2 DESAIN PROSES PEMBUATAN ALAT *FUEL-MIXING*

#### Identifikasi dan Konsep Desain

Tujuan : Identifikasi dan evaluasi menghasilkan konsep desain *fuel-mixing ethanol* dengan bensin pada motor bakar dinamis

Metode : *Problem Statement*  
*Quality Function Deployment (QFD)*  
*Product Design Specification (PDS)*  
*Functional Decomposition*  
*Morphological Chart*

Keluaran : Teridentifikasi permasalahan dan dihasilkan alat *fuel-mixing*



#### Gambar dan Evaluasi Desain

Tujuan : Penggambaran setiap komponen *fuel-mixing* dan cara perakitan alat serta melakukan analisa pada fungsi motor uji

Metode : CAD  
 Keluaran : Gambar alat *fuel-mixing ethanol*



#### Pembuatan dan Pengujian prototipe

Tujuan : menghasilkan *fuel-mixing ethanol* serta dapat melakukan pengujian dan perbaikan

Metoda : uji teknis dan lapangan  
 Keluaran : diketahui kinerja dan kapasitas kerja *fuel-mixing* serta perbaikan komponen.

#### 3.2.1 Identifikasi dan konsep desain

Metode:

##### 1. *Problem statement*

Berdasarkan percobaan pencampuran *bioethanol* 60% dan *premium* oleh sdr. Atlanta dengan menggunakan metode *ultrasonic vibration*, ditemukan permasalahan bahwa senyawa *bioethanol* tidak dapat menyatu dengan *premium* sehingga *bioethanol* cenderung berada dibawah *premium* di tempat penampungan. Oleh karena itu mesin sukar menyala karena bahan bakar yang masuk ke ruang bakar hanya *bioethanol* murni saja.





Gambar 3.2. Percobaan pencampuran *bioethanol* 60% & *premium* dengan *ultrasonic vibration*; (1) *ultrasonic vibration*; (2) kondisi sebelum percobaan; (3) kondisi setelah percobaan

AFR *bioethanol* lebih rendah maka semakin bagus performanya sebagai bahan bakar. Tetapi viskositas *ethanol* lebih tinggi dibandingkan dengan bensin sehingga prosentase *ethanol* yang masuk ke ruang bakar lebih sedikit.

Nilai oktan *bioethanol* lebih tinggi dari bensin sehingga *bioethanol* memerlukan temperatur yang lebih tinggi pula untuk pembakarannya. Oleh karena itu motor susah menyala pada rpm rendah.

Dari fakta-fakta yang telah dipaparkan di atas dalam penggunaan *bioethanol*, dapat dirumuskan beberapa permasalahan untuk diselesaikan seperti berikut ini:

- Bagaimana mencampur bahan bakar *bioethanol* dengan bensin yang akan digunakan sebagai bahan bakar.
- Bagaimana mendapatkan perbandingan udara yang sedikit sehingga kadar *bioethanol* akan menjadi lebih kaya.
- Bagaimana mendapatkan perbandingan yang optimal antara *bioethanol* dengan bensin yang akan dijadikan bahan bakar motor dinamik.

## 2. *Quality Function Deployment (QFD)*

*Metode Quality Function Deployment* adalah suatu metodologi pengembangan yang kuat dengan cakupan aplikasi yang luas. Tujuan utama QFD dalam studi ini untuk menerapkan konstruksi suatu metode desain yang berorientasi kepada pemakaian alat dan menguji kemampuan aplikasi QDF dalam perancangan desain dan proses alat pencampuran *bioethanol*. Contohnya yaitu pemilihan material pembuat alat *compact destilator* yang disesuaikan dengan karakteristik dari *bioethanol* sebagai media penambah bensin.

## 3. *Product Design Specification (PDS)*

PDS (*Product Design Specification*) merupakan dokumen formal yang mengaitkan antara fungsi alat *fuel mixing* secara ekonomi dan fungsi teknik. Tujuan PDS disini adalah untuk mengkonversikan kebutuhan alat *fuel mixing* yang diidentifikasi menjadi fungsi-fungsi dan batasan-batasan desain produk, pabrikasi dan kemampuan untuk diproduksi. PDS merupakan dokumen yang berpotensi untuk dikembangkan dimana seluruh desain bergantung pada isi dan fungsi penggunaannya.

## 4. *Functional Decomposition*

Metodologi Pemecahan Fungsional ini menekankan pada pemecahan dari sistem ke dalam subsitem-subsistem yang lebih kecil, sehingga akan lebih mudah untuk dipahami. Pada perancangan *fuel-mixing bioethanol* dilakukan pemecahan dari komponen-komponen alat untuk mengidentifikasi dan menentukan bentuk dari alat dengan menyesuaikan dimensi ruang yang tersedia dan dengan

memperhatikan fungsi dari setiap komponen yang membentuk *fuel mixing*.

#### 5. *Morphological Chart*

*Morphological Chart* adalah suatu daftar atau ringkasan dari analisis perubahan bentuk secara sistematis untuk mengetahui bagaimana bentuk suatu produk dibuat. Didalam chart ini dibuat kombinasi dari berbagai kemungkinan solusi untuk membentuk produk-produk yang berbeda atau bervariasi. Kombinasi yang berbeda atau bervariasi. Kombinasi yang berbeda dari sub solusi dapat dipilih dari *chart*, mungkin dapat menuju solusi baru yang belum teridentifikasi sebelumnya. *Morphological Chart* berisi elemen-elemen, komponen-komponen atau sub-sub solusi yang lengkap yang dapat dikombinasikan.

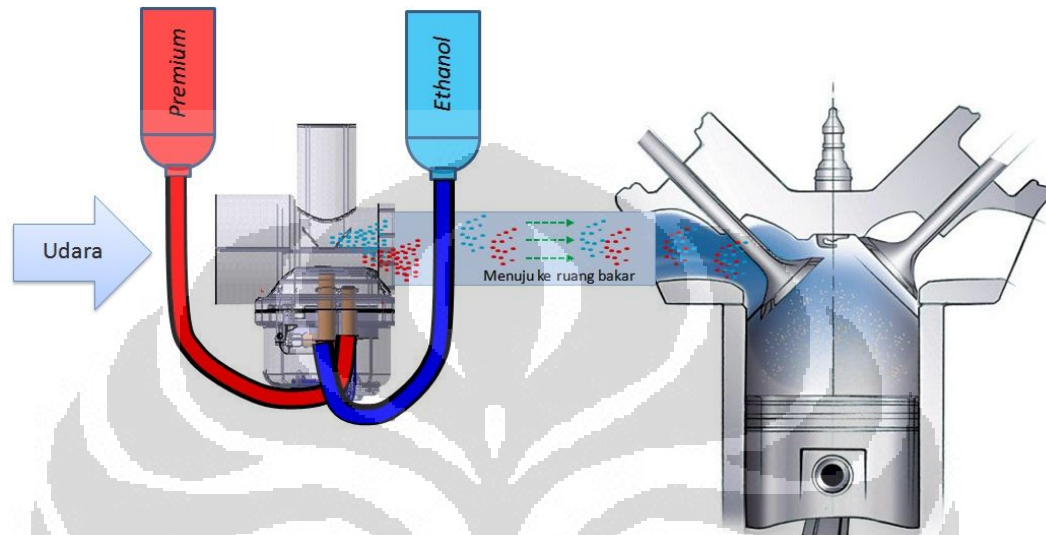
Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- 1) Mendaftar/membuat daftar yang penting bagi sebuah produk. Daftar tersebut haruslah meliputi seluruh fungsi pada tingkat generalisasi yang tepat dari komponen *fuel mixing*.
- 2) Daftar setiap fungsi yang dapat dicapai yang menentukan komponen apa saja untuk mencapai fungsi. Daftar tersebut meliputi gagasan baru sebagaimana komponen-komponen yang ada dari bagian solusi.
- 3) Menggambar dan membuat sebuah chart untuk mencantumkan semua kemungkinan-kemungkinan hubungan solusi.
- 4) Identifikasi kelayakan gabungan/kombinasi sub-sub solusi dari perancangan alat *compact distillator*. Jumlah total dari kombinasi tersebut mungkin sangat banyak, sehingga pencarian strategi mungkin harus berpedoman pada konstrain atau kriteria.

#### 3.2.2 Gambar dan Evaluasi Desain

Dikarenakan senyawa *bioethanol* dan *premium* tidak dapat tercampur secara sempurna bila dicampurkan secara langsung didapatkan metode pencampuran yang paling memungkinkan ialah dengan cara pengkabutan, seperti

halnya bahan bakar *premium* dikabutkan terlebih dahulu diruang *ventury* karburator sebelum memasuki ruang bakar. Sedangkan untuk alat *fuel mixing*, prinsip kerjanya sama dengan karburator, dimana *bioethanol* langsung dikabutkan melalui *pilot jet* atau *main jet*. Adapun design metode pengkabutan tersebut ialah sebagai berikut:



Gambar 3.3. Metode pengkabutan *bioethanol* dan *premium*

Setelah melakukan analisa terhadap dimensi karburator pada motor uji, maka didapatkan dimensi maksimal dari komponen-komponen *fuel mixing* yaitu:

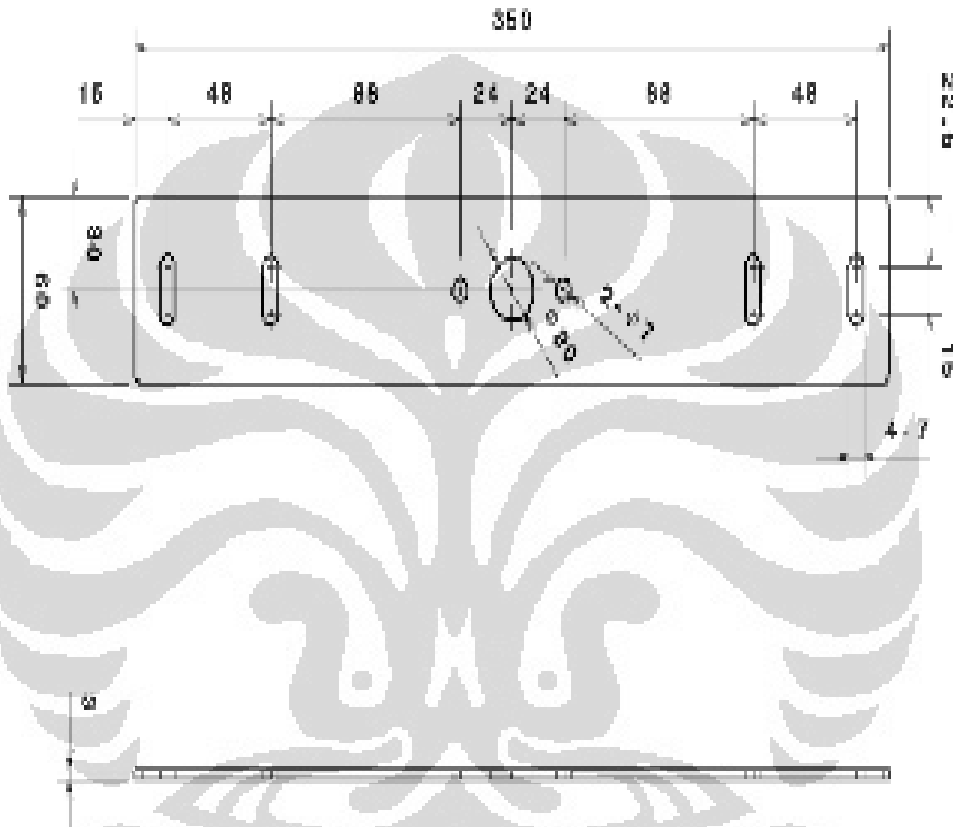
#### Spesifikasi karburator:



Gambar 3.4. Karburator motor Honda Supra X 125cc

- Tipe : karburator motor Honda Supra X 125cc
- Diameter venturi :  $\varnothing$  16 mm
- TH bore :  $\varnothing$  15 mm
- Choke bore :  $\varnothing$  32.6 mm

**Spesifikasi *bracket* :**



Gambar 3.5. Gambar 2D *bracket*

- Panjang : 350 mm
- Lebar : 60 mm
- Tebal : 3 mm
- Material utama : *Steel*

**Spesifikasi Selang :**

Gambar 3.6. Selang penyalur bahan bakar

- Diameter luar :  $\varnothing$  6 mm
- Diameter dalam :  $\varnothing$  4 mm
- Panjang : 100 mm

**3.2.3 Pembuatan dan Pengujian *prototype***

Pembuatan dari alat *fuel mixing* yang sudah dirancang dan digambar dilakukan di workshop. Untuk pembuatan *bracket* dilakukan di Workshop Luxxona (*Aluminium, Stainless Steel & Interior Decoration*) yang beralamat di Jl. Sumur Batu Raya, Komplek Griya Agung Permai B/18, Kemayoran-Jakarta Pusat.

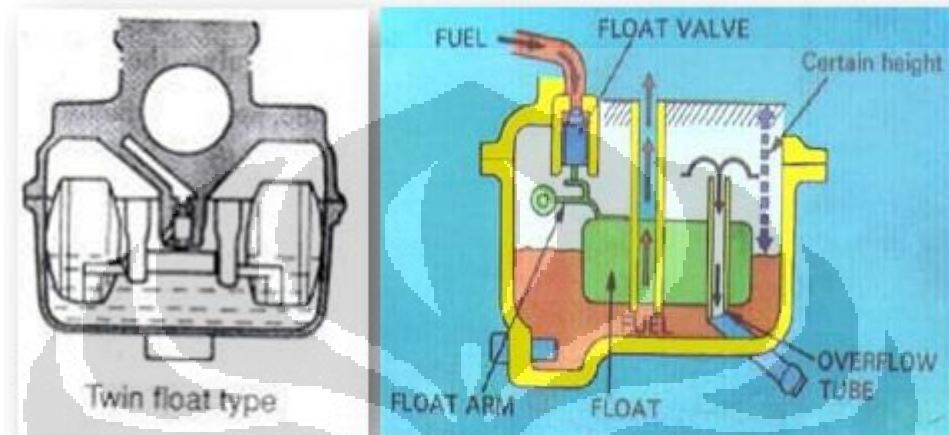
Setelah masing-masing komponen sudah selesai diproduksi dan kemudian bisa untuk dilakukan perakitan di media motor uji, maka selanjutnya dilakukan pengujian terhadap kebocoran pada setiap sambungan dari alat *fuel mixing*. Setelah diyakinkan alat tidak mengalami kebocoran maka selanjutnya dilakukan pengambilan data sesuai konsep dengan beberapa putaran berbeda.

Hasil dari pengambilan data kemudian dilakukan analisa untuk disesuaikan dengan target fungsi dari alat yang dirancang. Pada analisa inilah kemudian akan didapatkan sebuah catatan yang dapat digunakan untuk melakukan optimasi pada alat yang dirancang guna mendapatkan target yang diinginkan yaitu mencampurkan *bioethanol* yang bisa digunakan untuk bahan bakar tambahan pada kendaraan yaitu sepeda motor.

### 3.2.4 Proses Perancangan alat *fuel-mixing bioethanol*

#### a. Karburator

Penulis memilih karburator sebagai tempat penampungan *fuel mixing* (*bioethanol* dan bensin) karena karakteristik dari penampungan bahan bakar di karburator dapat mengontrol *volume* yang masuk ke ruang bakar melalui *main jet* atau *pilot jet*.



Gambar 3.7. *Control volume* pada karburator

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

#### **Volume bensin diatur oleh:**

1. Pelampung (*Float*)
2. Jarum pelampung (*Float valve*)

#### **Cara kerja:**

1. Jika volume bensin turun, pelampung akan turun membuka katup jarum pelampung (*float valve*), sehingga bensin akan mengalir.
2. Jika volume bensin naik, pelampung ikut naik dan jarum pelampung menutup aliran bensin.

#### b. *Bracket*

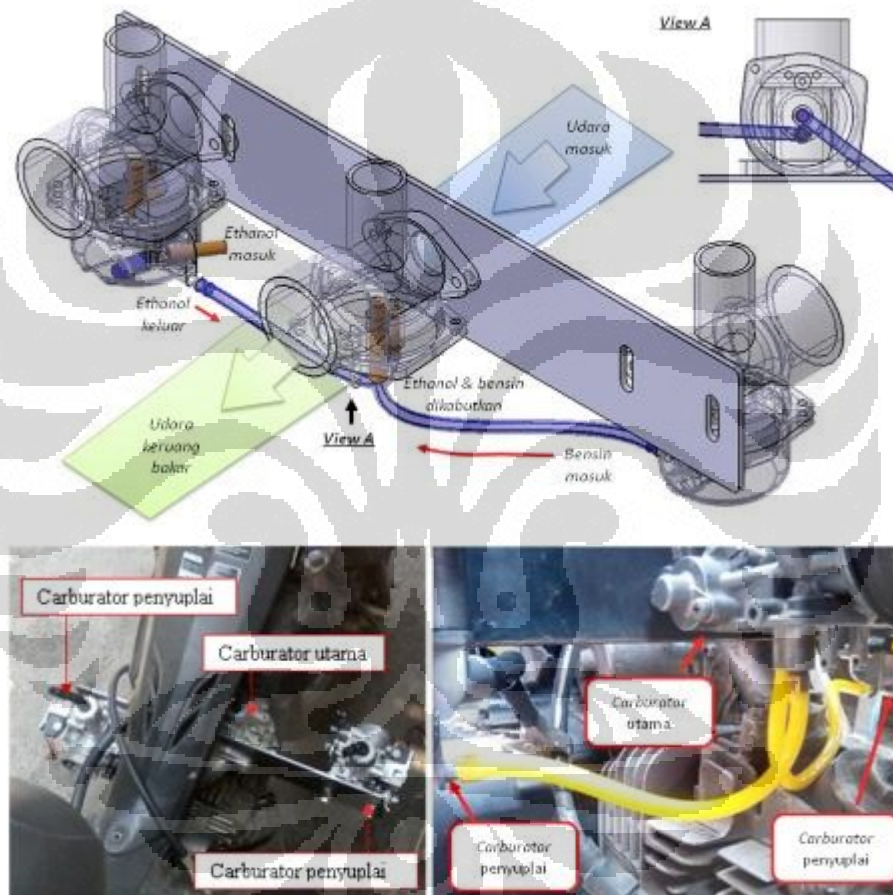
*Bracket* dirancang sebagaiudukan dari karburator bahan bakar bensin dan karburator bahan bakar *bioethanol* agar memiliki ketinggian yang sama

sehingga terjadi kesetimbangan antara penampungan-penampungan bahan bakar tersebut sehingga tidak terjadi banjir di ruang bakar.

c. Penampungan *infuse*

*Infuse* digunakan sebagai *reservoir* awal bahan bakar bensin maupun bahan bakar *bioethanol* yang selanjutnya akan disalurkan untuk mengisi penampungan *control colume* di karburator.

### 3.2.5 Proses Perakitan alat *fuel-mixing bioethanol*



Gambar 3.8. Perakitan alat *fuel mixer*

*Infuse* dipasang di dekat stang motor kemudian selang *infuse* disambungkan ke lubang masuk penampungan bahan bakar di karburator, kemudian *drain joint* di karburator dipasang selang menuju *main jet* atau *pilot jet* sehingga bahan bakar bensin maupun *bioethanol* memiliki salurannya masing-masing dan kemudian bercampur pada saat proses pengkabutan di



pipa *vetury*. Sistem seperti ini tidak merubah karakteristik dari sepeda motor tersebut sehingga sepeda motor dapat dilakukan pengetesan.

### 3.3 PERALATAN UJI

#### 3.3.1 Bahan Bakar Premium

digunakan pada motor otto sebagai data pembanding unjuk kinerja motor bakar.

*Tabel 3.1. Spesifikasi Bahan Bakar Premium*

Jenis	Bensin tanpa Timbal
Nilai Kalor Spesifik	11973 Kkal/Kg

*Sumber : Wikipedia*

#### 3.3.2 Bahan Bioethanol

*Tabel 3.2. Spesifikasi Bahan Bakar Bioetanol*

Jenis	Bioetanol Tetes Tebu
Kadar	95 %
Nilai Kalor Spesifik	6400 Kkal/Kg (@ 100%)

*Sumber : Wikipedia*

#### 3.3.3 Bahan Pengotor Etanol

Aquades digunakan sebagai campuran bioethanol untuk merubah tingkat konsentrasi *ethanol* menjadi kadar rendah. Konsentrasi *bioethanol* dengan kadar rendah ini digunakan sebagai produk uji *compact distillator* dan sebagai produk uji unjuk kerja motor berbahan bakar *bioethanol*.

*Tabel 3.3. Spesifikasi Bahan Pengotor Ethanol*

Jenis	Aquades
Nilai Kalor Spesifik	1 Kkal/Kg

*Sumber : Wikipedia*

#### 3.3.4 Tube Level

Alat ukur ini digunakan untuk mengukur laju konsumsi bahan bakar.

Tabel 3.4. Spesifikasi Tube Level

Merek	Pyrex
Model	Iwaki Glass under lic
Jenis	Pipet tetes
Negara Pembuat	Amerika
Kapasitas	10 ml
Ketelitian	$\pm 0.05$ ml

### 3.3.5 Gelas Ukur

Tabel 3.5. Spesifikasi Gelas Ukur

Merek	Pyrex
Model	Iwaki Measuring Cylinder
Jenis	Gelas Ukur
Negara Pembuat	Amerika
Kapasitas	500 ml, 100ml
Ketelitian	$\pm 5$ ml

### 3.3.6 Alkohol Meter

Digunakan untuk mengukur konsentrasi bioethanol sebelum dan sesudah proses distilasi.

Tabel 3.6. Spesifikasi Alkohol Meter

Merek	ALLA
Model	Alcoometre 1810
Jenis	Alkohol meter
Negara Pembuat	Prancis
Kapasitas	0 – 100 %
Ketelitian	1 % (20 °C gay lussac)

### 3.3.7 Stop Watch

Alat ini digunakan untuk mengukur banyaknya waktu yang dibutuhkan selama proses distilasi, laju konsumsi bahan bakar dan sebagai alat ukur untuk menjaga konsistensi pengambilan data.

Tabel 3.7. Spesifikasi Stop Watch

Merek	Alba
Jenis	Sport Timer
Ketelitian	0.01 S
Negara Pembuat	China

### 3.4 PERSIAPAN SEPEDA MOTOR DAN ALAT UJI

#### 3.4.1 Sepeda Motor Honda Revo 100 cc



Gambar 3.9. Sepeda Motor Honda Revo 100 cc

Motor dinamis yang digunakan merupakan motor Otto yang memiliki spesifikasi mesin sebagai berikut :

Tabel 3.8. Spesifikasi mesin revo 100 cc

No	Item	Keterangan	
1	<i>Overall length</i>	1907	mm
2	<i>Overall width</i>	702	Mm
3	<i>Overall height</i>	1069	mm
4	<i>Dry weight</i>	93.5	Kg
5	<i>Curb weight</i>	97.5	kg
6	<i>Fuel tank capacity</i>	3.7	Liter
7	<i>Max RR wheel power</i>	4.5	kW
8	<i>Max speed</i>	87	km/h
9	<i>Fuel consumption at 50km/h</i>	70.2	km/l

10	<i>Bore x stroke</i>	50 x 49.5	Mm
11	<i>Displacement</i>	97.1	cm <sup>3</sup>
12	<i>Compression ratio pressure</i>	9.0 : 1	1.1 Mpa
13	<i>Max HP (engine) at 8000 rpm</i>	5.36	kW
14	<i>Max torque (engine) at 6000 rpm</i>	7.25	N.m
15	<i>Tire pressure front</i>	200	kPa
16	<i>Tire pressure rear</i>	225	kPa

### 3.4.2 Gas Analyzer



Gambar 3.10 Gas Analyzer Tecnotest

Analisa gas buang digunakan untuk mengetahui kualitas serta konsentrasi gas buang dengan spesifikasi alat sebagai berikut:

Tabel 3.9. Spesifikasi Gas Analyzer

Merek	Tecnotest	
Model	488	
Jenis	Multi Gas Tester Dengan Infra Merah	
Negara Pembuat	Italia	
Tahun Produksi	1997	
CO	0 - 9.99	% Vol res 0.01
CO <sub>2</sub>	0 - 19,99	% Vol res 0.1
HC	0 – 9999	ppm Vol res 1
O <sub>2</sub>	0 – 4	% Vol res 0.01
	4 - 25,0	% Vol res 0.1
NO <sub>x</sub>	0 – 2000	ppm Vol res 5
Lambda	0,500 - 2,000	res 0.001
Temp. operasi	5-40 °C	

Hisapan gas yang dites	8 L/menit
Waktu Respons	< 10 detik (panjang <i>probe</i> 3 m)
Dimensi	400 x 180 x 420 mm
Berat	13.5 kg
Waktu pemanasan	Maksimal 15 menit
Sumber Tegangan	110/220/240 V 50/60 Hz
Tes Kebocoran dan Kalibrasi	Otomatis
Kontrol Aliran Internal & Kalibrasi	Otomatis

### 3.4.3 *Dynamometer*



Gambar 3.11 *Dynamometer Dyno Dynamic*

Test Pengujian dilakukan di workshop Khatulistiwa Suryanusa dengan menggunakan Chassis dynamometer merek DynoDynamics. Metode uji dilakukan tiga kali untuk setiap varian data yang di uji kemudian nilai ketiga yang diambil sebagai nilai dari hasil uji performa motor

### 3.4.4 Proses Pengambilan Data

Pada penelitian ini, akan dilihat performa dari motor dinamik yaitu motor Honda Revo 100cc. Penelitian ini akan menghasilkan daya pada roda kendaraan (*wheel power*) dan torsi roda kendaraan (*wheel torque*). Penelitian dilakukan pada putaran *engine* 4000 rpm hingga 10.000 rpm dengan menggunakan variasi data seperti pada tabel dibawah:

Tabel 3.10. variasi data pengujian etanol-bensin premium

No	Pilot jet	Main Jet
1	Premium	Premium
2	Premium	Etanol 80%
3	Premium	Etanol 85%
4	Premium	Etanol 90%
5	Premium	Etanol 95%
6	Etanol 80%	Premium
7	Etanol 85%	Premium
8	Etanol 90%	Premium
9	Etanol 95%	Premium

Sebelum penelitian dilakukan, terlebih dahulu dilakukan pengkalibrasian Chassis dinamometer terhadap kendaraan yang akan diteliti dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menginstalasi kendaraan pada unit *chassis dynamometer*.
- b. Roda belakang kendaraan yang berfungsi sebagai penggerak dihubungkan pada *roller dynamometer*.
- c. Kendaraan dihidupkan.
- d. Penyesuaian putaran roda kendaraan dengan putaran *roller drum* untuk mendapatkan kesesuaian putaran rpm *engine* dengan alat dynamometer.
- e. Setelah rpm *engine* kendaraan sudah sesuai dengan rpm pada alat *dynamometer*, proses dilanjutkan dengan mencari *gear ratio* optimum yang digunakan untuk penelitian. Pada penelitian ini *gear ratio* yang digunakan ada pada posisi gigi satu.

Setelah semua proses persiapan selesai termasuk proses kalibrasi, proses yang terakhir adalah pengambilan data. Pengambilan data dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini:

- a. Menghidupkan kendaraan yang akan diteliti.
- b. Memanaskan kendaraan hingga temperatur kerja pada putaran rendah (*idle*).
- c. Memilih *gear ratio* yang akan digunakan untuk penelitian. *Gear ratio* yang digunakan adalah *gear ratio* pada posisi gigi satu.

- d. Mempersiapkan bahan bakar yang akan digunakan, bahan bakar *premium* dan *bioethanol* melalui *main jet* dan *pilot jet* sesuai dengan table 3.10 diatas
- e. Mengatur putaran *engine* dari 4000 rpm hingga 10.000 rpm dengan menggunakan tuas kecepatan dan memastikan pembacaannya melalui *tachometre*.
- f. Mencatat daya yang dihasilkan melalui pembacaan grafik pada layar monitor alat *dynamometer*.
- g. Bersamaan dengan mencatat daya, mencatat torsi yang dihasilkan melalui pembacaan grafik pada layar monitor alat *dynamometer*
- h. Mengulang pengujian untuk variasi bahan bakar campuran yang digunakan.

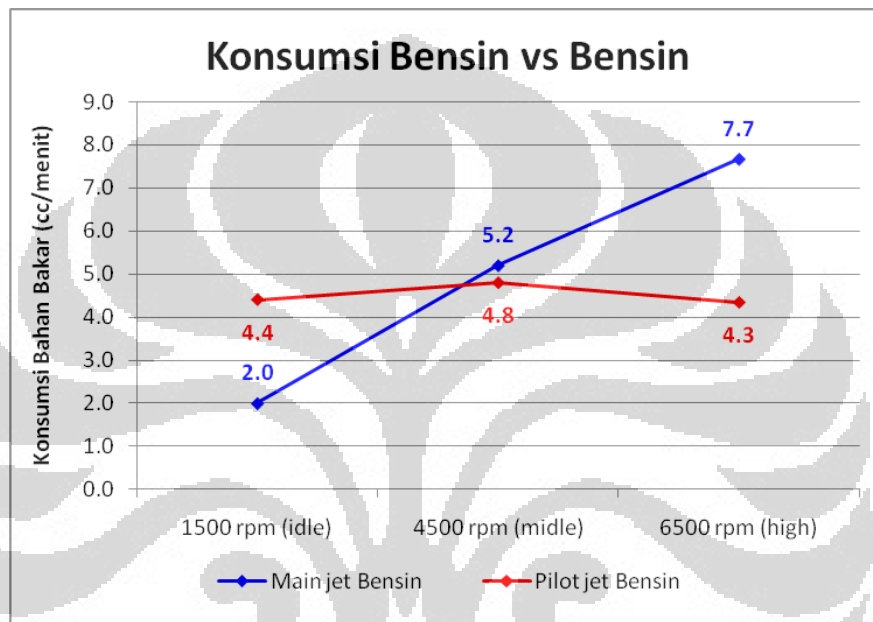


## BAB IV

### ANALISA PERHITUNGAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 4.1 HASIL PENGUJIAN KONSUMSI BAHAN BAKAR

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui konsumsi bahan bakar atau debit bahan bakar yang terpakai melalui *main jet* dan *pilot jet* pada kondisi *idle* (1500 rpm), putaran menengah (4500 rpm) dan putaran tinggi (6500 rpm).



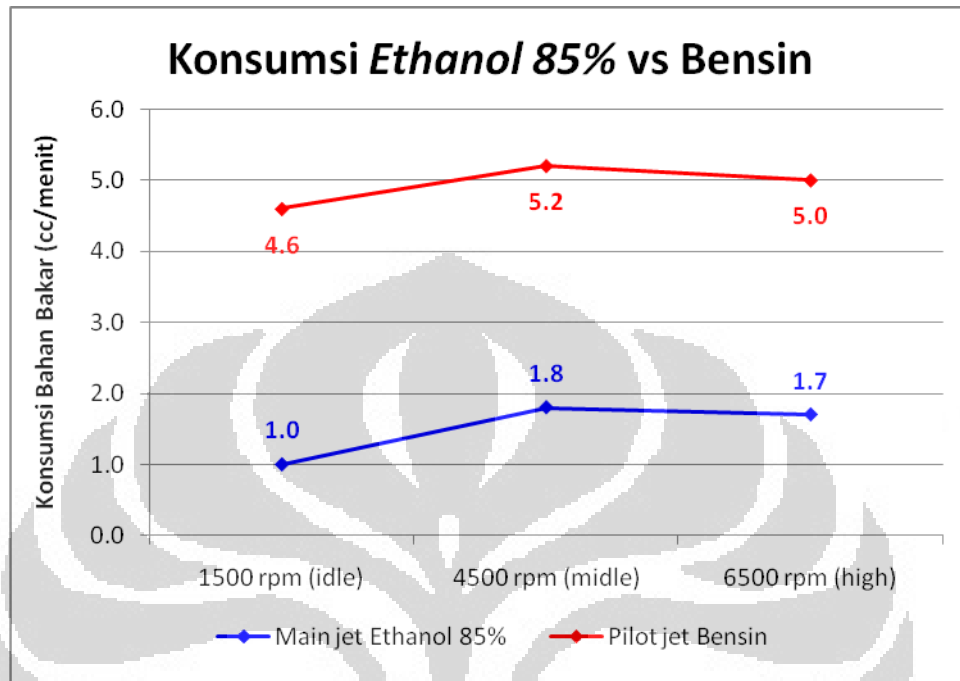
Gambar 4.1 Diagram laju *volume* bahan bakar bensin di *main jet* dan bensin di *pilot jet* dengan variasi Rpm terhadap satuan waktu.

Dari gambar 4.1. diatas konsumsi bahan bakar pada motor Otto yang digunakan untuk eksperimen menunjukan :

1. Konsumsi bahan bakar bensin di *pilot jet* > bensin di *main jet* pada putaran 1500 rpm (*idle*), hal itu terjadi karena pada kondisi *idle* vakum di pipa *ventury* sangat lemah sehingga hanya pada *pilot jet* bahan bakar tersedot dan memasuki ruang bakar.
2. Konsumsi bahan bakar bensin di *pilot jet* dan *main jet* terpakai hampir sama pada kondisi putaran 4500 rpm (menengah), hal itu disebabkan pada kondisi putaran menengah, kondisi vakum dapat menarik bahan bakar baik dari *main jet* ataupun *pilot jet* (*main jet* dan *pilot jet* bekerja bersamaan).

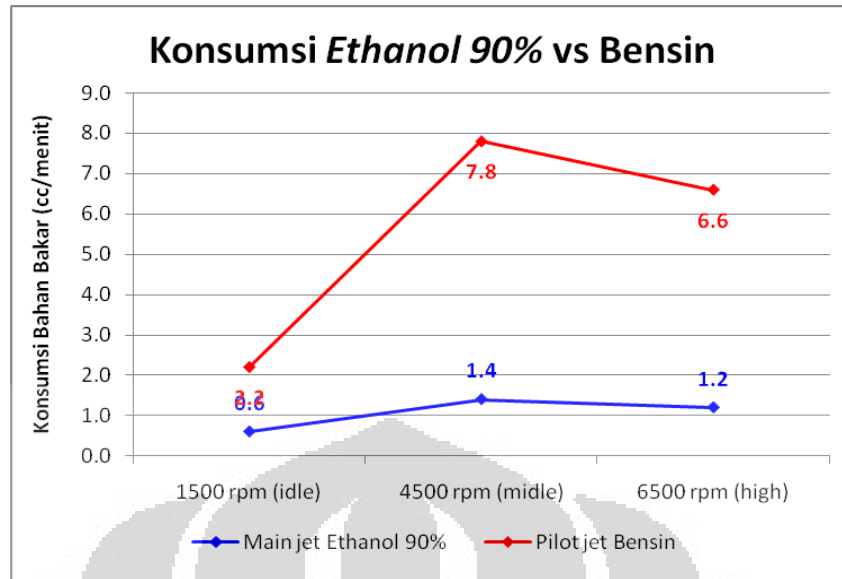


3. Konsumsi bahan bakar bensin di *pilot jet* < bensin di *main jet*, hal itu disebabkan pada putaran tinggi (6500 rpm) lubang *main jet* dapat bekerja secara optimal.



Gambar 4.2 Diagram laju *volume* bahan bakar *ethanol* 85% di *main jet* dan bensin di *pilot jet* dengan variasi rpm terhadap satuan waktu.

Dari gambar 4.2 diatas konsumsi bahan bakar pada motor Otto yang digunakan untuk eksperimen menunjukkan konsumsi bahan bakar bensin di *pilot jet* > *ethanol* 85% di *main jet* pada semua variasi putaran (*idle*, putaran menengah dan putaran tinggi), hal itu terjadi karena berat jenis dari *ethanol* 85% lebih tinggi dibandingkan dengan bensin sehingga pada kondisi vakum, *ethanol* 85% lebih lama tertarik ke ruang bakar bila dibandingkan dengan bensin.



Gambar 4.3 Diagram laju *volume* bahan bakar *ethanol* 90% di *main jet* dan bensin di *pilot jet* dengan variasi rpm terhadap satuan waktu.

Dari gambar 4.3 diatas konsumsi bahan bakar pada motor Otto yang digunakan untuk eksperimen menunjukkan konsumsi bahan bakar bensin di *pilot jet* > *ethanol* 90% di *main jet* pada semua variasi putaran (*idle*, putaran menengah dan putaran tinggi), hal itu terjadi karena berat jenis dari *ethanol* 90% lebih tinggi dibandingkan dengan bensin sehingga pada kondisi vakum, *ethanol* 90% lebih lama tertarik ke ruang bakar bila dibandingkan dengan bensin.

#### 4.2 KONSUMSI BAHAN BAKAR SPESIFIK (Sfc)

Konsumsi bahan bakar spesifik (*Specific fuel consumption*, Sfc) dari masing-masing pengujian pada tiap variasi penggunaan bahan bakar dan putaran dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Sfc = \frac{m_f \times 10^{-3}}{P_e}$$

dimana:

Sfc = konsumsi bahan bakar spesifik (gr/kW.h)

$m_f$  = laju aliran bahan bakar (kg/jam)

Besarnya laju aliran massa bahan bakar ( $m_f$ ) dihitung dengan persamaan berikut:

$$m_f = \frac{sg_f \times V_f \times 10^{-3}}{t_f} \times 3600$$

dimana:

$sg_f$  = *specific gravity*

$V_f$  = *volume* bahan bakar yang diuji (dalam hal ini 50 ml)

$t_f$  = waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak *volume* uji (detik)

Harga  $sg_f$  untuk *bioethanol* 100% adalah 0.794 dan harga  $sg_f$  untuk *premium* adalah 0.739 dan  $sg_f$  air adalah 1 [lampiran 6]; sedangkan untuk bahan bakar yang merupakan campuran antara *bioethanol* dengan *premium*, harga  $sg_f$ -nya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan pendekatan berikut:

$$sg_f BExx = (BE \times 0.794) + (P \times 0.739)$$

dimana:

BE = persentase kandungan *bioethanol* dalam bahan bakar campuran

P = persentase kandungan *premium* dalam bahan bakar campuran

Untuk *bioethanol* 95%, dimana persentase *bioethanol* 0.95 dan air 0.05 maka:

$$\begin{aligned} sg_f \text{ ethanol } 95\% &= (0.95 \times 0.794) + (0.05 \times 1) \\ &= 0.804 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} sg_f \text{ ethanol } 90\% &= (0.90 \times 0.794) + (0.10 \times 1) \\ &= 0.815 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} sg_f \text{ ethanol } 85\% &= (0.85 \times 0.794) + (0.15 \times 1) \\ &= 0.825 \end{aligned}$$

Dengan memasukkan harga  $sg_f \text{ ethanol } 95\% = 0.804$ ; harga  $t_f$  yang diambil dari percobaan dan harga  $V_f$  yaitu sebesar 50 ml, maka laju aliran bahan bakar untuk pengujian dengan menggunakan bahan bakar *bioethanol* 95% yang dikabutkan melalui lubang *main jet* dan pada putaran 4500 rpm adalah:

$$m_f = \frac{0.804 \times 50 \times 10^{-3}}{818} \times 3600$$

$$= 0.177 \text{ kg/jam}$$

Dari data pengujian *wheel power* dengan menggunakan *dynodynamic* maka diperoleh daya dengan berbagai macam variasi putaran sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data *wheel power* (HP)

Bahan Bakar	Wheel Power (HP)			
	main jet		pilot jet	
	4500 rpm	7500 rpm	4500 rpm	7500 rpm
bensin	3	5.6	3	5.6
ethanol 95%	3.48	5.82	3.4	6.15
ethanol 90%	3.25	5.78	3.3	5.3
ethanol 85%	3.65	4.7	3.4	5.82

Dengan diperolehnya besar laju aliran bahan bakar dan data *wheel power* hasil pengujian dengan *dynodynamic*, maka besar konsumsi bahan bakar spesifiknya adalah:

$$Sfc = \frac{0.177 \times 10^{-3}}{2.6} = 68.186 \text{ gr/kWh}$$

Dengan cara yang sama untuk setiap jenis pengujian, pada putaran dan penyaluran bahan bakar yang bervariasi, maka hasil perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik untuk kondisi tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.2 Sfc bensin di *main jet* dengan *ethanol 95%* di *pilot jet*

Desc.	Putaran (rpm)	bensin (main jet)	ethanol 95% (pilot jet)
$t_f$	1500	3000 sec.	1071 sec.
	4500	600 sec.	529 sec.
	7500	333 sec.	450 sec.
$m_f$	1500	0.044 kg/jam	0.135 kg/jam
	4500	0.222 kg/jam	0.273 kg/jam
	7500	0.399 kg/jam	0.322 kg/jam
Sfc	4500	87.4 gr/kWh	107.9 gr/kWh
	7500	87.0 gr/kWh	70.2 gr/kWh

Tabel 4.3 Sfc bensin di *main jet* dengan *ethanol* 90% di *pilot jet*

Desc.	Putaran (rpm)	bensin ( <i>main jet</i> )	<i>ethanol</i> 90% ( <i>pilot jet</i> )
$t_f$	1500	900 sec.	1125 sec.
	4500	450 sec.	563 sec.
	7500	243 sec.	500 sec.
$m_f$	1500	0.148 kg/jam	0.130 kg/jam
	4500	0.296 kg/jam	0.261 kg/jam
	7500	0.547 kg/jam	0.293 kg/jam
Sfc	4500	120.1 gr/kWh	105.9 gr/kWh
	7500	138.4 gr/kWh	74.2 gr/kWh

Tabel 4.4 Sfc bensin di *main jet* dengan *ethanol* 85% di *pilot jet*

Desc.	Putaran (rpm)	bensin ( <i>main jet</i> )	<i>ethanol</i> 85% ( <i>pilot jet</i> )
$t_f$	1500	1000 sec.	818 sec.
	4500	391 sec.	600 sec.
	7500	257 sec.	474 sec.
$m_f$	1500	0.133 kg/jam	0.181 kg/jam
	4500	0.340 kg/jam	0.247 kg/jam
	7500	0.517 kg/jam	0.313 kg/jam
Sfc	4500	134.1 gr/kWh	97.6 gr/kWh
	7500	119.2 gr/kWh	72.2 gr/kWh

Tabel 4.5 Sfc *ethanol* 95% di *main jet* dengan bensin di *pilot jet*

Desc.	Putaran (rpm)	<i>Ethanol</i> 95% ( <i>main jet</i> )	bensin ( <i>pilot jet</i> )
$t_f$	1500	1500 sec.	625 sec.
	4500	818 sec.	563 sec.
	7500	290 sec.	409 sec.
$m_f$	1500	0.097 kg/jam	0.213 kg/jam
	4500	0.177 kg/jam	0.236 kg/jam
	7500	0.499 kg/jam	0.325 kg/jam
Sfc	4500	68.2 gr/kWh	91.1 gr/kWh
	7500	114.9 gr/kWh	74.9 gr/kWh

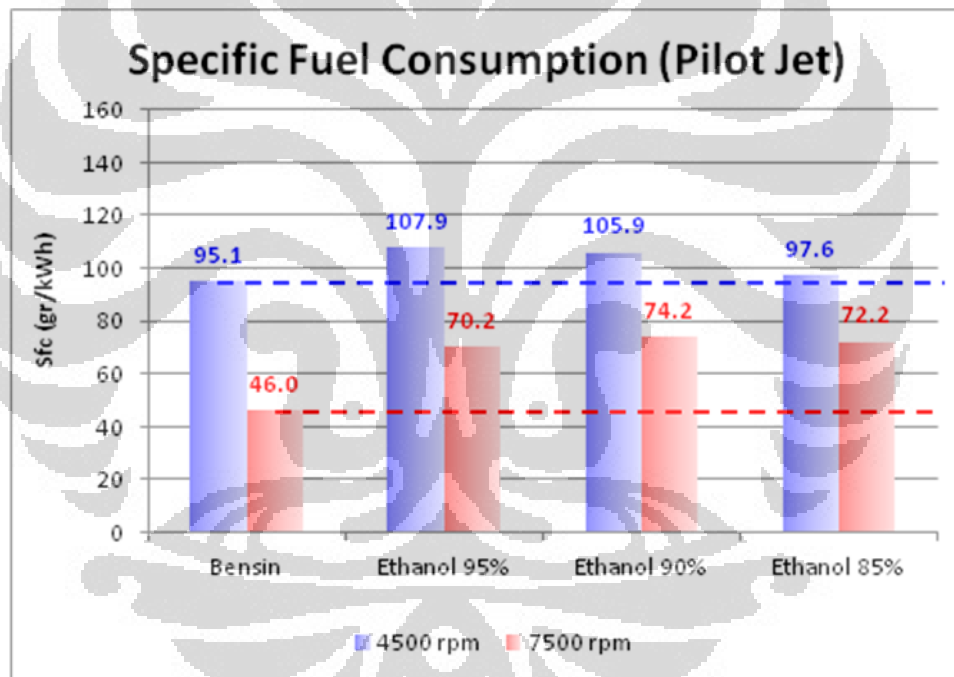
Tabel 4.6 Sfc *ethanol* 90% di *main jet* dengan bensin di *pilot jet*

Desc.	Putaran (rpm)	<i>Ethanol</i> 90% ( <i>main jet</i> )	Bensin ( <i>pilot jet</i> )
$t_f$	1500	9000 sec.	750 sec.
	4500	643 sec.	409 sec.
	7500	250 sec.	500 sec.
$m_f$	1500	0.016 kg/jam	0.177 kg/jam
	4500	0.228 kg/jam	0.325 kg/jam
	7500	0.587 kg/jam	0.266 kg/jam
Sfc	4500	94.1 gr/kWh	134.2 gr/kWh
	7500	136.1 gr/kWh	61.7 gr/kWh

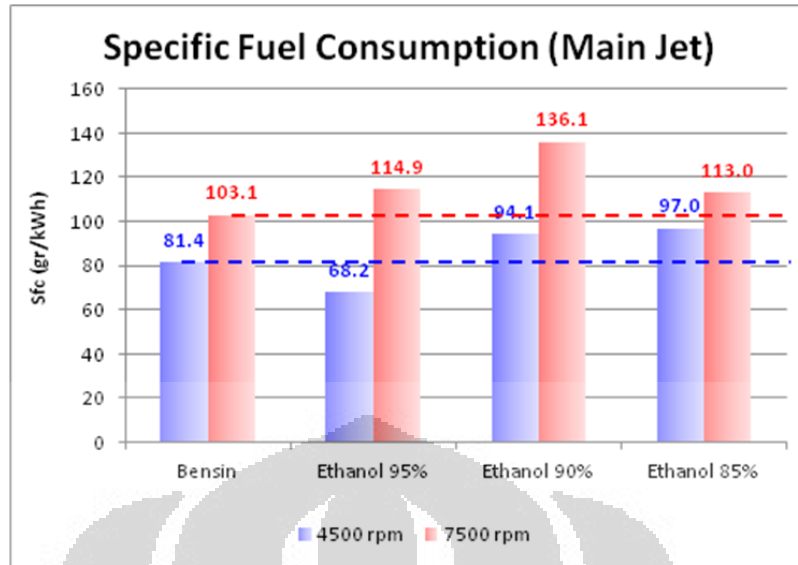
Tabel 4.7 Sfc *ethanol 85%* di *main jet* dengan bensin di *pilot jet*

Desc.	Putaran (rpm)	<i>Ethanol 85% (main jet)</i>	<i>bensin (pilot jet)</i>
$t_f$	1500	3000 sec.	429 sec.
	4500	563 sec.	474 sec.
	7500	375 sec.	257 sec.
$m_f$	1500	0.049 kg/jam	0.310 kg/jam
	4500	0.264 kg/jam	0.281 kg/jam
	7500	0.396 kg/jam	0.517 kg/jam
Sfc	4500	96.9 gr/kWh	103.2 gr/kWh
	7500	112.9 gr/kWh	147.6 gr/kWh

Perbandingan Sfc untuk masing-masing pengujian pada setiap variasi putaran dapat dilihat pada gambar 4.4 dan 4.5.

Gambar 4.4 *Specific fuel consumption* berbagai varian bahan bakar pada *pilot jet*

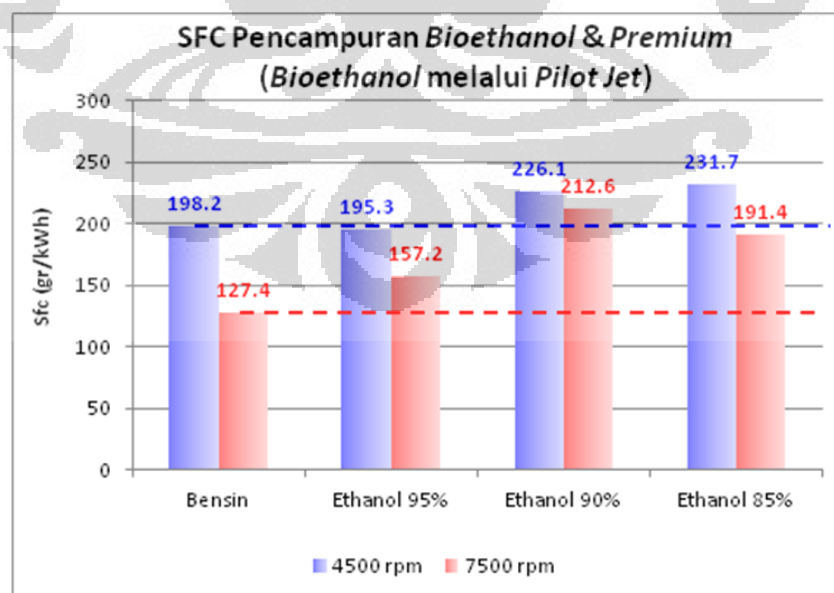
Dari gambar 4.4 diatas konsumsi bahan bakar pada motor Otto yang digunakan untuk eksperimen menunjukkan konsumsi bahan bakar *bioethanol* (*ethanol 95%*, *ethanol 90%*, *ethanol 85%*) di *pilot jet* secara umum lebih besar dari bahan bakar premium.



Gambar 4.5 *Specific fuel consumption* berbagai varian bahan bakar pada *main jet*

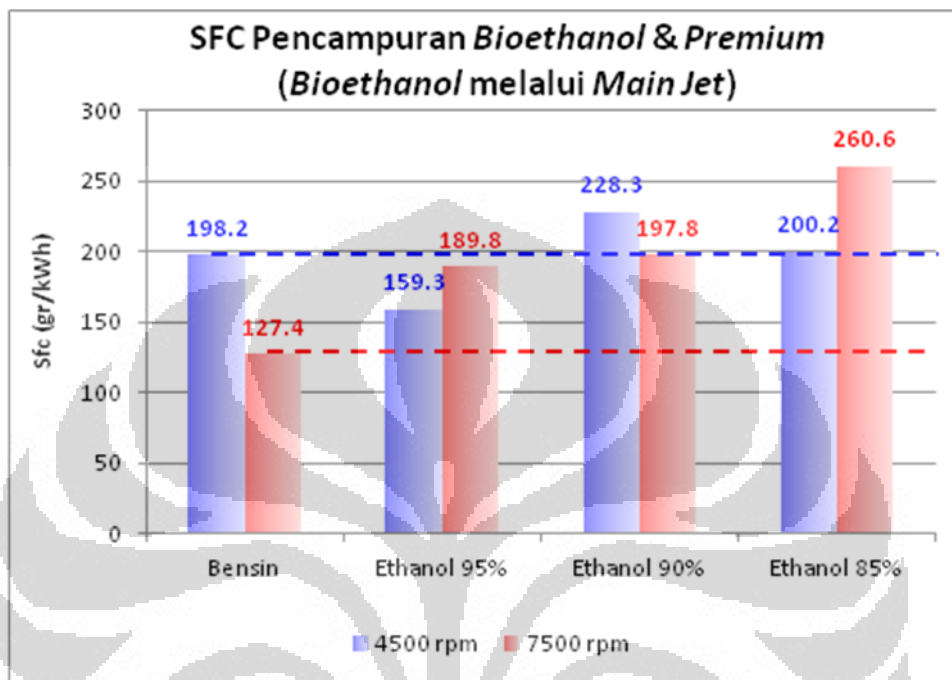
Dari gambar 4.5 diatas konsumsi bahan bakar pada motor Otto yang digunakan untuk eksperimen menunjukkan konsumsi bahan bakar *bioethanol* (*ethanol 95%*, *ethanol 90%*, *ethanol 85%*) di *main jet* secara umum lebih besar dari bahan bakar premium pada putaran tinggi 7500 rpm sedangkan pada putaran menengah 4500 rpm, konsumsi bahan bakar *ethanol 95%* lebih irit dari *premium* dan *bioethanol* yang lain (*ethanol 90%* dan *ethanol 85%*).

Sedangkan untuk konsumsi bahan bakar saat pencampuran *premium* dengan *ethanol* dapat dilihat pada gambar 4.6 dan 4.7.



Gambar 4.6 *Specific fuel consumption* pencampuran *bioethanol* & *premium* dimana *bioethanol* dialirkan melalui *pilot jet*

Dari gambar 4.6 dapat disimpulkan bahwa konsumsi bahan bakar pada *bioethanol* 95% lebih irit dari *bioethanol* yang lain (*ethanol* 90% dan *ethanol* 85%) baik pada putaran tinggi 7500 rpm maupun putaran menengah 4500 rpm.



Gambar 4.7 *Specific fuel consumption* pencampuran *bioethanol* & *premium* dimana *bioethanol* dialirkan melalui *main jet*

Dari gambar 4.7 dapat disimpulkan bahwa konsumsi bahan bakar pada *bioethanol* 95% lebih irit dari *bioethanol* yang lain (*ethanol* 90% dan *ethanol* 85%) baik pada putaran tinggi 7500 rpm maupun putaran menengah 4500 rpm. Bahkan pada putaran menengah 4500 rpm, konsumsi bahan bakar *bioethanol* 95% yang dialirkan melalui *main jet* lebih irit dibandingkan dengan bahan bakar *premium*.

Sedangkan pada *bioethanol* 95% yang dialirkan pada *main jet* memiliki rata-rata konsumsi bahan bakar hampir sama dengan *bioethanol* 95% yang dialirkan melalui *pilot jet*, dimana rata-rata Sfc *bioethanol* 95% yang melalui *main jet* sebesar 174.5 gr/kWh dan nilai rata-rata Sfc *bioethanol* 95% yang melalui *pilot jet* sebesar 176.3 gr/kWh.



### 4.3 HASIL PENGUJIAN DYNO DYNAMIC

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *bioethanol* terhadap performa mesin. Variasi kadar *bioethanol* yang digunakan adalah 80%, 85%, 90%, dan 95%. Digabungkan dengan variasi posisi masuk melewati *main jet* dan *pilot jet* secara terpisah dengan bensin *premium*.



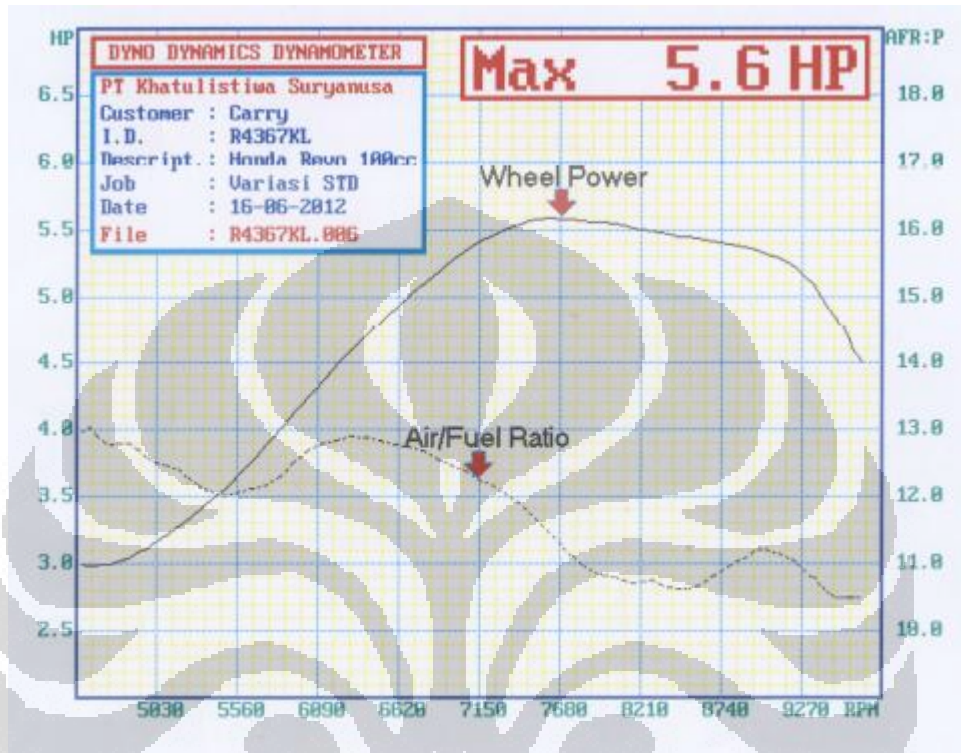
Gambar 4.8 Pengambilan data *Rear Wheel Power & Wheel Torque* menggunakan *Dyno Dinamic*

Proses pengambilan data dilakukan di *Workshop Khatulistiwa Suryanusa* dengan menggunakan alat dinamometer *DynoDynamic*. Sebagai data awal, performa yang diambil datanya adalah kondisi *main jet* dan *pilot jet* sama-sama menggunakan bensin *premium*. Hal ini digunakan untuk mengetahui performa awal kendaraan tersebut sebelum dicampurkan dengan bahan bakar tambahan *bioethanol* dengan campuran bahan bakar *bioethanol* sebesar 80% sampai dengan 95%. Data yang diperoleh dari hasil pembacaan pada alat dinamometer *DynoDynamic* antara lain:

- *Wheel power* (hp)

- *Wheel Torque* (ft.lb)

Adapun **hasil tes performa varian data 1** dengan menggunakan bensin premium melewati *main jet* maupun *pilot jet* tanpa ada campuran *bioethanol* adalah sebagai berikut:



Gambar 4.9 Grafik *wheel power* varian data 1

Dari grafik diatas bisa dilihat untuk kondisi tanpa penambahan *bioethanol* didapat *max rear wheel power* sebesar 5,6 hp pada 7.680 rpm. Sedangkan untuk grafik AFR bisa disimpulkan bahwa semakin tinggi putaran mesin, maka AFR cenderung turun yang berarti rasio campuran udara dengan bahan bakar menjadi kaya (*rich*).

**Hasil tes performa varian data 2** dengan kondisi bensin dialirkan melalui *pilot jet* dan *bioethanol* dengan kadar 80% dialirkan melalui *main jet* tidak bisa diambil dikarenakan mesin tidak bisa hidup. Hal ini dikarenakan kandungan air pada *bioethanol* 80% terlalu banyak sehingga bahan bakar menjadi sulit terbakar.

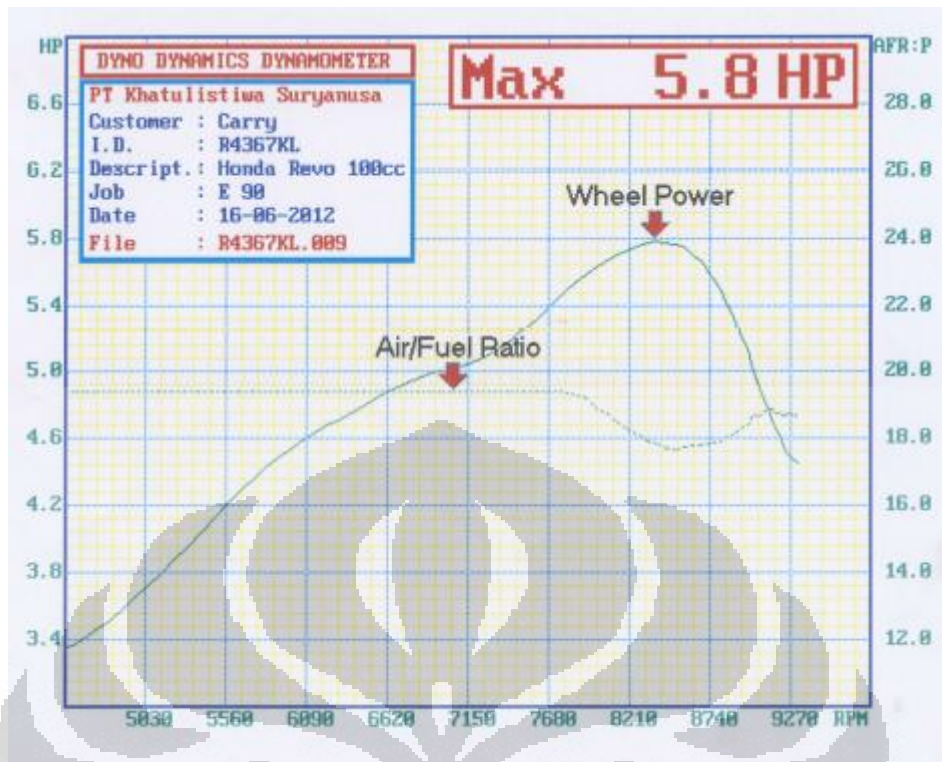
**Hasil tes performa varian data 3** dengan kondisi bensin dialirkan melalui *pilot jet* dan *bioethanol* dengan kadar 85% dialirkan melalui *main jet* adalah sebagai berikut:



Gambar 4.10 Grafik *wheel power* varian data 3

*Max wheel power* yang didapat sebesar 5,2 hp pada sekitar 8.376 rpm. Sedangkan untuk grafik AFR pada rpm menengah sekitar 5000 rpm *ratio* yang terjadi adalah campuran kurus (*lean*). Hal ini dikarenakan terdapat kandungan O<sub>2</sub> pada *bioethanol* (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH) dari *main jet*. Pada kondisi ini terjadi fenomena *knocking* dengan *noise* yang terdengar cukup keras terutama pada rpm rendah. *Knocking* terjadi karena kandungan air yang masih cukup tinggi pada *bioethanol* 80% sehingga *bioethanol* menjadi sulit terbakar. Hal ini berakibat pada *power* yang lebih rendah bila dibandingkan dengan varian data 1 yang murni hanya menggunakan bensin *premium*.

**Hasil tes peforma varian data 4** dengan kondisi bensin *premium* dialirkan melewati *pilot jet* dan *bioethanol* dengan kadar 90% dialirkan melewati *main jet* adalah sebagai berikut,



Gambar 4.11 Grafik *wheel power* varian data 4

Dari grafik diatas *max wheel power* yang didapat sebesar 5,8 hp pada 8.369 rpm. Nilai ini lebih besar bila dibandingkan dengan varian data 1. Grafik AFR terlihat stabil pada kisaran 19,5 yang berarti campuran yang terjadi cenderung kurus. Dengan kadar *bioethanol* sebesar 90% *knocking* masih terjadi tetapi *noise* yang terdengar tidak terlalu keras. *Knocking* juga hanya terjadi di putaran atas.

**Hasil tes peforma data varian 5** dengan kondisi bensin *premium* dialirkan melalui pilot jet dan *bioethanol* dengan kadar 95% dialirkan melalui *main jet* adalah sebagai berikut:

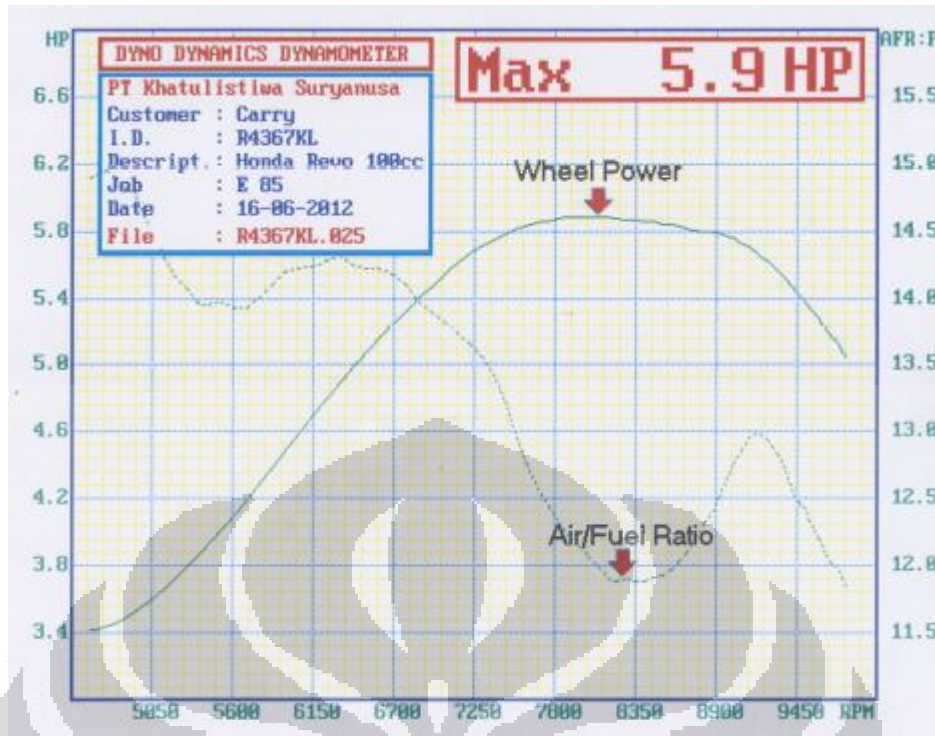


Gambar 4.12 Grafik *wheel power* varian data 5

Dari data diatas terlihat kenaikan *power* yang cukup signifikan bila dibandingkan dengan varian data 1. *Max wheel power* yang didapat mencapai 6,1 hp pada 8390 rpm. AFR cenderung stabil pada putaran menengah dikisaran 19,4 dan mulai menurun pada rpm tinggi dikisaran 14. Campuran udara dan bahan bakar cukup ideal terjadi pada putaran tinggi.

**Hasil tes peforma data varian 6** dengan kondisi *bioethanol* dengan kadar 80% dialirkan melalui *pilot jet* dan bensin *premium* dialirkan melauai *main jet* tidak bisa diambil karena mesin tidak bisa hidup.

**Hasil tes peforma data varian 7** dengan kondisi *bioethanol* dengan kadar 85% dialirkan melalui *pilot jet* dan bensin *premium* dialirkan melalui *main jet* adalah sebagai berikut,



Gambar 4.13 Grafik *wheel power* varian data 7

Dari grafik diatas *max wheel power* yang didapat adalah 5,9 hp pada sekitar 8.075 rpm. Nilai ini lebih besar bila dibandingkan dengan varian data 1 dan data 3. Grafik AFR pada putaran menengah berada di kisaran 14,5 yang berarti campuran yang terjadi cukup ideal. Hal ini disebabkan karena proses pengkabutan *bioethanol* di *pilot jet* lebih baik daripada di *main jet* karena diameter *pilot jet* yang lebih kecil dan juga terdapat *air passage* pada jalur *pilot jet*. Grafik AFR cenderung menurun seiring dengan bertambahnya rpm mesin. Pada rpm tinggi AFR menjadi kaya dan mencapai *max wheel power* pada kisaran 12. Pada kondisi ini masih terjadi *knocking* terutama pada rpm rendah, tetapi *noise* yang ditimbulkan jauh lebih kecil apabila dibandingkan dengan varian data yang mengalirkan *bioethanol* melalui *main jet*.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

- 5.1.1 Rancang bangun *fuel mixing bioethanol* melalui lubang *main jet* dan *pilot jet* pada motor dinamis dapat diterapkan
- 5.1.2 *Specific fuel consumption bioethanol* semua varian (*ethanol 95%*, *ethanol 90%*, *ethanol 85%*) secara umum lebih banyak dibandingkan bahan bakar bensin *premium* baik pada putaran menengah 4500 rpm maupun pada putaran tinggi 7500 rpm
- 5.1.3 Penambahan *bioethanol* akan menambah besar *max wheel power* yang dihasilkan. Semakin besar prosentase kadar *bioethanol* maka semakin besar nilai *max wheel power*
- 5.1.4 Konsumsi bahan bakar pada *bioethanol 95%* lebih irit dari *bioethanol* yang lain (*ethanol 90%* dan *ethanol 85%*) baik pada putaran tinggi 7500 rpm maupun putaran menengah 4500 rpm. Bahkan pada putaran menengah 4500 rpm, konsumsi bahan bakar *bioethanol 95%* yang dialirkan melalui *main jet* (159.3 gr/kWh) lebih irit dibandingkan dengan bahan bakar *premium* (198.2 gr/kWh)
- 5.1.5 *Bioethanol 95%* yang dialirkan pada *main jet* memiliki rata-rata konsumsi bahan bakar hampir sama dengan *bioethanol 95%* yang dialirkan melalui *pilot jet*, dimana rata-rata Sfc *bioethanol 95%* yang melalui *main jet* sebesar 174.5 gr/kWh dan nilai rata-rata Sfc *bioethanol 95%* yang melalui *pilot jet* sebesar 176.3 gr/kWh
- 5.1.6 Kadar *bioethanol 95%* pada saluran *main jet* dapat menaikkan *power* yang cukup signifikan bila dibandingkan dengan varian standar (bahan bakar bensin). *Max wheel power* yang didapat mencapai 6.1 hp pada 8390 rpm. AFR cenderung stabil pada putaran menengah dikisaran 19.4 dan mulai menurun pada rpm tinggi dikisaran 14. Campuran udara dan bahan bakar cukup ideal terjadi pada putaran tinggi

## 5.2 SARAN

- 5.2.1 Untuk penggunaan alat *fuel mixer bioethanol*, pastikan selang yang terhubung dengan *pilot jet* maupun *main jet* dalam kondisi rapat.
- 5.2.2 Studi terhadap pengontrolan udara agar AFR bisa kaya (*rich*) pada semua kondisi putaran.
- 5.2.3. Studi terhadap pengaruh proses pembakaran *bioetanol* terhadap material motor pembakaran dalam untuk menambah kesiapan teknologi bahan bakar *bioethanol* sebagai bahan bakar tambahan pada motor pembakaran dalam atau sebagai pengganti bahan bakar fosil secara menyeluruh pada motor pembakaran dalam



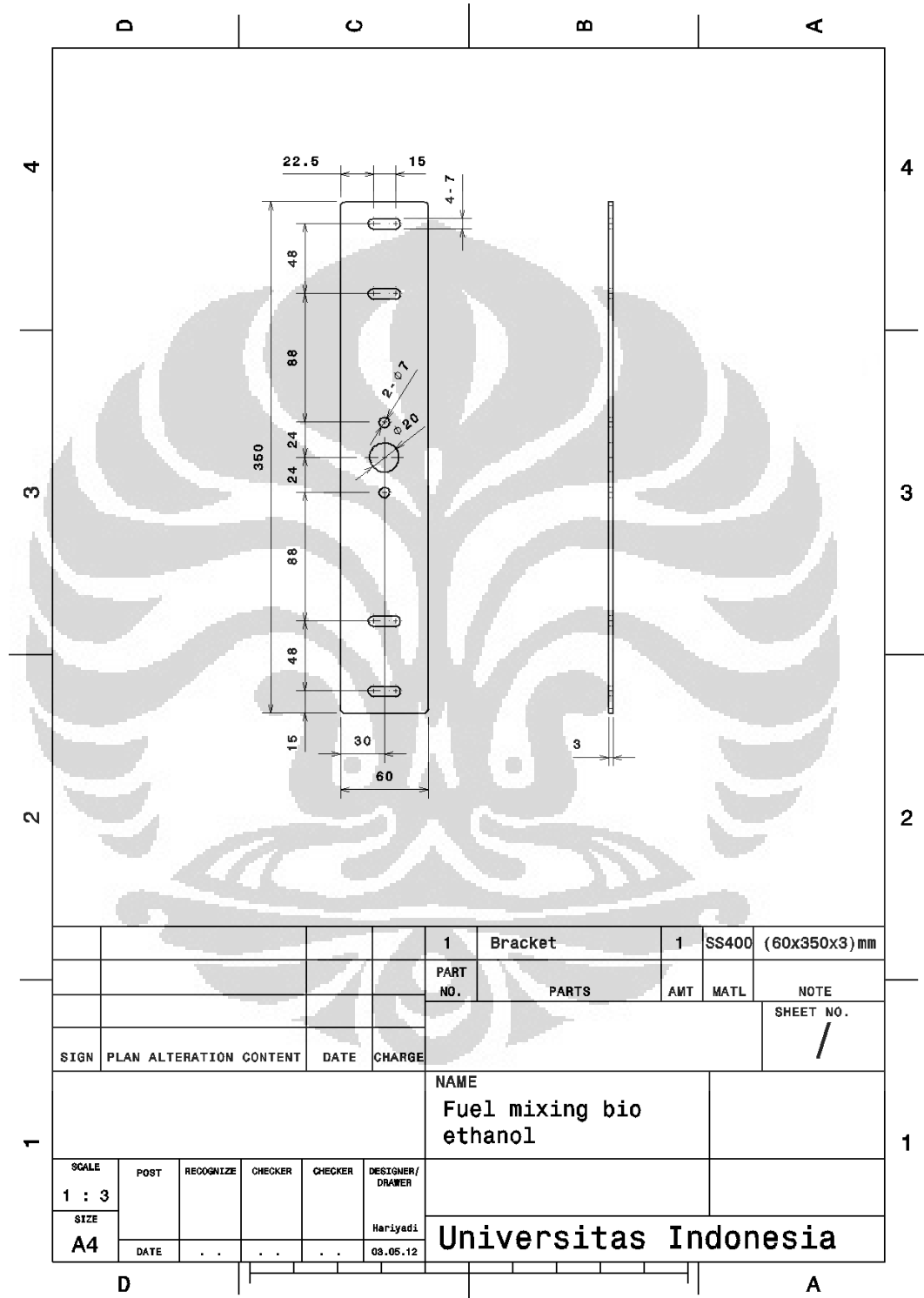


## DAFTAR PUSTAKA

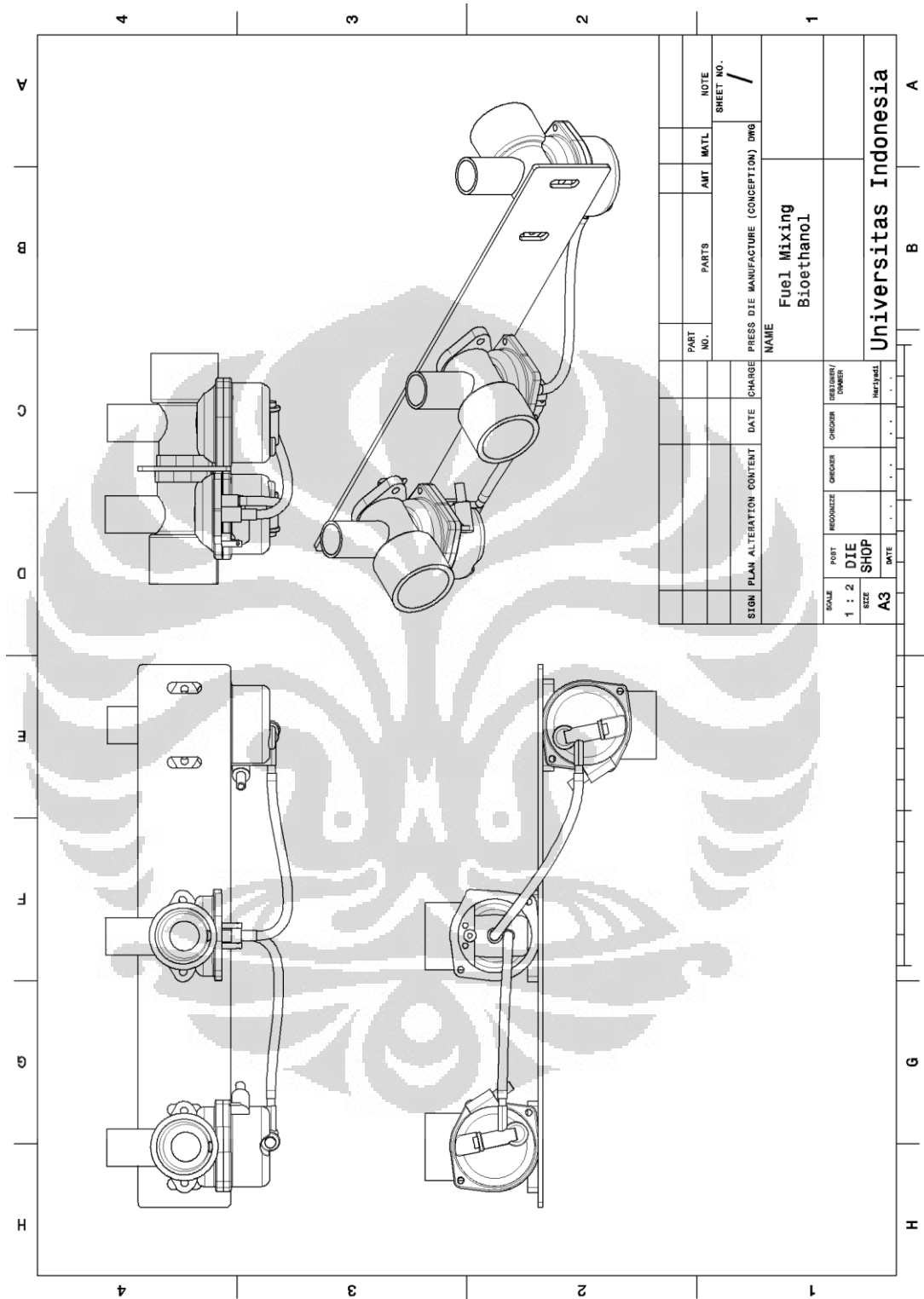
- Restu Panji. 2010. *Unjuk kerja low garde ethanol dari pemanfaatan gas buang motor bakar statis sebagai sumber energi compact distillator*. Skripsi: DTM FT-UI.
- Indrianto Fariza. 2011. *Pengaruh injeksi distilasi sebagai bahan bakar tambahan pada genset berbahan bakar bensin*. Skripsi: DTM FT-UI.
- Akbar Syaehul. 2011. *Pengaruh pengontrolan temperature evaporator terhadap laju destilasi ethanol low grade pada compact distillator* . Skripsi: DTM FT-UI.
- Cengel, Yunus A. and Boles, Michael A. 2002. *Thermodynamics*. forth edition. New York: Mc Graw Hill.
- Heywood, John B. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. US-States. Mc Graw-Hill.
- Pulkabek, Willard W. 2004. *Engineering Fundamental Of Internal Combustion Engine*. New Jersey: Upper Saddle River.
- Rogowski, A. R. 1979. *Element Of Internal-Combustion Engine*. New York: Mc Graw Hill.
- Sugiarto, Bambang. 2003. *Motor Pembakaran Dalam*. ISBN 979-97726-7-2 Universitas Indonesia. *Pedoman Teknis Penulisan Tugas Akhir Mahasiswa Universitas Indonesia*. (2008). Depok: Universitas Indonesia.
- <http://www.jevuska.com/topic/dampak+hidrokarbon+bagi+kesehatan.html>
- <http://bioethanolmania.multiply.com/journal/item/4>
- <http://www.esdm.go.id/berita/migas/40-migas/4708-konsumsi-premium-provinsi-dki-jakarta-10-melebihi-kuota-.html>
- <http://www.jevuska.com/topic/pengertian+dan+efek+karbon+monoksida+co.html>
- [http://www.chem-is-try.org/materi\\_kimia/kimia-industri/limbah-industri/unsur-unsur-pencemar-udara/](http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-industri/limbah-industri/unsur-unsur-pencemar-udara/)

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

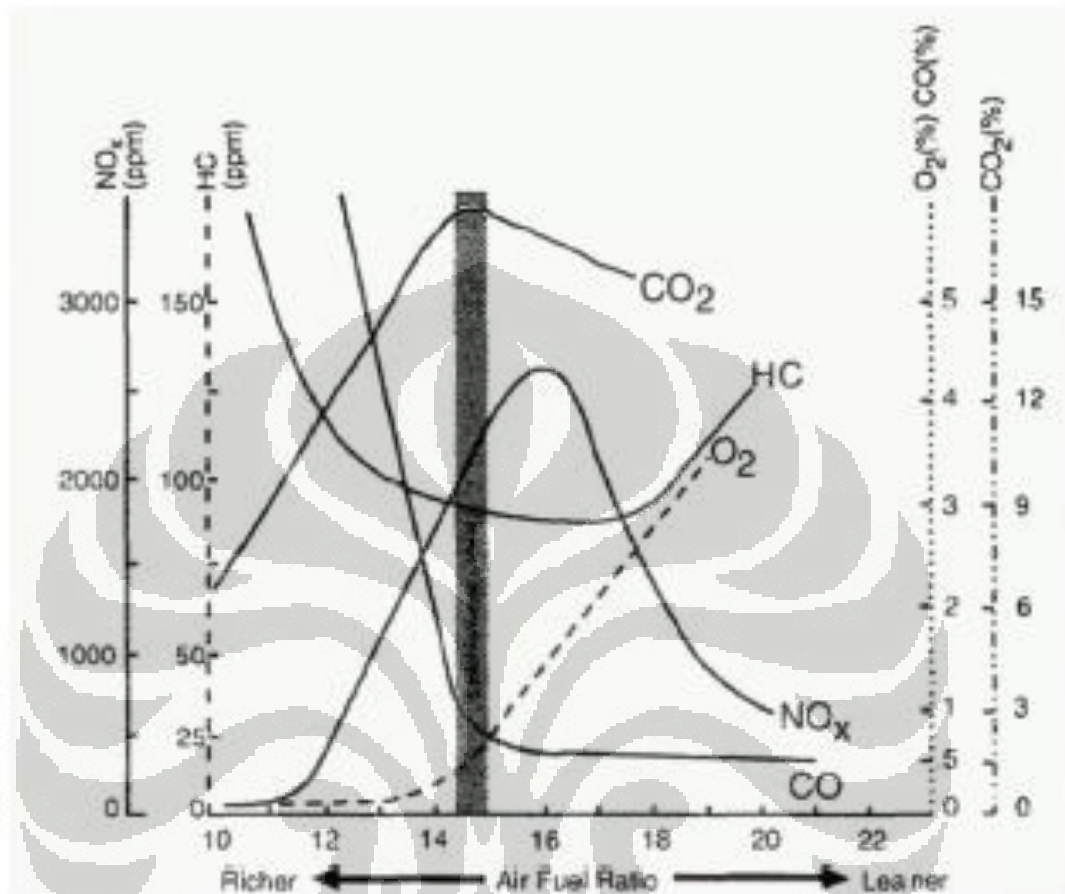


LAMPIRAN 2



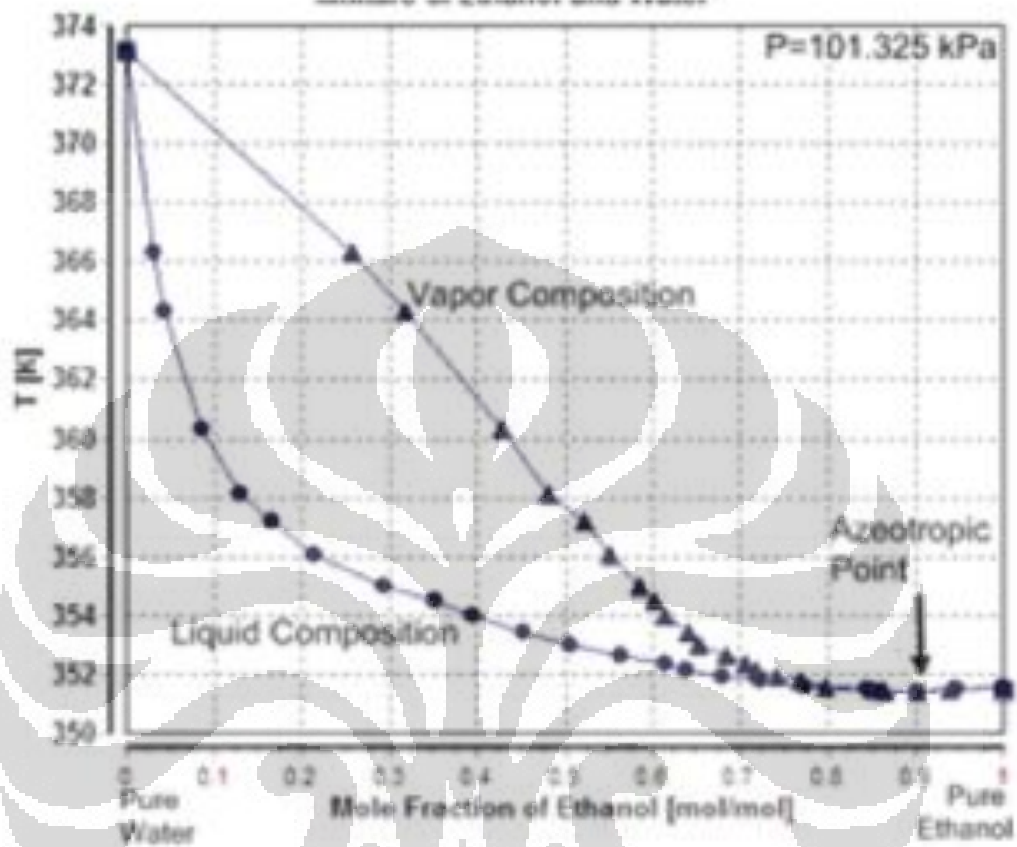
## LAMPIRAN 3

## Grafik Kosentrasi Gas Buang Berdasar AFR



## LAMPIRAN 4

## Keseimbangan Uap-Cair Campuran Etanol Dengan Air



## LAMPIRAN 5

## Properties Of Fuel

**TABLE A-2 PROPERTIES OF FUELS**

Fuel	Molecular Weight	Heating Value		Stoichiometric (A/F) <sub>s</sub>	Octane Number		Heat of Vaporization (kJ/kg)	Cetane Number
		HHV (kJ/kg)	LHV (kJ/kg)		MON	RON		
gasoline	111	47300	43000	14.6	0.068	80-91	92-99	90
light diesel	170	44800	42500	14.5	0.069			40-55
heavy diesel	280	43800	41400	14.5	0.069			35-50
isooctane	114	47800	44300	15.1	0.066	100	100	290
methanol	32	22540	20050	6.5	0.135	92	106	1147
ethanol	46	29710	26950	9.0	0.111	89	107	873
methane	16	55260	49770	17.2	0.058	120	120	509
propane	44	50180	46190	15.7	0.064	97	112	426
nitromethane	61	12000	10920	1.7	0.588			623
heptane	100	48070	44560	15.2	0.066	0	0	316
cetane	226	47280	43980	15.0	0.066			292
heptamethylnonane	178			15.9	0.063			100
<i>n</i> -methylcapthalene	142			13.1	0.076			15
carbon monoxide	28	10100	10100	2.5	0.405			0
coal (carbon)	12	33800	33800	11.5	0.087			
butane-1	56	48210	45040	14.8	0.068	80	99	390
triptane	100	47950	44440	15.2	0.066	101	112	288
isodecane	142	47590	44220	15.1	0.066	92	113	
toluene	92	42500	40600	13.5	0.074	109	120	412
hydrogen	2	141800	120000	34.5	0.029			90

## LAMPIRAN 6

## DETERMINATION OF THE ALCOHOL CONTENT OF BEVERAGES

Table 1 (continued)

Specific gravity (20/20)	Per cent by weight	Per cent by volume	G in 100ml	Specific gravity (20/20)	Per cent by weight	Per cent by volume	G in 100ml
0-7900	96-96	98-09	77-43	0-7950	98-62	99-15	78-26
0-7909	96-99	98-12	77-45	0-7949	98-65	99-17	78-28
0-7908	97-03	98-14	77-46	0-7948	98-68	99-19	78-30
0-7907	97-06	98-16	77-48	0-7947	98-72	99-21	78-31
0-7906	97-09	98-18	77-50	0-7946	98-75	99-23	78-33
0-7905	97-13	98-20	77-52	0-7945	98-78	99-25	78-34
0-7904	97-16	98-22	77-53	0-7944	98-82	99-27	78-36
0-7903	97-19	98-25	77-55	0-7943	98-85	99-29	78-38
0-7902	97-23	98-27	77-57	0-7942	98-88	99-31	78-39
0-7901	97-26	98-29	77-58	0-7941	98-91	99-33	78-41
0-7900	97-29	98-31	77-60	0-7940	98-95	99-35	78-42
0-7909	97-33	98-33	77-62	0-7939	98-98	99-37	78-44
0-7908	97-36	98-35	77-63	0-7938	99-01	99-39	78-46
0-7907	97-39	98-38	77-65	0-7937	99-04	99-41	78-47
0-7906	97-43	98-40	77-67	0-7936	99-08	99-43	78-49
0-7905	97-46	98-42	77-69	0-7935	99-11	99-45	78-50
0-7904	97-50	98-44	77-70	0-7934	99-14	99-48	78-52
0-7903	97-53	98-46	77-72	0-7933	99-17	99-50	78-54
0-7902	97-56	98-48	77-74	0-7932	99-21	99-52	78-55
0-7901	97-59	98-50	77-75	0-7931	99-24	99-54	78-57
0-7900	97-63	98-52	77-77	0-7930	99-27	99-56	78-58
0-7909	97-66	98-55	77-79	0-7929	99-30	99-58	78-60
0-7908	97-69	98-57	77-80	0-7928	99-34	99-59	78-61
0-7907	97-73	98-59	77-82	0-7927	99-37	99-61	78-63
0-7906	97-76	98-61	77-84	0-7926	99-40	99-63	78-65
0-7905	97-79	98-63	77-85	0-7925	99-43	99-65	78-66
0-7904	97-83	98-65	77-87	0-7924	99-47	99-67	78-68
0-7903	97-86	98-67	77-89	0-7923	99-50	99-69	78-69
0-7902	97-89	98-69	77-90	0-7922	99-53	99-71	78-71
0-7901	97-93	98-71	77-92	0-7921	99-56	99-73	78-72
0-7900	97-96	98-74	77-94	0-7920	99-59	99-75	78-74
0-7909	97-99	98-76	77-95	0-7919	99-63	99-77	78-75
0-7908	98-03	98-78	77-97	0-7918	99-66	99-79	78-77
0-7907	98-06	98-80	77-99	0-7917	99-69	99-81	78-79
0-7906	98-09	98-82	78-00	0-7916	99-72	99-83	78-80
0-7905	98-13	98-84	78-02	0-7915	99-76	99-85	78-82
0-7904	98-16	98-86	78-04	0-7914	99-79	99-87	78-83
0-7903	98-19	98-88	78-05	0-7913	99-82	99-89	78-85
0-7902	98-22	98-90	78-07	0-7912	99-85	99-91	78-86
0-7901	98-26	98-92	78-08	0-7911	99-88	99-93	78-88
0-7900	98-29	98-94	78-10	0-7910	99-92	99-95	78-89
0-7909	98-32	98-97	78-12	0-7909	99-95	99-97	78-91
0-7908	98-36	98-99	78-13	0-7908	99-98	99-99	78-92
0-7907	98-39	99-01	78-15	0-79074	100-00	100-00	78-93
0-7906	98-42	99-03	78-17				
0-7905	98-46	99-05	78-18				
0-7904	98-49	99-07	78-20				
0-7903	98-52	99-09	78-22				
0-7902	98-55	99-11	78-23				
0-7901	98-59	99-13	78-25				