



UNIVERSITAS INDONESIA

**UNJUK KERJA *LOW GRADE ETHANOL* DARI PEMANFAATAN
PANAS GAS BUANG MOTOR BAKAR DINAMIS SEBAGAI SUMBER
ENERGI *COMPACT DISTILLATOR***

SKRIPSI

RINO SUGIARTO

0906605113

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

DEPOK

JANUARI 2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**UNJUK KERJA *LOW GRADE ETHANOL* DARI PEMANFAATAN
PANAS GAS BUANG MOTOR BAKAR DINAMIS SEBAGAI SUMBER
ENERGI *COMPACT DISTILLATOR***

SKRIPSI

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

RINO SUGIARTO

0906605113

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

DEPOK

JANUARI 2012

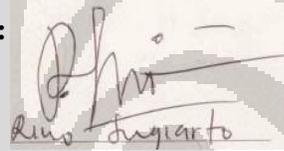
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Rino Sugiarto

NPM : 0906605113

Tanda Tangan :



Tanggal : 26 Januari 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Rino Sugiarto

NPM : 090665115

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : unjuk kerja *low grade ethanol* dari pemanfaatan panas gas buang motor bakar dinamis sebagai sumber energi *compact distillator*

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

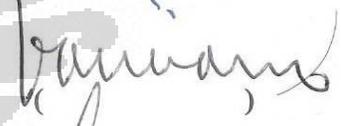
DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof.Dr.Ir. Bambang Sugiarto, M Eng.

Penguji : Prof. Ir. Yulianto S. Nugroho, M.Sc., Ph.D

Penguji : Dr. Ir. R. Danardono A.S., DEA

Penguji : Dr. Ir. Adi Surjosatyo, M.Eng



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 26 Januari 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 “unjuk kerja *low grade ethanol* dari pemanfaatan gas buang motor bakar dinamis sebagai sumber energi *compact distillator*”

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. Prof. Dr. Ir. Yulianto S. Nugroho, M.Sc. Ph.D selaku kepala laboratorium Termodinamika atas ijin penggunaan laboratorium.
5. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Mesin FTUI yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan.
6. Teman-teman PPSE 2009 atas semangat dan kekompakan kalian.
7. Teman-teman Sesepuh kosan 44 (Mas Hari, Mas Puji, Daya, Gilang, Asmi, Acoy)
8. **Nita Riskawati** the best of my partner.

Depok, Januari 2012

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Rino Sugiarto
NPM : 0906605113
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

UNJUK KERJA *LOW GRADE ETHANOL* DARI PEMANFAATAN GAS BUANG MOTOR BAKAR DINAMIS SEBAGAI SUMBER ENERGI *COMPACT DISTILLATOR*

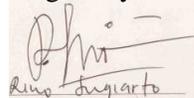
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Januari 2012

Yang menyatakan,



(Rino Sugiarto)

Abstrak

Nama : Rino Sugiarto
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : unjuk kerja *low grade ethanol* dari pemanfaatan panas gas buang motor bakar dinamis sebagai sumber energi *compact distillator*

Saat ini minyak bumi mendominasi sebagai sumber utama bahan bakar untuk motor bakar. Energi yang terbarukan merupakan salah satu solusi untuk menghadapi persoalan krisis energi yang memprediksi habisnya bahan bakar minyak bumi dimasa mendatang. Salah satu sumber energi yang terbarukan adalah Bioethanol.. Dalam penelitian ini, dilakukan rancang bangun *compact distillator* dengan memanfaatkan gas buang dari motor bakar sebagai alat utama pengolahan ethanol. Tujuannya adalah ingin menghasilkan produk ethanol layak menjadi bahan bakar yaitu ethanol dengan kadar diatas 85%. Untuk mengetahui performa dari produk *low grade ethanol* yang didistilasi ini dilakukan pengujian unjuk kinerja bahan bakar dengan parameter laju konsumsi bahan bakar, kondisi gas buang dan pengaruh penambahan ethanol kedalam bahan bakar terhadap kinerja mesin. Dari hasil penelitian ini diharapkan *compact distillator* dapat menyerap panas gas buang dari knalpot secara maksimal sehingga laju distilasi *compact distillator* mampu memenuhi kebutuhan konsumsi bahan bakar Sepeda Motor Suzuki thunder 125 cc. Gas buang bioethanol hasil distilasi *compact distillator* lebih ramah lingkungan, kadar CO rendah (± 0.5 % Vol), HC rendah (± 44.3 ppm Vol), NOx tidak terdeteksi (0 ppm Vol)

Kata kunci:

Low grade Ethanol, bioethanol, distilasi, *compact distillator*, laju konsumsi bahan bakar, emisi gas buang.

Abstract

Name : Rino Sugiarto
Study Program : Mechanical Engineering
Title : performance of low grade ethanol from the utilization of heat exhaust dynamic internal combustion engine gas as an energy source compact distillator

Currently petroleum dominates as the main source of fuel for motor fuel. Renewable energy is one solution to face the problem of energy crisis that predict petroleum fuels in the future will be run out. One source of renewable energy is Bioethanol. In this study, compact distillator design to utilization exhaust gases from motorcycle as the primary energy resource to processing ethanol. The goal is to produce decent products into ethanol fuel is ethanol with a concentration above 85%. To determine the performance of low-grade product distilled was carried out engine performance testing with the rate of fuel consumption, exhaust gas conditions and the effect of adding ethanol into the fuel on engine performance. From the results of this study are expected compact distillator can absorb heat from the exhaust gases are maximum, so the rate of distillation able to sufficient the fuel consumption of Suzuki Motorcycles thunder 125 cc. Bioethanol exhaust compact distillasi results distillator more environmentally friendly, low CO levels ($\pm 0.5\%$ Vol), low HC (± 44.3 ppm Vol), NOx was not detected (0 ppm Vol)

Keyword:

Low-grade ethanol, bio ethanol, distillation, *compact distillator*, fuel consumption rate, 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
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	4
1.3 TUJUAN PENELITIAN	5
1.4 BATASAN PENELITIAN	5
1.5 METODOLOGI PENELITIAN.....	5
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN.....	7
BAB II DASAR TEORI.....	9
2.1 MOTOR OTTO.....	9
2.1.1. Klasifikasi Engine Motor Otto.....	10
2.1.2. Istilah-istilah Pada Engine (Mesin Otto).....	11
2.1.3. Siklus Kerja Motor Otto	14
2.2 PENGERTIAN BIOETHANOL.....	17
2.2.1. Pembuatan Ethanol Secara fermentasi	19
2.2.2. Destilasi Ethanol	21
2.2.3. Bioethanol Sebagai Bahan Bakar.....	22
2.2.4. Penggunaan Bioethanol Pada Mesin Pembakaran Dalam.....	23
2.3 POLUTAN PADA ALIRAN GAS BUANG	26
2.4.1. Hidrokarbon	26
2.4.2. Karbon Monoksida.....	28

2.4.3. Karbon Dioksida	29
2.4.4. Oksigen.....	29
2.4.5. Nitrogen Oksida	30
2.4.6. Udara Berlebih (<i>Excess Air</i>)	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 METODE EKSPERIMENTAL	32
3.2 DESAIN PROSES PEMBUATAN COMPACT DISTILLATOR.....	33
3.3 PERALATAN UJI	38
3.4 SKEMATIK PERALATAN UJI	43
3.5 PROSEDUR PENGUJIAN	44
3.4.1. Persiapan Dan Pengaturan Alat	44
3.4.2. Persiapan Bahan Bakar.....	44
3.4.3. Persiapan Bahan Destilasi	45
3.4.4. Persiapan Mesin dan Alat Ukur	45
3.4.5. Persiapan <i>Gas Analyzer</i>	46
3.4.6. Persiapan <i>Thermo Meter</i>	46
3.4.7. Persiapan Distilator	46
3.4.8. Pengambilan Data	46
3.6 PETUNJUK K3L	48
BAB IV ANALISA PERHITUNGAN DANPENGOLAHAN DATA	52
4.1 HASIL PENGUJIAN KONSUMSI BAHAN BAKAR	52
4.2 PENGUJIAN DENGAN MENGGUNAKAN THERMOMETER	54
4.3 KONDISI GAS BUANG YANG TERUKUR	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 KESIMPULAN.....	71
5.2 SARAN.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konversi Biomassa Menjadi Bioethanol.....	13
Tabel 3.1 Spesifikasi Bahan Bakar Premium.....	35
Tabel 3.2 Spesifikasi Bahan Bakar Ethanol.....	35
Tabel 3.3 Spesifikasi Bahan Pengotor Ethanol.....	35
Tabel 3.4 Spesifikasi Sepeda Motor Thunder 125cc.....	36
Tabel 3.5 Spesifikasi <i>Gas Analyzer</i>	37
Tabel 3.6 Spesifikasi <i>Thermo Meter</i>	38
Tabel 3.7 Spesifikasi <i>Tube Level</i>	38
Tabel 3.8 Spesifikasi Gelas Ukur.....	38
Tabel 3.9 Spesifikasi Pipet Tetes.....	39
Tabel 3.10 Spesifikasi Alkohol Meter.....	39
Tabel 3.11 Spesifikasi <i>Stop Watch</i>	39
Tabel 4.1 Kadar Alkohol Hasil Destilasi Dari Beberapa Putaran Engine	57

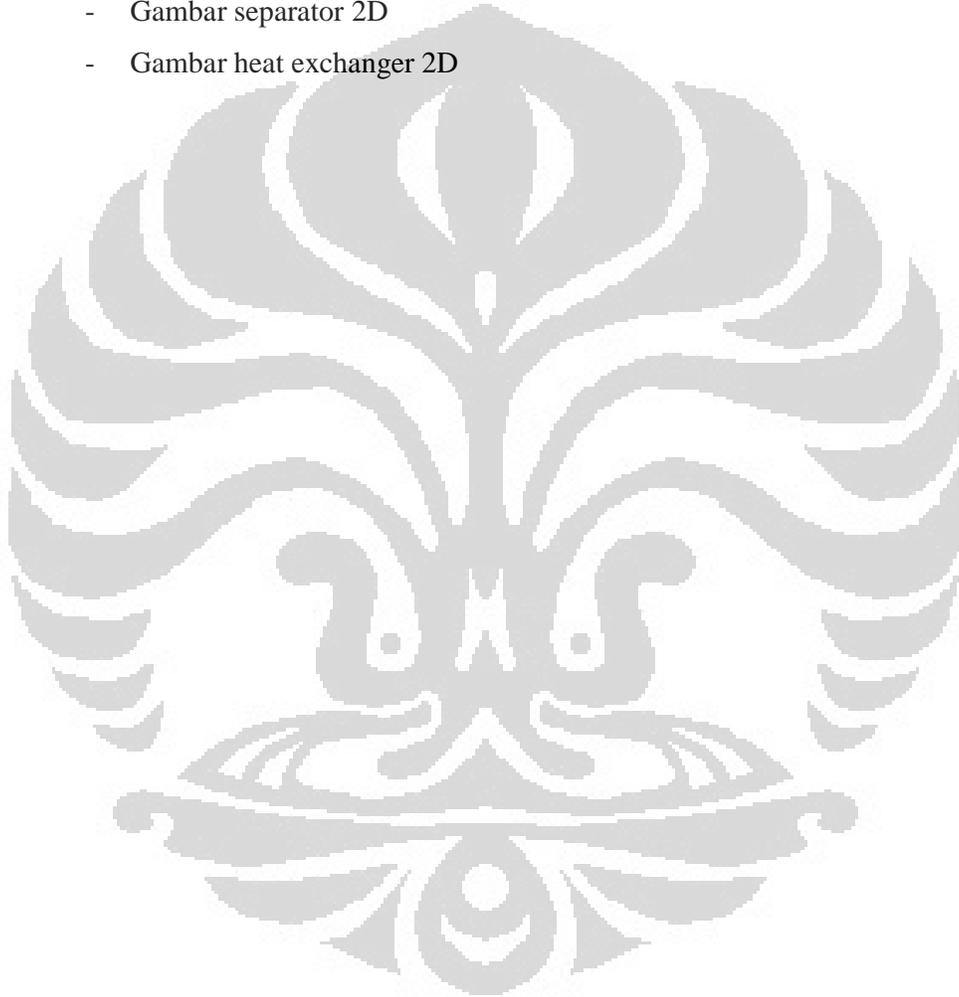
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 bagan Konsumsi BBM-Premium	1
Gambar 1.2 Bagan Perbandingan Konsumsi BBM dengan BBM impor	2
Gambar 2.1 Bagan Klasifikasi Engine.....	10
Gambar 2.2 Gambar TDC-BDC.....	11
Gambar 2.3 Gambar Bore Engine	11
Gambar 2.4 Gambar Stroke.....	12
Gambar 2.5 Gambar Displacement	12
Gambar 2.6 Gambar Compression Ratio	12
Gambar 2.7 Gambar Komponen Engine Pembentuk Ruang Bakar	13
Gambar 2.8 Gambar Urutan Siklus Kerja Motor Bakar 4 Langkah.....	14
Gambar 2.9 Diagram P-V dan TS Ideal Motor Otto Empat Langkah.....	15
Gambar 2.10 Diagram Alir Fermentasi Ethanol dan Berbagai Bahan Baku	21
Gambar 3.1 Flow Chart.....	34
Gambar 3.2 Skema Alat Uji Dengan Distillator.....	40
Gambar 3.3 Proses Pencampuran Ethanol dengan Pengotor	42
Gambar 3.4 Mengecek Kondisi Mesin	42
Gambar 3.5 Pengukuran Laju Konsumsi Bahan Bakar	44
Gambar 3.6 Thermo Meter.....	44
Gambar 3.7 Komposisi Gas Buang Pada Display <i>Gas Analyzer</i>	45
Gambar 3.8 Ear Plug Safety.....	46
Gambar 3.9 Sarung Tangan.....	46
Gambar 3.10 Masker	47
Gambar 4.1 Diagram Laju Volume Bahan Bakar dengan Variasi Rpm terhadap Satuan Waktu	49
Gambar 4.2 Grafik Laju volume destilasi dengan variasi Rpm tanpa pengontrolan temperatur	50
Gambar 4.3 Pengukuran Temperatur pada <i>Compact distillator</i>	51

Gambar 4.4 Diagram Laju Volume Destilasi Pada Putaran Rpm Rendah Dengan Kebocoran Terjadi Pada <i>Compact Distillator</i>	52
Gambar 4.5 Diagram Laju Volume Destilasi Pada Putaran Rpm Rendah Tanpa Kebocoran Pada <i>Compact Distillator</i>	53
Gambar 4.6 Diagram Laju Volume Destilasi Pada Putaran Fluktuatif Tanpa Terjadi Kebocoran Pada <i>Compact Distillator</i>	54
Gambar 4.7 Diagram Laju Volume Destilasi Pada Putaran Tinggi Tanpa Terjadi Kebocoran Pada <i>Compact Distillator</i>	55
Gambar 4.8 Diagram Perbandingan Laju Volume Bahan Bakar Dengan Hasil Destilat Pada Putaran Rendah, Putaran Fluktuatif dan Putaran Tinggi	56
Gambar 4.9 Perbandingan Konsentrasi Alkohol Pada Beberapa Putaran	58
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Kadar Oksigen Pada Rpm dan Bahan Bakar Yang Berbeda.....	59
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Kadar Karbon Dioksida Pada Rpm dan Bahan Bakar Yang Berbeda.....	60
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Kadar Karbon Monoksida Pada Rpm dan Bahan Bakar Yang Berbeda.....	61
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Kadar Hidrokarbon Pada Rpm dan Bahan Bakar Yang Berbeda.....	62
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Kadar Nitrogen Pada Rpm dan Bahan Bakar Yang Berbeda.....	63
Gambar 4.15 Dyno Dynamic Pada Motor Uji.....	65
Gambar 4.16 Grafik Torsi Motor Uji Berbahan Bakar Premium.....	66

DAFTAR LAMPIRAN

- Grafik konsentrasi gas buang berdasar AFR
- Kestimbangan Uap-Cair campuran etanol dengan air
- Properties of fuel
- Characteristics of chemically pure fuels
- Gambar evaporator 2D
- Gambar separator 2D
- Gambar heat exchanger 2D

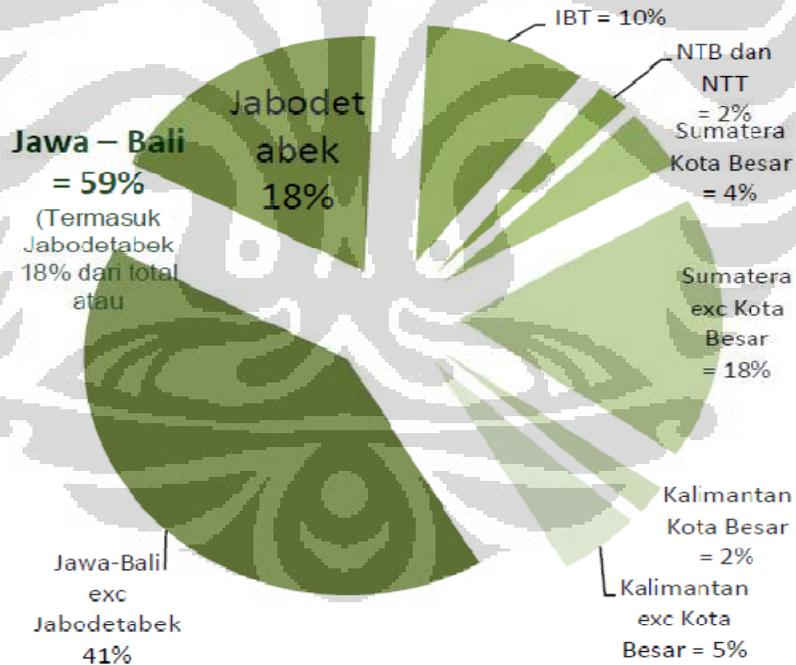


BAB I

PENDAHULUAN

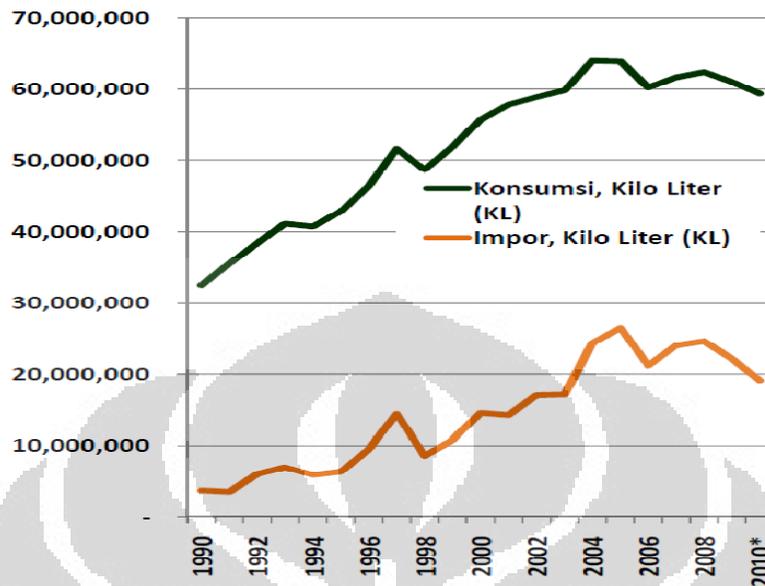
1.1 LATAR BELAKANG

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.

Pada tahun 1983, pengujian unjuk kerja kendaraan bioethanol telah dilakukan pada 100 kendaraan roda empat dan 32 kendaraan roda dua. Hasil yang diperoleh menunjukkan tidak terjadinya penurunan unjuk kerja motor yang signifikan, akan tetapi terjadi beberapa kebocoran pada *packing* tangki bahan bakar.

Saat ini, bahan bakar kendaraan ethanol dengan kadar pemurnian 99.5% sudah digunakan pada beberapa kendaraan dan transportasi darat lainnya. Dan hasil yang diperoleh pada kendaraan dengan bahan bakar ethanol tersebut berupa

menurunnya emisi gas buang kendaraan dibandingkan dengan kendaraan berbahan bakar bensin.

Berdasarkan data yang diperoleh, sekitar 70 % pencemaran polusi udara berasal dari gas buang kendaraan bermotor. Bahan bakar fosil atau bensin yang ada saat ini masih memberikan kontribusi yang tinggi terhadap pencemaran udara. Ethanol sebagai salah satu oksigenat, merupakan bahan bakar alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi emisi gas buang kendaraan bermotor.

Meskipun program pemanfaatan bio-ethanol sebagai bahan bakar kendaraan secara ekonomi masih belum layak, namun program tersebut mempunyai manfaat lain, yaitu dapat mengurangi konsumsi bahan bakar minyak (BBM) di dalam negeri, mendorong program diversifikasi (penganeka ragam) energi, mendorong terciptanya pemanfaatan energi yang berwawasan lingkungan (ethanol termasuk bahan bakar yang bersih dari bahan pencemar), merangsang pertumbuhan industri penunjang serta mendorong terciptanya lapangan kerja dan peningkatan ekonomi di daerah.

Tantangan yang dihadapi dalam pengembangan kendaraan berbahan bakar bioethanol adalah bagaimana caranya untuk meningkatkan kemampuan ethanol dalam memberikan efek positif terhadap pengurangan emisi gas buang dan meningkatkan unjuk kerja motor dengan memanfaatkan sisa gas buang kendaraan untuk dapat mengolah mandiri bahan bakar ethanol dengan kadar rendah menjadi bahan bakar ethanol dengan kadar tinggi.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Untuk mengembangkan serta mengaplikasikan proses distilasi bioethanol yang mandiri pada motor pembakaran dalam dengan memanfaatkan panas gas buang, maka dalam penelitian ini akan membahas mengenai dampak yang terjadi pada unjuk kerja motor bakar, yang dipengaruhi oleh variasi konsentrasi bahan bakar bioethanol dengan memanfaatkan panas gas buang sebagai sumber energi pada proses distilasi bioethanol, serta membandingkan laju produksi distilasi bioethanol yang dihasilkan terhadap laju konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan pada variasi beban putaran *engine* yang diberikan.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan sebagai studi lanjutan pemanfaatan panas gas buang motor pembakaran dalam berbahan bakar bioethanol yang digunakan sebagai sumber energi panas pada proses distilasi bioethanol untuk meningkatkan konsentrasi bioethanol dari *Low Grade Bioethanol* menjadi *High Grade Bioethanol* pada alat *Compact Distillator* yang nantinya akan diunakan 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. Etanol yang digunakan adalah jenis *low grade ethanol* baik berupa produk minuman keras, produk farmasi maupun produk teknik yang didistilasi pada alat kompak distilator motor bakar statis.
2. Jika etanol yang ada berkadar tinggi maka diberi pengotor air distilasi (aquadest).
3. Motor bakar dinamis yang akan digunakan adalah Motor Suzuki Thunder 4 langkah 125 cc produksi tahun 2007.
4. Variasi pembebanan pada posisi tanpa road test (posisi motor distandar).
5. Putaran *engine* dijaga konstan pada putaran stationer (putaran rendah), putaran fluktuatif dan putaran tinggi.

1.5 METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaannya penelitian ini dilakukan dengan metodologi sebagai berikut:

a. Studi literatur

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya yang juga membahas tentang *BIOETHANOL DISTILLATOR*, *BIOETHANOL ENGINE*, dan Pemanfaatan gas buang pada *engine* statis. oleh karena itu dalam pelaksanaan penelitian ini ada beberapa hal yang menjadi dasar pengembangan alat pada skripsi tersebut sehingga dihasilkan alat yang memiliki kapasitas produksi yang mampu mencapai

laju konsumsi bahan bakar sepeda motor serta membantu dalam proses analisa unjuk kinerja motor.

b. Pembuatan dan pengujian alat *compact distillator* dengan motor pembakaran dalam

Pada tahap ini, konsumsi waktu yang digunakan cukup banyak dalam pelaksanaan penelitian ini. Pembuatan komponen-komponen *compact distillator* ini diawali dengan konsultasi dengan dosen pembimbing mengenai rancangan komponen-komponen tersebut agar lebih *compact* serta dapat diaplikasikan pada *engine test*. Tahapan selanjutnya adalah pencarian material-material yang dibutuhkan, untuk kemudian dilakukan proses pembuatan komponen. Pembuatan komponen-komponen ini cukup memberikan tantangan tersendiri karena memerlukan wawasan yang cukup luas dalam proses fabrikasi, metode pembentukan serta perlakuan bahan agar bentuk yang dihasilkan sesuai dengan yang diharapkan dengan ketersediaan alat yang ada dan efektifitas pengerjaannya. Pengujian alat *compact distillator* dengan motor otto dilakukan berulang kali untuk mencegah serta mengoreksi terjadinya kebocoran pada setiap sambungan komponen-komponen dan untuk mengetahui kekuatan konstruksi serta kehandalan alat.

c. Pengambilan data unjuk kerja *compact distillator* dan unjuk kerja motor.

Proses pengambilan data ini dilakukan dengan mengukur konsentrasi bioethanol yang akan dijadikan bahan bakar dan konsentrasi bioethanol yang akan dijadikan bahan untuk didistilasikan pada *compact distillator* pada volume dan variasi konsentrasi tertentu. 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 konsentrasi ethanol yang dihasilkan serta menggunakan alat ukur konsentrasi gas buang yang dihasilkan untuk mengetahui kandungan yang terdapat pada gas

buang. Interval waktu pengukuran data dilakukan dengan menggunakan alat ukur waktu (*stop watch*) untuk mempertahankan konsistensi data. *Thermo meter* untuk mengetahui kenaikan suhu yang terjadi pada alat *compact distillator*. Setelah didapatkan konsentrasi bioethanol yang dihasilkan dari *compact distillator* maka selanjutnya disimulasikan untuk bahan bakar sepeda motor dan dilakukan pengambilan data *dyno test* untuk mengetahui perbedaan *performance* dari sepeda motor. Variasi beban Sepeda Motor pada penelitian ini menggunakan perbedaan Putaran Mesin yaitu pada posisi stasioner (putaran rendah), putaran fluktuatif dan putaran tinggi.

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.

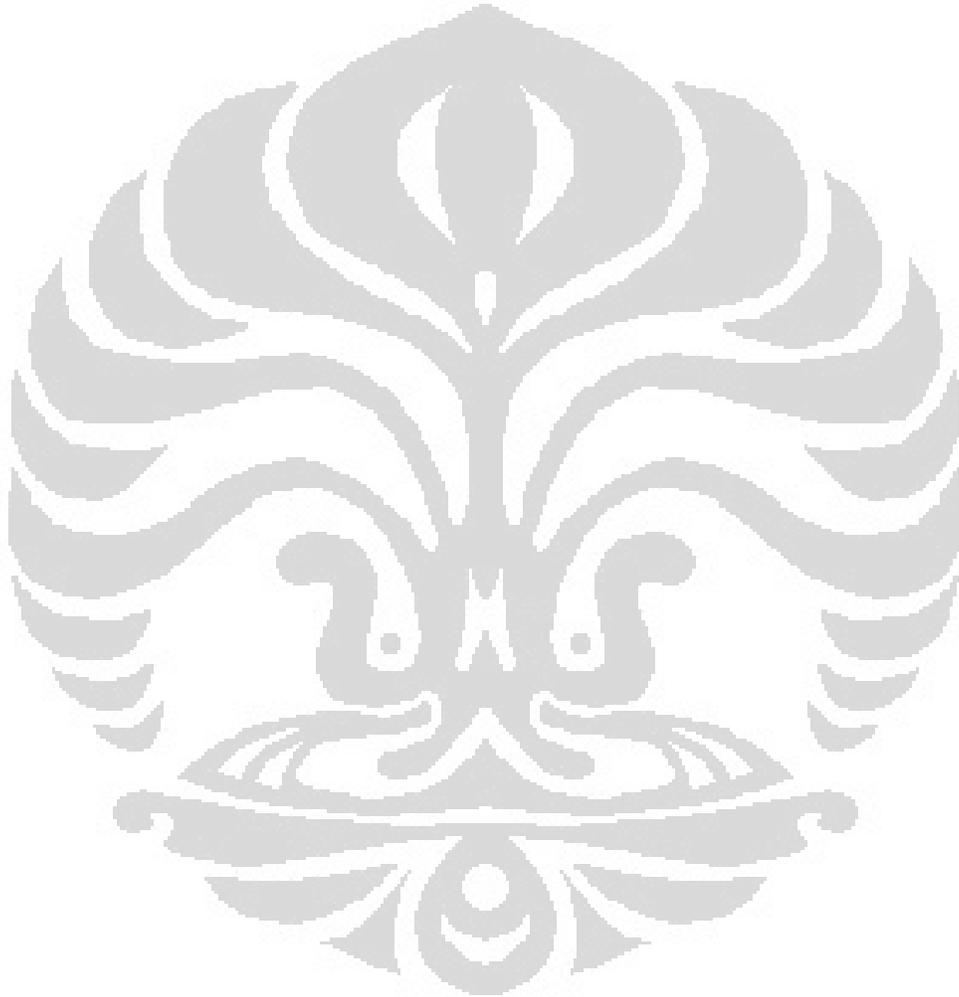
- **BAB IV ANALISA PERHITUNGAN DAN PENGOLAHAN DATA**

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

3.1 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*).

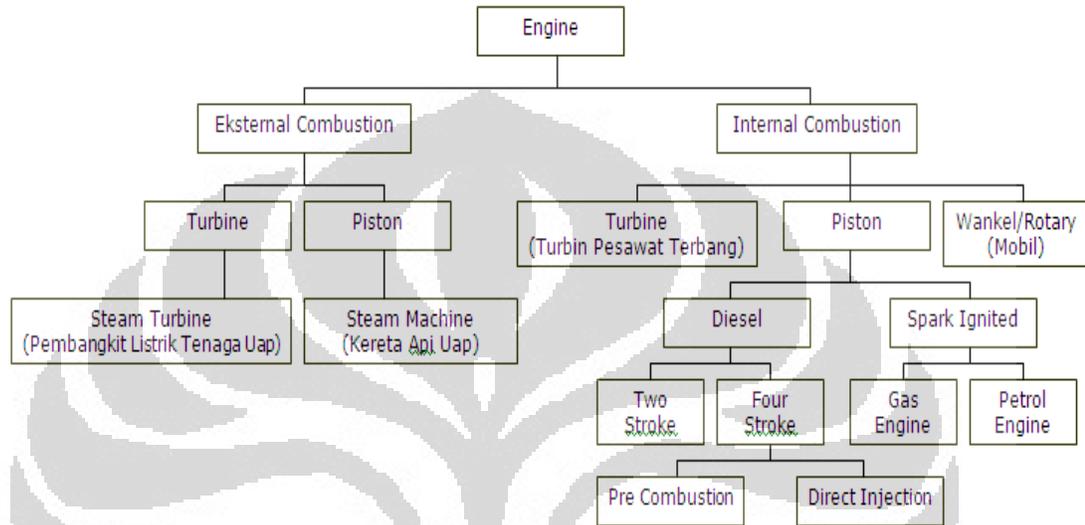
Berdasarkan metode penyalan campuran bahan bakar-udara, motor pembakaran dalam diklasifikasikan menjadi *spark ignition engine* dan *compression ignition engine*. Dalam proses pembakaran tersebut, bagian-bagian motor yang telah disebutkan di atas akan melakukan gerakan berulang yang dinamakan siklus. 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 mempergunakan bahan bakar bensin.

3.1.1 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

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*.

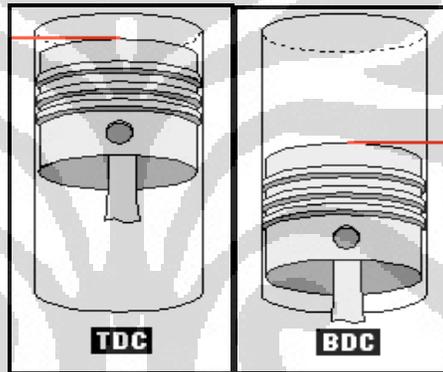
Eksternal combustion engine selanjutnya dapat dibagi menjadi dua golongan, yaitu: *turbine* dan *piston*. Pada *engine* jenis *internal combustion* penggolongan *engine* selanjutnya terdiri dari: *engine piston*, *turbine* dan *wenkel* atau *rotary*. Berdasarkan perlu tidaknya percikan bunga api untuk 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 ke dalam 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.

3.1.2 Istilah-Istilah Pada Engine (Mesin Otto)

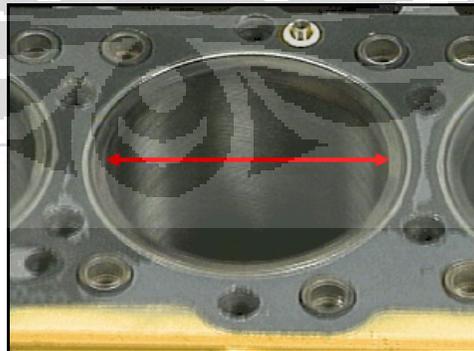
Beberapa terminology/istilah yang banyak digunakan dalam membahas *Engine* Otto.

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



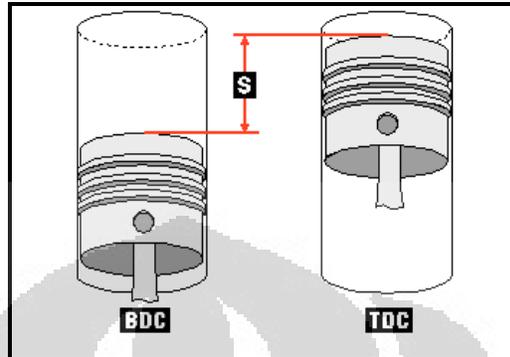
Gambar 2.2 Gambar TDC dan BDC

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



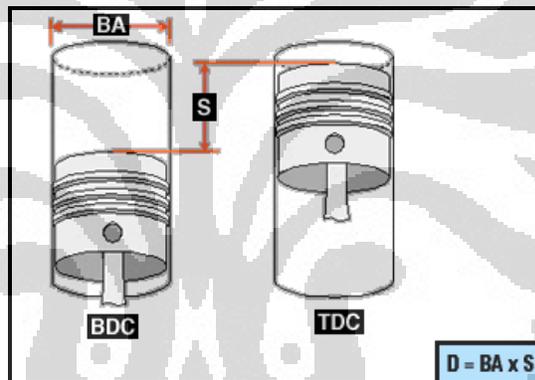
Gambar 2.3 Gambar Bore Engine

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



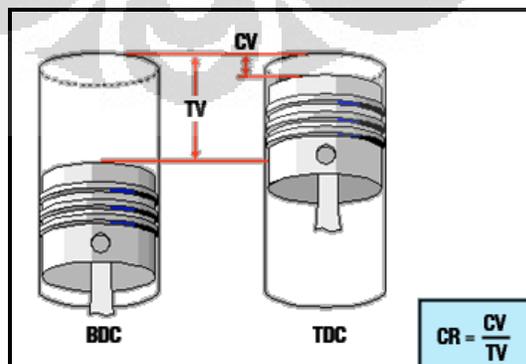
Gambar 2.4 Gambar Stroke

- *Displacement*: Bore Area X Stroke.



Gambar 2.5 Gambar Displacement

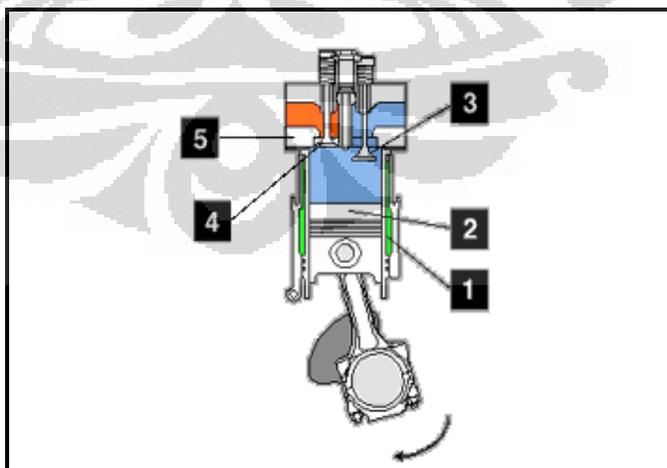
- *Compression ratio*: Total volume (BDC)/compression volume (TDC).



Gambar 2.6 Gambar 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

No 1: *Cylinder Liner*

No 2: *Piston*

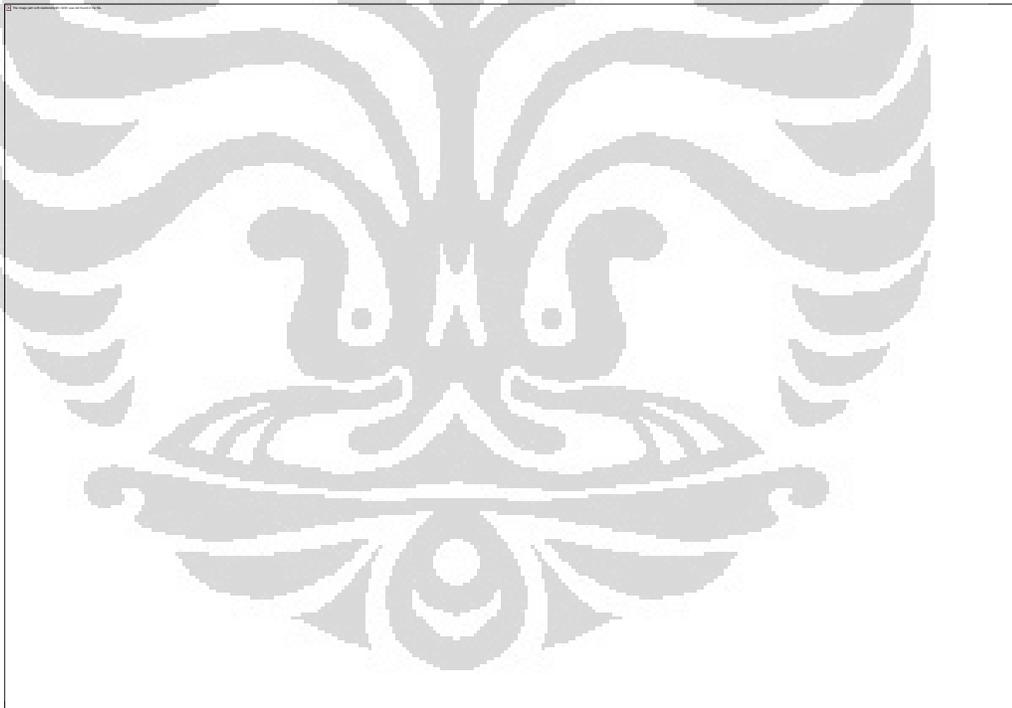
No 3: *Intake valve*

No 4: *Exhaust valve*

No 5: *Cylinder Head*

3.1.3 Siklus Kerja Motor Otto

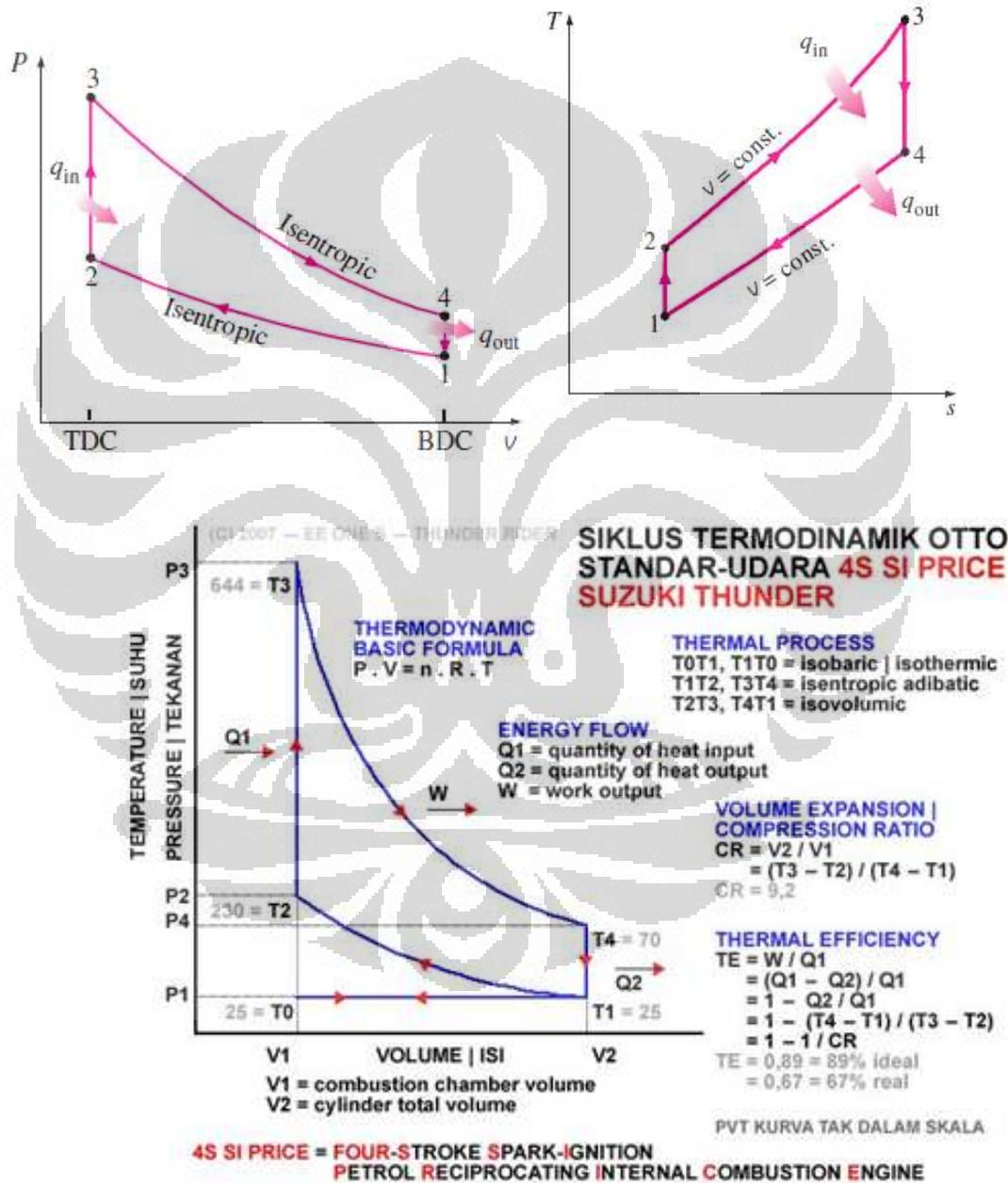
Pada mesin 4 langkah, torak bergerak bolak-balik dalam silinder dari Titik Mati Atas (TMA) menuju Titik Mati Bawah (TMB) sebanyak 4 kali atau 2 putaran engkol untuk memenuhi 1 siklus kerja. Jarak yang ditempuh torak selama gerakan bolak-balik disebut dengan *stroke* atau langkah torak. Langkah-langkah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



Gambar 2.8 Urutan siklus kerja motor bakar 4 langkah

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

Langkah-langkah pada mesin Otto 4 langkah dapat dilihat pada gambar 2.1. 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.

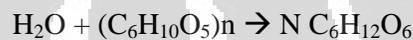
3.2 PENGERTIAN BIOETHANOL

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 (15oC) dan titik didih sebesar 78,32oC 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 25-30oC dan kadar gula 10-18 %. Etil-Alkohol (CH₃CH₂OH) 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 ½ -1 % piridin dan diberi warna memakai 0,0005% metal violet.

2. Alkohol Murni (96,0 – 96,5 °GL)

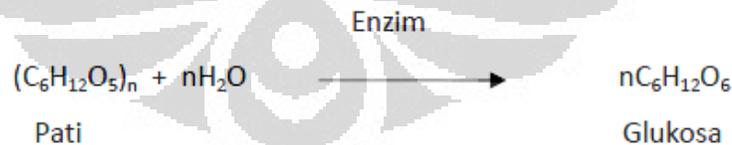
Digunakan terutama untuk kepentingan farmasi dan konsumsi misal untuk minuman keras.

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.

3.2.1 Pembuatan Ethanol Secara Fermentasi

Proses fermentasi dimaksudkan untuk mengubah glukosa menjadi etanol dengan menggunakan *yeast*. Alkohol yang diperoleh dari proses fermentasi ini biasanya alkohol dengan kadar 8–10 persen volume. Bahan baku untuk pembuatan etanol secara fermentasi ini dapat berasal dari pati, selulosa dan juga bahan-bahan yang mengandung gula. Reaksi pembuatan etanol dengan fermentasi sebagai berikut:



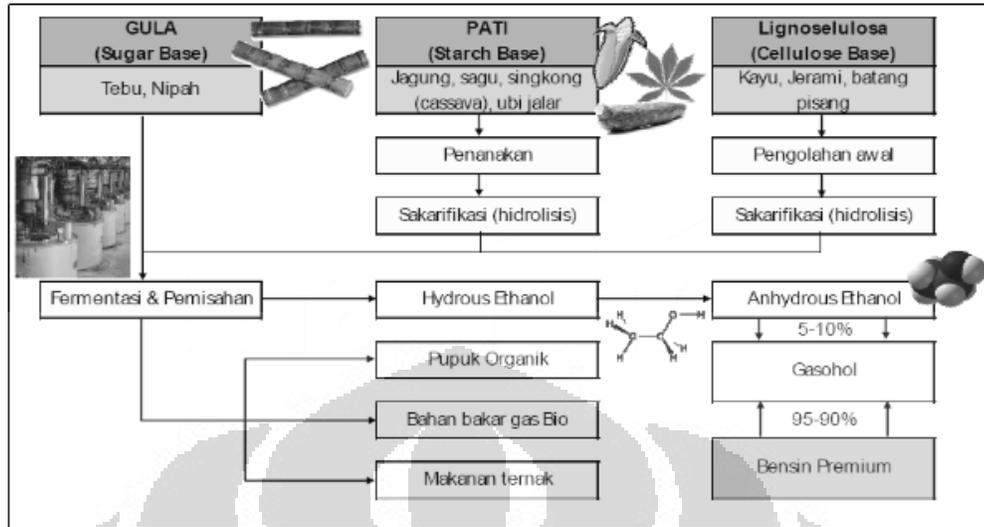
Bahan Baku yang sering digunakan untuk pembuatan etanol dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu:

- Bahan bergula (sugary materials) :
Tebu dan sisa produknya (molase, bagase), gula bit, tapioca, kentang manis, sorghum manis, dan sebagainya.
- Bahan-bahan berpati (starchy materials) :
Tapioka, maizena, barley, gandum, padi, kentang, jagung dan ubi kayu
- *Bahan-bahan lignoselulosa (lignosellulosic material) :*
Sumber selulosa dan lignoselulosa berasal dari limbah pertanian dan kayu. Dari berbagai bahan baku tersebut akan dipilih bahan baku yang paling efisien untuk dibuat bioetanol. Salah satu pertimbangan yang sering digunakan adalah besarnya konversi biomassa menjadi bioetanol seperti yang disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Konversi Biomassa Menjadi Bioethanol



Tabel 2.1 menunjukkan bahwa bahan baku yang memiliki efisiensi tertinggi adalah jagung, kemudian disusul dengan tetes tebu dan ubi kayu, sedangkan tebu memiliki efisiensi paling rendah. Hal ini terlihat menunjang dan ada hubungannya dengan kebijakan Amerika yang memilih jagung sebagai bahan baku produksi bioetanol bukan tetes tebu atau gula. Namun biaya pengolahan bioetanol dari jagung atau bahan berpati biasanya relatif mahal karena membutuhkan proses dan peralatan tambahan sebelum proses fermentasi.



Gambar 2.10 Diagram Alir Fermentasi Eθανol dan Berbagai Bahan Baku

3.2.2 Destilasi Eθανol

Secara sederhana distilasi adalah proses pemisahan bahan cairan berdasarkan perbedaan titik didihnya. Distilasi etanol berarti memisahkan etanol dengan air. Air mendidih pada suhu 100°C. Pada suhu ini air yg berada pada bentuk/fase cair akan berubah menjadi uap/fase gas. Meskipun kita panaskan terus suhu tidak akan naik (asal tekanan sama). Air akan terus berubah jadi uap dan lama kelamaan habis. Eτανol mendidih pada suhu 79°C. Seperti halnya air, etanol berubah dari cair menjadi uap. Ada perbedaan suhu cukup besar dan ini dijadikan dasar untuk memisahkan etanol dari air.

Jadi prinsip kerja distilasi etanol kurang lebih seperti ini. Pertama cairan fermentasi dipanaskan sampai suhu titik didih etanol. Kurang lebih 79°C, tapi biasanya pada suhu 80-81°C. Eτανol akan menguap dan uap etanol ditampung/dialurkan melalui tabung. Di tabung ini suhu uap etanol diturunkan sampai di bawah titik didihnya. Eτανol akan berubah lagi dari fase gas ke fase cair. Selanjutnya etanol yang sudah mencair ditampung di bak-bak penampungan.

Kalau kita perhatikan, termometer akan bergerak ke suhu kesetimbangan air-etanol, sekitar 80°C. Jarum termometer akan tetap pada suhu ini sampai kadar etanolnya berkurang. Jarum termometer akan bergerak naik, ini menunjukkan

Kalau kadar etanolnya mulai berkurang. Dalam proses ini pengaturan suhu adalah bagian paling penting. Kalau kita bisa mempertahankan suhu pada titik didih etanol, kadar etanol yang diperoleh akan semakin tinggi. Meskipun kita sudah mempertahankan suhu sebaik mungkin. Uap air akan selalu terbawa, ada sedikit air yang ikut menguap. Ini yang menyebabkan distilasi tidak bisa menghilangkan semua air. Kadar maksimal yang bisa diperoleh sekitar 95%. Ini dikerjakan oleh tenaga yang sudah trampil. Kalau operatornya belum berpengalaman bisa lebih rendah dari itu. Sisa air yang 5% bisa dihilangkan dengan proses dehidrasi.

Meskipun tampaknya prinsip distilasi etanol tampak sederhana, pada prakteknya tidaklah mudah. Apalagi dalam skala yang besar. Mendesain distilator merupakan tantangan tersendiri. Saat ini banyak desain distilator di pasaran. Distilator yang baik adalah distilator yang bisa menghasilkan etanol dengan tingkat kemurnian tinggi. Selain itu lebih efisien dalam penggunaan energi.

3.2.3 Bioethanol Sebagai Bahan Bakar

Penggunaan alkohol sebagai bahan bakar mulai diteliti dan diimplementasikan di USA dan Brazil sejak terjadinya krisis bahan bakar fosil di kedua negara tersebut pada tahun 1970-an. Brazil tercatat sebagai salah satu negara yang memiliki keseriusan tinggi dalam implementasi bahan bakar alcohol untuk keperluan kendaraan bermotor dengan tingkat penggunaan bahan bakar ethanol saat ini mencapai 40% secara nasional (*Nature, 1 July 2005*). Di USA, bahan bakar relatif murah, E85, yang mengandung ethanol 85% semakin populer di masyarakat (*Nature, 1 July 2005*).

Selain ethanol, methanol juga tercatat digunakan sebagai bahan bakar alcohol di Rusia (Wikipedia), sedangkan Kementerian Lingkungan Hidup Jepang telah menargetkan pada tahun 2008 campuran gasolin + ethanol 10kan digunakan untuk menggantikan gasolin di seluruh Jepang. Kementerian yang sama juga meminta produsen otomotif di Jepang untuk membuat kendaraan yang mampu beroperasi dengan bahan bakar campuran tersebut mulai tahun 2003 (*The Japan Times, 17 December 2002*).

Pemerintah Indonesia, dalam hal ini Kementrian Negara Riset dan Teknologi telah menargetkan pembuatan minimal satu pabrik biodiesel dan gasohol (campuran gasolin dan alkohol) pada tahun 2005-2006. Selain itu, ditargetkan juga bahwa penggunaan bioenergy tersebut akan mencapai 30 hari pasokan energi nasional pada tahun 2025 (*Kompas*, 26 Mei 2005). Ethanol bias digunakan dalam bentuk murni ataupun sebagai campuran untuk bahan bakar gasolin (bensin) maupun hidrogen. Interaksi ethanol dengan hidrogen bias dimanfaatkan sebagai sumber energi *fuel cell* ataupun dalam mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) konvensional.

3.2.4 Penggunaan Bioethanol Pada Mesin Pembakaran Dalam

Dewasa ini, hampir seluruh mesin pembangkit daya yang digunakan pada kendaraan bermotor menggunakan mesin pembakaran dalam. Mesin bensin (Otto) dan diesel adalah dua jenis mesin pembakaran dalam yang paling banyak digunakan di dunia. Mesin diesel, yang memiliki efisiensi lebih tinggi, tumbuh pesat di Eropa, sedangkan komunitas USA yang cenderung khawatir pada tingkat polusi sulfur dan UHC pada diesel, lebih memilih mesin bensin. Meski saat ini, mutu solar dan mesin diesel yang digunakan di Eropa sudah semakin baik yang berimplikasi pada rendahnya emisi sulfur dan UHC. Ethanol yang secara teoritik memiliki angka oktan di atas standard maksimal bensin, cocok diterapkan sebagai substitusi sebagian ataupun keseluruhan pada mesin bensin.

Terdapat beberapa karakteristik internal ethanol yang menyebabkan penggunaan ethanol pada mesin Otto lebih baik daripada gasolin. Ethanol memiliki angka *research octane* 108.6 dan *motor octane* 89.7 (Yuksel dkk, 2004). Angka tersebut terutama *research octane*) melampaui nilai maksimal yang mungkin dicapai oleh gasolin (pun setelah ditambahkan aditif tertentu pada gasolin). Sebagai catatan, bensin yang dijual Pertamina memiliki angka *research octane* 88 (Website Pertamina) (catatan: tidak tersedia informasi *motor octane* untuk gasolin di Website Pertamina, namun umumnya *motor octane* lebih rendah daripada *research octane*).

Angka oktan pada bahan bakar mesin Otto menunjukkan kemampuannya menghindari terbakarnya campuran udara-bahan bakar sebelum waktunya (*selfignition*). Terbakarnya campuran udara-bahan bakar di dalam mesin Otto

sebelum waktunya akan menimbulkan fenomena ketuk (knocking) yang berpotensi menurunkan daya mesin, bahkan bisa menimbulkan kerusakan serius pada komponen mesin. Selama ini, fenomena ketuk membatasi penggunaan rasio kompresi (perbandingan antara volume silinder terhadap volume sisa) yang tinggi pada mesin bensin. Tingginya angka oktan pada ethanol memungkinkan penggunaan rasio kompresi yang tinggi pada mesin Otto. Korelasi antara efisiensi dengan rasio kompresi berimplikasi pada fakta bahwa mesin Otto berbahan bakar ethanol (sebagian atau seluruhnya) memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar gasoline (Yuksel dkk, 2004), (Al-Baghdadi, 2003). Untuk rasio campuran ethanol:gasoline mencapai 60:40 tercatat peningkatan efisiensi hingga 10 Yuksel dkk, 2004).

Ethanol memiliki satu molekul OH dalam susunan molekulnya. Oksigen yang inheren di dalam molekul ethanol tersebut membantu penyempurnaan pembakaran antara campuran udara-bahan bakar di dalam silinder. Ditambah dengan rentang keterbakaran (flammability) yang lebar, yakni 4.3 -19 vol dibandingkan dengan gasoline yang memiliki rentang keterbakaran 1.4 -7.6 vol pembakaran campuran udara-bahan bakar ethanol menjadi lebih baik -ini dipercaya sebagai faktor penyebab relatif rendahnya emisi CO dibandingkan dengan pembakaran udara-gasolin. Ethanol juga memiliki panas penguapan (heat of vaporization) yang tinggi, yakni 842 kJ/kg (Al-Baghdadi, 2003). Tingginya panas penguapan ini menyebabkan energi yang dipergunakan untuk menguapkan ethanol lebih besar dibandingkan gasolin. Konsekuensi lanjut dari hal tersebut adalah temperatur puncak di dalam silinder akan lebih rendah pada pembakaran ethanol dibandingkan dengan gasolin.

Rendahnya emisi NO, yang dalam kondisi atmosfer akan membentuk NO₂ yang bersifat racun, dipercaya sebagai akibat relatif rendahnya temperatur puncak pembakaran ethanol di dalam silinder. Pada rasio kompresi 7, penurunan emisi NO_x tersebut bisa mencapai 33% dibandingkan terhadap emisi NO_x yang dihasilkan pembakaran gasolin pada rasio kompresi yang sama (Al-Baghdadi, 2003). Dari susunan molekulnya, ethanol memiliki rantai karbon yang lebih pendek dibandingkan gasolin (rumus molekul ethanol adalah C₂H₅OH, sedangkan gasolin memiliki rantai C₆-C₁₂ (Wikipedia) dengan perbandingan

antara atom H dan C adalah 2:1 (Rostrup-Nielsen, 2005)). Pendeknya rantai atom karbon pada ethanol menyebabkan emisi UHC pada pembakaran ethanol relatif lebih rendah dibandingkan dengan gasolin, yakni berselisih hingga 130 ppm (Yuksel dkk, 2004).

Dari paparan di atas, terlihat bahwa penggunaan ethanol (sebagian atau seluruhnya) pada mesin Otto, positif menyebabkan kenaikan efisiensi mesin dan turunnya emisi CO, NO_x, dan UHC dibandingkan dengan penggunaan gasolin. Namun perlu dicatat bahwa emisi aldehyde lebih tinggi pada penggunaan ethanol, meski bahaya emisi aldehyde terhadap lingkungan adalah lebih rendah daripada berbagai emisi gasolin (Yuksel dkk, 2004). Selain itu, pada prinsipnya emisi CO₂ yang dihasilkan pada pembakaran ethanol juga akan dipergunakan oleh tumbuhan penghasil ethanol tersebut. Sehingga berbeda dengan bahan bakar fosil, pembakaran ethanol tidak menciptakan sejumlah CO₂ baru ke lingkungan. Terlebih untuk kasus di Indonesia, dimana bensin yang dijual Pertamina masih mengandung timbal (TEL) sebesar 0.3 g/L serta sulfur 0.2 wt (Website Pertamina), penggunaan ethanol jelas lebih baik dari bensin. Seperti diketahui, TEL adalah salah satu zat aditif yang digunakan untuk meningkatkan angka oktan bensin dan zat ini telah dilarang di berbagai negara di dunia karena sifat racunnya. Keberadaan sulfur juga menjadi perhatian di USA dan Eropa karena dampak yang ditimbulkannya bagi kesehatan.

Ethanol murni akan bereaksi dengan karet dan plastik (Wikipedia). Oleh karena itu, ethanol murni hanya bisa digunakan pada mesin yang telah dimodifikasi. Dianjurkan untuk menggunakan karet fluorokarbon sebagai pengganti komponen karet pada mesin Otto konvensional. Selain itu, molekul ethanol yang bersifat polar akan sulit bercampur secara sempurna dengan gasolin yang relatif non-polar, terutama dalam kondisi cair. Oleh karena itu modifikasi perlu dilakukan pada mesin yang menggunakan campuran bahan bakar ethanolgasolin agar kedua jenis bahan bakar tersebut bisa tercampur secara merata di dalam ruang bakar. Salah satu inovasi pada permasalahan ini adalah pembuatan karburator tambahan khusus untuk ethanol (Yuksel dkk, 2004). Pada saat langkah hisap, uap ethanol dan gasolin akan tercampur selama perjalanan dari karburator hingga ruang bakar memberikan tingkat pencampuran yang lebih baik.

3.3 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_x), nitrogen oksida (NO_x) dan hidrokarbon (HC) langsung dibuang ke udara bebas dan mempertahankan bentuknya seperti pada saat pembuangan. Polutan sekunder seperti ozon (O₂) adalah polutan yang terbentuk di atmosfer melalui reaksi fotokimia, hidrolisis atau oksidasi.

3.3.1 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 (CO₂) dan air(H₂O). Bentuk emisi hidrokarbon dipengaruhi oleh banyak variable desain dan operasi. Salah satunya dapat disebabkan karena penyalaan yang tidak stabil (*misfire*). Oksidasi dari hidrokarbon 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 dibiarkan, ECU akan terus menerus berusaha membuat AFR menjadi kaya karena membaca bahwa masih ada oksigen yang tidak terbakar ini. Akibatnya CC akan mengalami overheating.

3.3.2 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 CO₂. 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 CO₂ 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.

3.3.3 Karbon Dioksida (CO₂)

Konsentrasi CO₂ menunjukkan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar. Semakin tinggi maka semakin baik. Saat AFR berada di angka ideal, emisi CO₂ berkisar antara 12% sampai 15%. Apabila AFR terlalu kurus atau terlalu kaya, maka emisi CO₂ akan turun secara drastis. Apabila CO₂ berada dibawah 12%, maka kita harus melihat emisi lainnya yang menunjukkan apakah AFR terlalu kaya atau terlalu kurus.

Perlu diingat bahwa sumber dari CO₂ ini hanya ruang bakar dan CC (*Catalytic Converter*). Apabila CO₂ terlalu rendah tapi CO dan HC normal, menunjukkan adanya kebocoran *exhaust pipe*.

3.3.4 Oksigen (O₂)

Konsentrasi dari oksigen di gas buang kendaraan berbanding terbalik dengan konsentrasi CO₂. Untuk mendapatkan proses pembakaran yang sempurna, maka kadar oksigen yang masuk ke ruang bakar harus mencukupi untuk setiap molekul hidrokarbon.

Untuk mengurangi emisi HC, maka dibutuhkan sedikit tambahan udara atau oksigen untuk memastikan bahwa semua molekul bensin dapat “bertemu” dengan molekul oksigen untuk bereaksi dengan sempurna. Ini berarti AFR 14,7:1 ($\lambda = 1.00$) sebenarnya merupakan kondisi yang sedikit kurus. Inilah yang menyebabkan oksigen dalam gas buang akan berkisar antara 0.5% sampai 1%.

Pada mesin yang dilengkapi dengan CC, kondisi ini akan baik karena membantu fungsi CC untuk mengubah CO dan HC menjadi CO₂.

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_x 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.

3.3.5 Nitrogen Oksida (NO_x)

Komponen utama dari NO_x adalah nitrogen oksida (NO) yang dapat dikonversikan lagi menjadi nitrogen dioksida (NO₂) dan nitrogen tetraoksida (N₂O₄). Oksida-oksida nitrogen (NO_x) 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 N₂ bereaksi dengan O₂. Jika terdapat N₂ dan O₂ pada temperatur lebih dari 1800 °C, akan terjadi reaksi pembentukan gas NO sebagai berikut:



Di udara, NO mudah berubah menjadi NO₂. Komposisi NO_x di dalam gas buang terdiri dari 95% NO, 3-4% NO₂, dan sisanya adalah N₂O serta N₂O₃.

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 NO₂ dapat menimbulkan iritasi terhadap paru-paru. Bila konsentrasi cemaran NO_x dan SO_x di atmosfer tinggi, maka akan diubah menjadi HNO₃ dan H₂SO₄. Adanya hidrokarbon, NO₂, oksida logam Mn (II), Fe (II), Ni (II), dan Cu (II) mempercepat reaksi SO₂ menjadi H₂SO₄. HNO₃ dan H₂SO₄ bersama-sama dengan HCl dari emisi HCl menyebabkan derajat keasaman (pH) hujan menjadi rendah (hujan asam). (chem-is-try.org/NO_x-Sox-NO₂).

Tingginya konsentrasi senyawa NO_x disebabkan karena tingginya konsentrasi oksigen ditambah dengan tingginya suhu ruang bakar. Untuk menjaga agar konsentrasi 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 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 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 NO_x. Mesin yang sering detonasi juga akan menyebabkan tingginya konsentrasi NO_x.

3.3.6 Udara Berlebih (*Excess Air*)

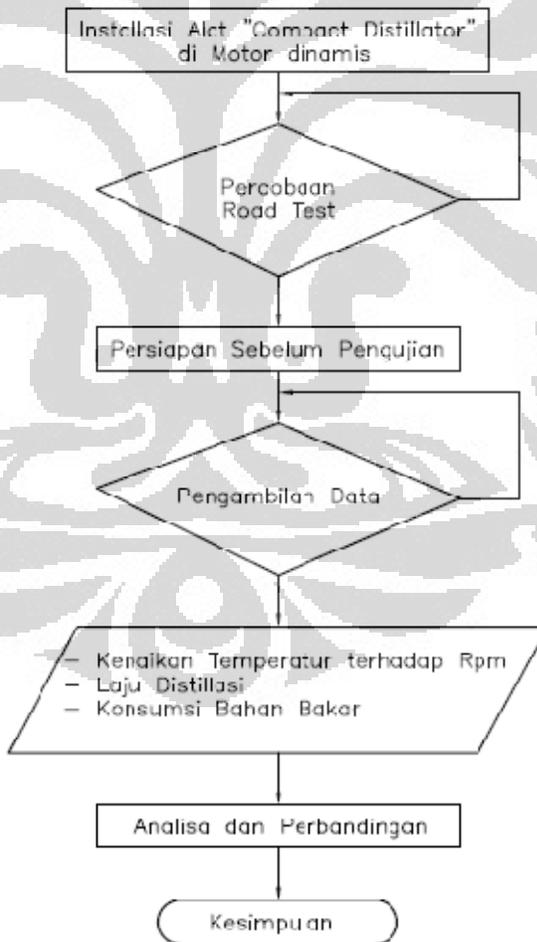
Perhitungan-perhitungan pembakaran harus terkait dengan persyaratan perlengkapan pembakaran aktual dimana perlengkapan tersebut masih laik pakai. Nilai udara stoikiometri mendefinisikan suatu proses pembakaran dengan efisiensi 100%, sehingga tidak ada lagi udara yang terbuang. Pada kenyataannya, untuk 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

6.1 METODE EKSPERIMENTAL

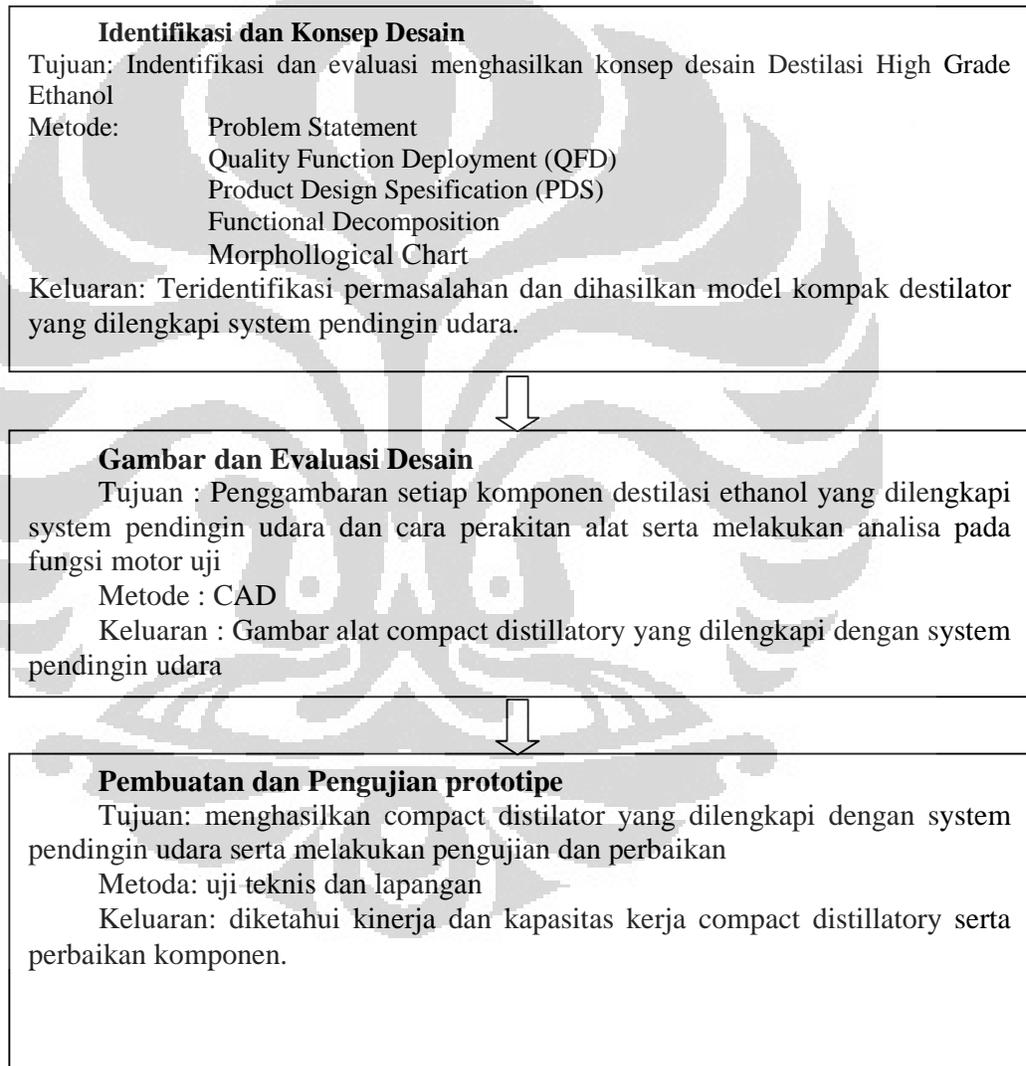
Dalam penelitian ini digunakan metode penelitian eksperimental untuk mendapat tujuan utama dari penelitian ini. Penelitian eksperimental yaitu metode yang dapat dipakai untuk menguji kerja *compact distillator* dan pengaruh unjuk kerja *low grade ethanol* dari pemanfaatan panas gas buang motor bakar dinamis sebagai sumber energi dengan perbedaan putaran *engine*. Pemanfaatan panas gas buang motor sebagai sumber pemanas *distillator* dianalisa untuk mengetahui pengaruh terhadap laju destilasi dari *low grade ethanol* yang digunakan dalam uji eksperimental.



Gambar 3.1 Flow Chart

Pada penelitian ini pengujian dilakukan dengan menggunakan bahan destilat bioethanol dengan kadar konsentrasi alkohol 30% dan *engine* menggunakan bahan bakar premium dengan dipasang *compact distillator* pada bagian leher knalpot, kondisi tanpa beban (*unload*), dan pengukuran gas buang yang dihasilkan serta laju konsumsi bahan bakar terhadap laju produksi destilasi bioethanol.

6.2 DESAIN PROSES PEMBUATAN ALAT *COMPACT DISTILLATOR*



Identifikasi dan konsep desain

Metode:

1. Problem statement

Semakin tinggi kadar etanol, semakin bagus performanya sebagai bahan bakar. Tetapi, etanol bersifat higroskopis (mudah menarik molekul air dari kelembaban udara). Karena Indonesia berudara lembab, hal ini dapat menjadi masalah serius. Semakin tinggi kadar etanol, semakin banyak kadar air yang ikut tercampur. Hal inilah yang menyebabkan masalah serius pada mesin kendaraan. Kandungan air yang tinggi pada bioetanol bukan hanya menyebabkan masalah karat di tangki, bila air masuk ke *fuel line*, proses pengapian akan terganggu sehingga kendaraan menjadi sulit untuk dihidupkan. Di samping itu, etanol yang dihasilkan masih mengandung kadar glukosa sekitar 5 %. Adanya impuritas juga menyebabkan menurunnya performa mesin dan kerusakan alat. Dengan demikian, penggunaan bahan bakar bioetanol masih membutuhkan suatu penerapan teknologi pemurnian bahan bakar bioetanol dan sosialisasi penyiapan bahan bakar tersebut kepada masyarakat. Pada saat ini, proses produksi bioetanol dengan fermentasi menghasilkan yield sebesar 9-11%. Untuk proses pemurniannya digunakan metode distilasi. Tetapi metode destilasi hanya bisa digunakan bila yield yang dihasilkan minimal sebesar 9%. Sedangkan untuk yield di bawah 9%, belum ada metode memadai untuk proses pemurniannya.

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

- Bagaimana cara pemurnian bioetanol dengan metode adsorpsi hidrofobik (Adsorpsi merupakan suatu peristiwa terkontakannya partikel padatan dan cairan pada kondisi tertentu sehingga sebagian cairan terjerap di permukaan padatan dan konsentrasi cairan yang tidak terjerap mengalami perubahan (Brown, 1950).).
- Apa adsorbent yang paling tepat digunakan dalam pemurnian bioetanol.
- Bagaimana pengaruh waktu terhadap hasil pemurnian bioetanol.
- Bagaimana pengaruh ukuran adsorbent (evaporator) terhadap hasil pemurnian bioetanol.

2. Quality Function Deployment (QFD)

Metode Quality Function Deployment adalah suatu metodologi pengembanganyang 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 pemurnian ethanol. Contohnya yaitu pemilihan material pembuat alat compact destilator yang disesuaikan dengan karakteristik dari ethanol sebagai media yang akan didestilasi.

3. Product Design Spesification (PDS)

PDS (*Product Design Specification*) merupakan dokumen formal yang mengaitkan antara fungsi alat destilasi secara ekonomi dan fungsi teknik. Tujuan PDS disini adalah untuk mengkonversikan kebutuhan alat compact distillator yang diidentifikasi menjadi fungsi-fungsi dan batasan-batasan desain produk, pabrikasi dan kemarnpuan 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 compact distillator 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 compact distillator.

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 daari 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 *compact distillatory*.
- 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.

Gambar dan Evaluasi Desai

Setelah dilakukan analisa terhadap dimensi yang tersedia di motor uji dan diidentifikasi model *compact distillator* yang paling sederhana maka didapatkan dimensi maksimal dari alat compact distillatory yang disesuaikan dengan dimensi yang ada. Dimana didapatkan dimensi maksimal dari komponen-komponen compact distillator yaitu:

Spesifikasi Evaporator :

- Dimensi tabung dalam : Ø 88,9 mm
- Dimensi tabung luar : Ø 90,2 mm
- Jumlah pipa Ø 14 mm : 2 buah
- Jumlah shock lurus 1/4” : 1 buah
- Jumlah L-Bow 1/2” : 1 buah
- Kapasitas kolom : 1.4 liter
- Material utama : Stainless Steel 316L

Spesifikasi kolom destilasi (Sparator) :

- Dimensi tabung dalam : Ø 50,5 mm
- Dimensi tabung luar : Ø 50,8 mm
- Panjang : 200 mm
- Jumlah L-Bow 1/2" : 2 buah
- Plat *Perforate* #4 SS316
- Material utama : *Stainless Steel*

Spesifikasi Heat Exchanger (Kondensor):

- Dimensi tabung dalam : Ø 10 mm
- Dimensi tabung luar : Ø 11 mm
- Jumlah L-Bow 1/2" : 2 buah
- Panjang pipa Heat Exchanger : 889 m m
- Material Fin : Alumunium
- Material pipa : tembaga 3/8"
-

Pembuatan dan Pengujian prototype

Pembuatan dari alat compact distillatory yang sudah dirancang dan digambar dilakukan di beberapa workshop yang khusus menangani setiap bagian-bagian dari pembentuk alat compact distillatory.

- Untuk pembuatan unit evaporator dan separator 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. Pemilihan lokasi pembuatan disesuaikan dari material yang dipakai untuk membuat komponen evaporator dan separator yaitu dengan menggunakan bahan stainless steel 304.
- Sedangkan untuk pembuatan dari Heat Exchanger sesuai rancangan yang sudah digambar yaitu di Workshop Benny Radiator yang beralamat di Mega Sparepart Asem Reges Blok D22 No.2A Jakarta.

Setelah masing-masing komponen sudah selesai diproduksi dan kemudian bias untuk dilakukan perakitan di media motor uji, maka selanjutnya dilakukan

pengujian terhadap kebocoran pada setiap sambungan dari alat compact distillatory. 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 mendapatkan kadar ethanol yang bias digunakan untuk bahan bakar tambahan pada kendaraan yaitu ethanol kadar tinggi diatas 80% yang kemudian akan dilakukan re-distilasi untuk mendapat kadar ethanol yang lebih tinggi yaitu kadar ethanol diatas 95%.

6.3 PERALATAN UJI

1 Bahan Bakar Premium

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

Tabel 3.1. Spesifikasi Bahan Bakar Premium

Jenis	Bensin tanpa Timbal
Nilai Kalor Spesifik	11973 Kkal/Kg

Sumber : Wikipedia

2 Bahan Bioethanol

Tabel 3.2. Spesifikasi Bahan Bakar Bioethanol

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

Sumber : Wikipedia

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 Etanol

Jenis	Aquades
Nilai Kalor Spesifik	1 Kkal/Kg

Sumber : Wikipedia

4 Sepeda Motor Suzuki Thunder 125 cc

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

Tabel 3.4. Spesifikasi Sepeda Motor Thunder 125cc

Generator	
Jenis	4 Langkah, berpendingin udara, OHC
Diameter	57.0 mm
Langkah Piston	48.8 mm
Volume Silinder	124 cm ³
Perbandingan Kompresi	9.2 : 1
Karburator	Tipe Mikuni BS26SS
Saringan Udara	Elemen Busa Polyurethane
Sistem Starter	Listrik
Sistem Pelumasan	Terendam (<i>Wet Sump</i>)
Bahan Bakar	Bensin tanpa timbale
Jenis Pengapian	Pengapian Elektronik (Transistor)
Busi	NGK CR8E
Celah Busi	0.6-0.7 mm
Celah Katup (Mesin Dingin)	Katup Hisap : 0.04-0.07 mm Katup Buang : 0.13-0.18 mm
Oli Mesin	Klasifikasi SG dan Viskositas SAE 20W-50
Tekanan Angin Ban	Ban Depan : 175 kPa Ban Belakang : 225 kPa

Battery	12V 28.8kc 7Ah 10HR
---------	---------------------

5 Gas Analyzer

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

Tabel 3.5. 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 ₂	0 - 19,99	% Vol res 0.1
HC	0 - 9999	ppm Vol res 1
O ₂	0 - 4	% Vol res 0.01
	4 - 25,0	% Vol res 0.1
NO _x	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 probe 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	

6 Thermometer

Thermometer digunakan untuk mengamati perubahan temperatur yang terjadi selama proses distilasi.

Tabel 3.6. Spesifikasi Thermometer

Merek	Krisbow
Model	KW06-304
Jenis	Thermometer
Waktu respon	<1 detik
Power off	Otomatis setelah 7 detik
Temperatur Operasi	0 °C ke 50 °C
Ketelitian Termometer	± 2 °C
Satuan Temperature	°C, °F
Berat	290 g
Sumber Tegangan	1 Baterai @ 9 Volt
Ukuran	100 x 56 x 230 mm

7 *Tube Level*

Alat ukur ini digunakan untuk mengukur laju konsumsi bahan bakar.

Tabel 3.7. Spesifikasi Tube Level

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

8 *Gelas Ukur*

Tabel 3.8. Spesifikasi Gelas Ukur

Merek	Pyrex
Model	Iwaki Measuring Cylinder
Jenis	Gelas Ukur
Negara Pembuat	Amerika

Kapasitas	500 ml, 100ml
Ketelitian	± 5 ml

9 Pipet Tetes

Tabel 3.9. Spesifikasi Pipet Tetes

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

10 Alkohol Meter

Digunakan untuk mengukur konsentrasi bioethanol sebelum dan sesudah proses distilasi.

Tabel 3.10. Spesifikasi Alkohol Meter

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

11 Stop Watch

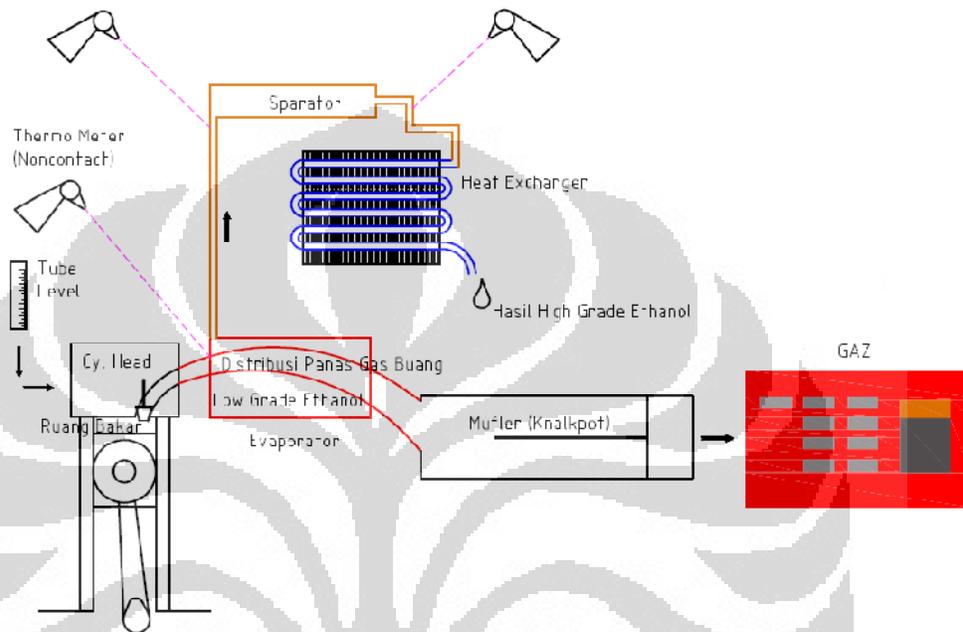
Alat ini digunakan untuk mengukur banyaknya waktu yang dibutuhkan selama proses distilasi, laju konsumsi bahan bakar dan sebagai alat ukur untuk menjaga konsistensi pengambilan data.

Tabel 3.11. Spesifikasi Stop Watch

Merek	Alba
Jenis	Sport Timer

Ketelitian	0.01 S
Negara Pembuat	China

6.4 SKEMATIK PERALATAN UJI



Gambar 3.2 Skema alat uji dengan compact distillator

1. Bahan bakar dari tube level mengalir ke karburator. Laju penurunan level bahan bakar yang terbaca di level tube nantinya diukur per satuan waktu menggunakan *stop watch*.
2. Udara mengalir dan tercampur dengan bahan bakar di karburator.
3. Campuran bahan bakar-udara dari karburator mengalir ke ruang bakar untuk dikompresikan dan dibakar dengan bantuan *spark plug*.
4. Hasil pembakaran di ruang bakar nantinya akan menghasilkan torque dan panas.
5. Selain itu, Pembakaran bahan bakar diruang bakar juga akan menghasilkan gas buang yang kondisinya masih panas yang dialirkan keluar ruang bakar melewati mekanisme komponen knalpot (*muffler*).

6. Gas buang yang melewati knalpot akan digunakan untuk memanaskan kolom distilator yang sudah terisi oleh bahan distilat dengan kadar etanol rendah (*low grade ethanol*).
7. Karena perpindahan panas dari *surface* knalpot ke bahan distilat maka diharapkan panas tersebut akan merubah fase bahan destilat dari cair menjadi gas (*vapor*).
8. Dengan memanfaatkan beda titik didih dari kandungan bahan distilat maka diharapkan distilat dengan kadar ethanol akan menguap terlebih dahulu.
9. Uap dari bahan distilat dengan kadar ethanol tinggi akan mengalir menuju ke separator, dengan mekanisme didalam separator diharapkan uap air yang ikut menguap akan terpisah dengan uap etanol.
10. Uap etanol dari hasil distilasi ini akan mengalir ke Kondenser (*Heat Exchanger*).
11. Di Kondenser uap etanol akan diubah menjadi cair kembali, cairan inilah yang akan menjadi bahan bakar tambahan dengan nilai kadar etanol tinggi (*high grade ethanol*).
12. Gas buang hasil pembakaran diruang bakar di analisa menggunakan *gaz analyzer* untuk mengetahui komposisinya dan *thermo meter* digunakan untuk mengetahui kenaikan temperatur pada alat *compact distillator*.

6.5 PROSEDUR dan STANDAR PENGUJIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium termodinamika terapan lantai satu gedung Laboratorium Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia Kampus baru Depok. Untuk melakukan pengujian alat compact distillator tidak memiliki standar yang baku secara nasional atau standar SNI. Jadi untuk melakukan pengujian dilakukan dengan pendekatan prosedur pengujian sesuai dengan penelitian sebelumnya yaitu dengan mengikuti prosedur sebagai berikut:

- 3.4.1 Persiapan dan pengaturan peralatan kerja.
- 3.4.2 Persiapan bahan bakar

Bahan bakar yang dipakai adalah jenis premium, yang ditampung menggunakan tube level untuk mengetahui laju aliran konsumsi bahan bakar per satuan waktu.

3.4.3 Persiapan bahan distilasi

Bahan distilasi kita dapatkan dari toko kimia dengan kadar 95% untuk mendapatkan variasi kadar etanol kita dapat menambahkan pengotor berupa air distilasi/aquadest dengan menggunakan gelas dan pipet tetes kemudian kita ukur kadarnya menggunakan alkohol meter sampai kadar yang dibutuhkan. Kadar yang dipakai untuk bahan distilasi yaitu *low grade ethanol* (kadar 30%).



Gambar 3.3. Proses Pencampuran etanol dengan pengotor (aquadest)

3.4.4 Persiapan Mesin dan Alat Ukur

1. Cek kondisi oli mesin, ganti bila perlu
2. Cek kondisi Busi dan karburator untuk menghindari mesin mati saat pengambilan data.



Gambar 3.4. Mengecek kondisi engine

3. *Running engine* pada putaran rendah (<2000rpm)*
4. Dalam setiap pengambilan data dilakukan pada saat temperature mesin dalam kondisi yang sama yaitu pada kisaran 30°C sampai 32°C..

3.4.5 *Gas Analyzer*

1. Nyalakan saklar power
2. Warming up ± 15 menit
3. Auto zero (kalibrasi otomatis) akan terulang dengan selang waktu tertentu secara otomatis
4. Stand by kondisi alat siap pakai
5. Masukkan probe sensor minimal 20 cm kedalam lubang muffler
6. Tekan tombol on (tombol deretan atas paling kiri)
7. Setelah selesai dan alat tidak akan dipakai dalam waktu lama tekan tombol off pump (tombol deretan atas kedua dari kiri)
8. Alat gas analyzer dalam kondisi stand by

3.4.6 Persiapan *thermo meter*

1. Setel temperature pada satuan °C pada tombol seting
2. Gunakan *thermo meter* untuk mengukur titik-titik yang akan diambil data untuk mendapat temperature awal sebagai patokan analisa kenaikan temperature.

3.4.7 Persiapan distilator (saat pengujian *engine* dengan *compact distillator*)

1. Isi kolom distilator dengan *low grade ethanol* sesuai kadar yang akan diuji (alcohol industry 30%).
2. Siapkan gelas ukur untuk menampung hasil high grade ethanol yang dihasilkan oleh alat *compact distillator*.

3.4.8 Pengambilan data

1. Laju konsumsi bahan bakar

Untuk pengambilan data laju konsumsi bahan bakar kita menggunakan *tube level* dan *stop watch*. Perubahan level bahan bakar yang terukur kita catat persatuan waktu yaitu tiap 10 ml dihitung berapa detik waktu yang dibutuhkan.



Gambar 3.5. Pengukuran laju konsumsi bahan bakar

2. Temperatur alat *Compact Distillator*

Dari *thermo-meter* tembak (*noncontact infrared thermometer*) yang digunakan bisa langsung terukur temperatur pada titik yang akan diukur temperaturnya (leher knalpot, saluran masuk separator, dan saluran masuk Kondenser) kemudian mencatat nilai yang terbaca di display digital thermo meter setiap 30 detik.



Gambar 3.6. Thermo meter

3. Komposisi gas buang dan temperature

Catat harga masing-masing komposisi gas buang setiap pergantian variasi putaran rpm *engine*. Ambil data tersebut saat display pada gas analyzer dalam kondisi konstan. Untuk temperature gas buang dapat dilihat pada display fluke thermo meter saat diarahkan ke leher knalpot.



Gambar 3.7. Komposisi gas buang pada display gas analyzer

6.6 PETUNJUK K3L

Ada beberapa poin bahaya yang dapat mengancam, dan berikut prosedur yang harus dilakukan untuk menghindari bahaya tersebut.

1. Bahaya kebisingan

Dari engine decibel (loudness) comparison chart (www.gcaudio.com) engine umum memiliki taraf kebisingan 100 dbel, untuk table OSHA daily permissible noise level exposures menunjukkan pada taraf kebisingan 100 dbel dianjurkan waktu kerja per harinya adalah 2 jam kerja.

Prosedur :

- a. Lakukan pengambilan data diruang terbuka dan sepi untuk menghindari kebisingan dan mencegah lingkungan terganggu.
- b. Memberi bahan tambah pada muffler, dengan harapan suara bias teredam.
- c. Gunakan air plug
- d. Beri jeda waktu kerja maksimal 1 jam tiap kerja.



Gambar 3.8. Ear plug safety

2. Bahaya panas

Panas yang ditimbulkan oleh pembakaran engine tersebar di beberapa bagian mesin, yaitu rumah silinder, exhaust manifold dan muffler. Tingkatan temperature yang terukur bervariasi, pada rumah silinder terdapat fin engine terukur mencapai 70-85 °C, pada exhaust manifold terukur 100 °C, pada muffler 100-170 °C. temperature tersebut dapat mengancam bahaya luka bakar pada operator.

Prosedur :

- a. Tempatkan engine pada area bebas dari aktifitas manusia/daerah lalu lintas.
- b. Buat garis/pagar pembatas bila perlu.

- c. Gunakan sarung tangan kulit (bahan isolator) bila perlu.
- d. Untuk operator yang sensitive bias menggunakan apron untuk melindungi dari radiasi panas.



Gambar 3.9 Sarung tangan

3. Bahaya gas beracun

Beberapa gas berbahaya yang dihasilkan oleh gas buang dari engine ini diantaranya adalah karbon monoksida, Hidro Karbon, dan Nitro Oksida. NO_x mempunyai dua bentuk yang berbeda sifat yaitu NO₂ dan NO. untuk NO dan CO bersifat tidak berbau dan tidak berwarna sehingga cukup sulit untuk terdeteksi. NO dalam kadar tertentu dapat mengakibatkan gangguan saraf yang mengakibatkan kejang-kejang hingga kelumpuhan. Dalam tubuh hemoglobin lebih kuat menyerap CO daripada O₂ sehingga tubuh akan mengalami kekurangan O₂ secara bertahap, yang mengakibatkan lemas hingga bisa berujung kematian.

Prosedur :

- a. Arahkan muffler keareal bebas dari aktifitas manusia.
- b. Beri bahan tambah pada muffler dengan harapan beberapa persen kadar racun menempel pada bahan tambah tersebut.
- c. Gunakan masker.



Gambar 3.10. masker

- d. Basuh daerah kulit yang terbuka setelah selesai melakukan pengujian dengan air bersih, serta daerah dalam lubang hidung.
- e. Konsumsi susu segar bila perlu.

4. Bahaya kebakaran

Potensi bahaya kebakaran ada pada bahan bakar yang dipakai baik bensin maupun etanol.

Prosedur :

- a. Simpan bahan bakar ditempat bertemperatur ruangan
- b. Jauhkan dari sumber api
- c. Jangan merokok didekat bahan bakar.
- d. Cek instalasi pasokan bahan bakar dari kebocoran.
- e. Siapkan apar bila perlu.

5. Lindungi lingkungan

Beberapa poin yang harus diperhatikan dalam aktifitas percobaan ini agar tetap terjaga kesehatan dan kelestarian lingkungan.

- a. Tampung bahan bakar sisa pada jerigen (jangan buang bahan bakar disembarang lingkungan).
- b. Arahkan muffler engine gas buang pada area kosong yang bebas aktifitas manusia dan lingkungan hidup.
- c. Tambahkan filter atau bahan tambah yang mampu mengikat kadar racun gas buang.

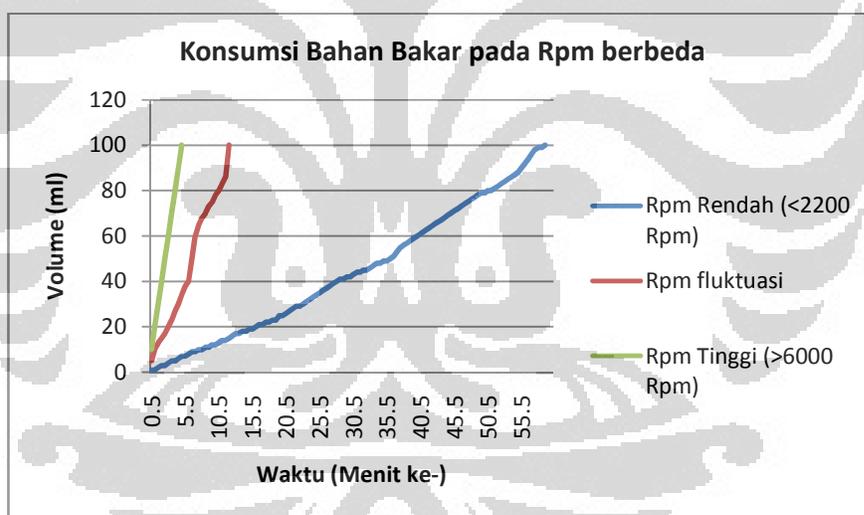
BAB IV

ANALISA PERHITUNGAN DAN PENGOLAHAN DATA

HASIL PENGUJIAN KONSUMSI BAHAN BAKAR

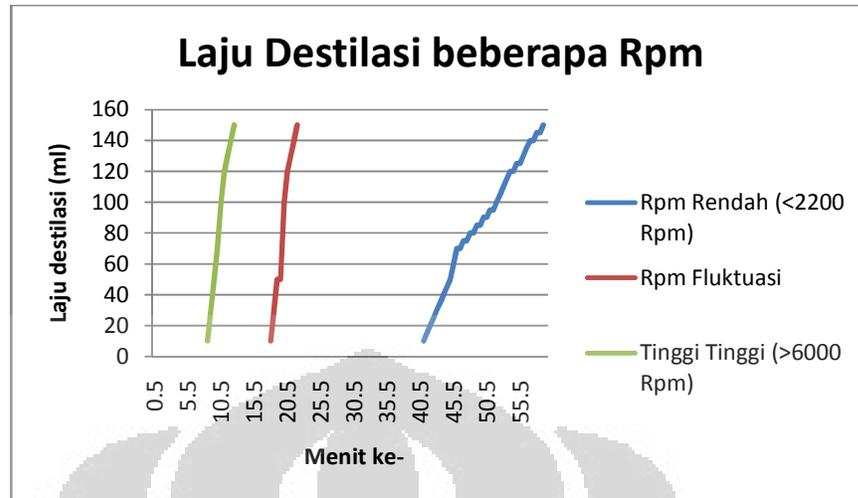
Pengujian ini bertujuan untuk mengurangi atau mengkonversi penggunaan bahan bakar minyak. Sedangkan pemanfaatan panas gas buang pada motor Otto 4 langkah untuk pemanasan *distillator bioethanol* ini digunakan agar mampu mengolah *low grade ethanol* menjadi *high grade ethanol* secara mandiri dengan mengoptimalkan sumber-sumber energi yang tersisa dari pembakaran. Pengaruh pemanfaatan gas buang untuk pemanasan distillator ditinjau berdasarkan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang.

Percobaan dilakukan pada motor Otto berbahan bakar Premium (sepeda motor Suzuki Thunder 125cc) pada beban putaran yang beragam dengan pemanfaatan gas buang untuk pemanas distillator.



Gambar 4.1 Diagram laju volume bahan bakar dengan variasi Rpm terhadap satuan waktu.

Dari diagram diatas konsumsi bahan bakar pada motor Otto yang digunakan untuk eksperimen menunjukkan perbedaan konsumsi yang sangat besar ketika posisi putaran *idle* (putaran rendah <2200 Rpm) dengan posisi putaran fluktuatif dan putaran tinggi. Perbedaan putaran dan konsumsi bahan bakar ini juga akan berpengaruh terhadap laju destilasi dari alat *compact destillator* seperti yang ditunjukkan oleh diagram dibawah ini.

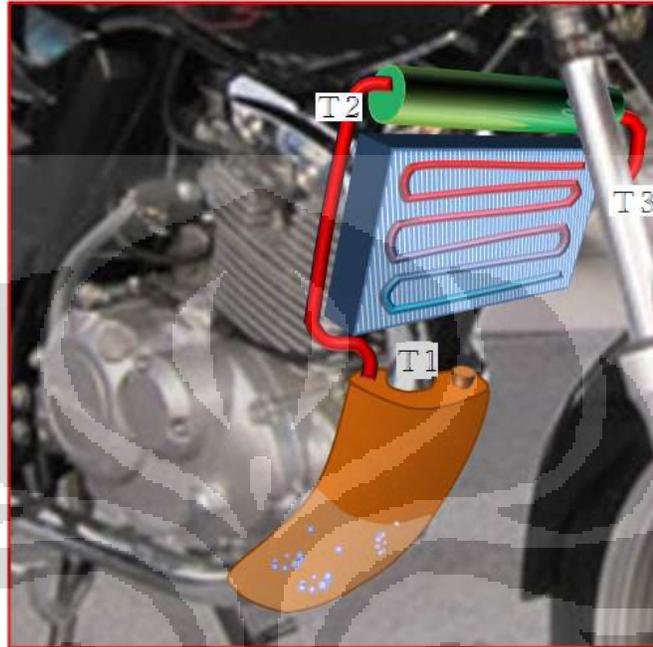


Gambar 4.2 Diagram laju volume distilasi dengan variasi Rpm tanpa pengontrolan temperatur.

Dari diagram diatas dapat dilihat bahwa pada putaran *engine* tinggi (> 6000 rpm) mampu menghasilkan laju destilasi yang paling cepat dan pada putaran rendah menunjukan paling butuh waktu lama untuk menghasilkan distilasi. Dari data yang didapat maka waktu yang dibutuhkan untuk mendistilasi *low grade ethanol* menjadi *high grade ethanol* dan laju volume distilasinya sebanding lurus dengan putaran engine yang digunakan untuk melakukan pengujian alat *compact distillator*. Ini menunjukkan dimana panas gas buang yang digunakan untuk sumber energi distilasi dipengaruhi oleh putaran engine. Semakin tinggi putaran engine maka panas diknalpot juga akan semakin tinggi dan dampaknya akan semakin cepat menguapnya destilat *low grade ethanol* yang ada diruang evaporator. Kenaikan suhu yang terlampau tinggi dari gas buang inilah yang tidak diharapkan, karena akan mempengaruhi penguapan destilat yang semakin cepat dan kadar air pada destilat juga akan ikut menguap dan nantinya akan berpengaruh pada kadar *high grade ethanol* yang dihasilkan.

PENGUJIAN DENGAN MENGGUNAKAN THERMO METER

Pada pengujian ini kami menggunakan *thermo meter* untuk mengetahui temperatur di tiap-tiap bagian dari compact distillator.



Gambar 4.3 Pengukuran temperatur pada compact distillator.

Adapun pengambilan temperatur dengan thermo meter dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

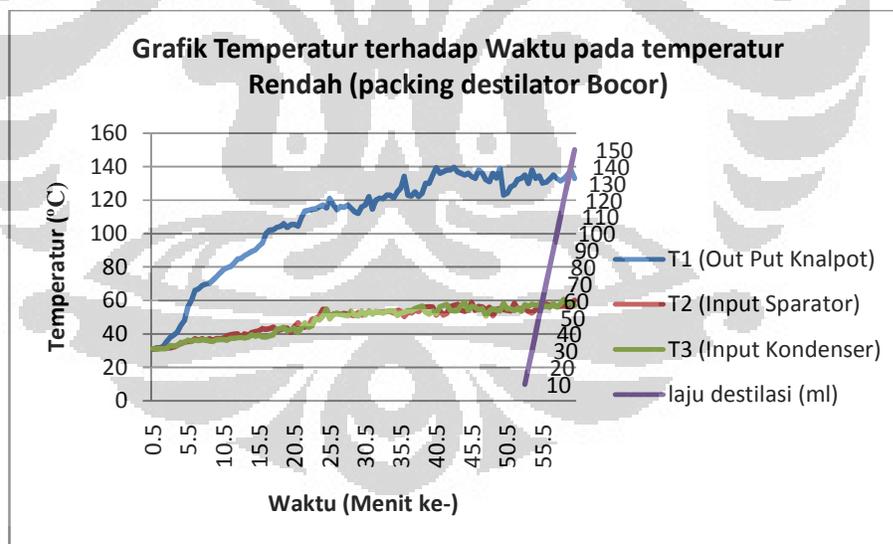
1. T1 : Temperatur di surface kenalpot sebagai sumber panas *distillator*.
2. T2 : Temperatur pada input separator.
3. T3 : Temperatur pada inpu kondenser.

Disini dilakukan pengambilan data sebanyak 4 kali percobaan yaitu:

1. Bahan bakar bensin dan mendestilasi alkohol 30% pada putaran rendah (<2200 Rpm) dengan kondisi terjadi sedikit kebocoran pada sambungan diantara sparator ke kondenser.
2. Bahan bakar bensin dan mendistilasi alkohol 30% pada putaran rendah tanpa kebocoran pada alat *compact distillator*.
3. Bahan bakar bensin dan mendistilasi alkohol 30% pada putaran Fluktuasi tanpa kebocoran pada alat *compact distillator*.
4. Bahan bakar bensin dan mendistilasi alkohol 30% pada putaran tinggi (>6000Rpm) tanpa kebocoran pada alat *compact distillator*.

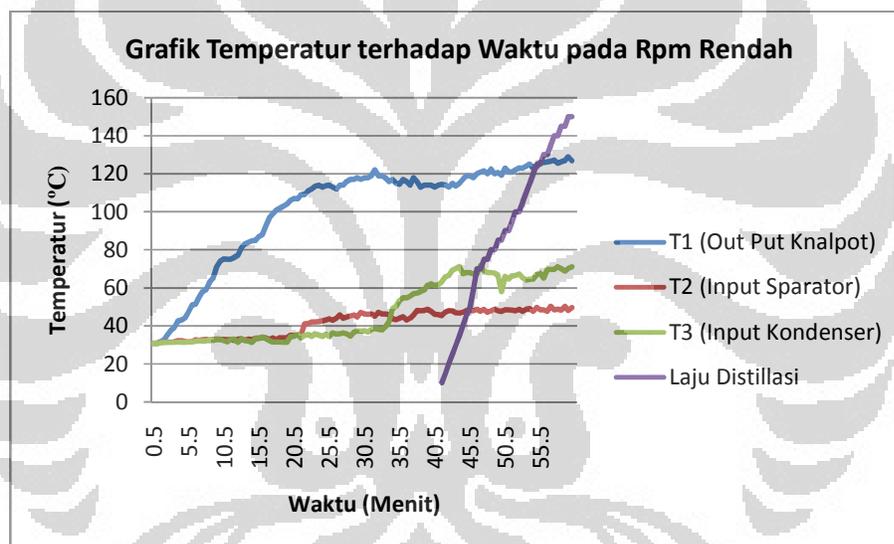
Pengambilan data yang dilakukan dari ke empat data diatas dilakukan dengan menggunakan media uji yang sama yaitu sepeda motor suzuki thunder 125cc dengan *compact distillator* yang dipasang pada leher kenalpot untuk memafaatkan panas dari gas buang sepeda motor tersebut. Pengambilan data dilakukan pada saat kondisi temperatur alat uji dalam keadaan yang sama yaitu pada kisaran suhu 31°C sampai 32°C untuk mendapatkan data yang sesuai dan valid.

Berikut adalah grafik yang dihasilkan dari pengambilan data dengan pengukuran temperatur pada beberapa titik *compact distillator* pada saat *engine* motor dalam kondisi putaran rendah dan terjadi kebocoran pada alat *compact distillator* yaitu kebocoran di sambungan antara sparator dengan kondenser (heat exchanger). Pengambilan data pada saat kondisi alat compact distillator mengalami kebocoran dilakukan untuk mengetahui pengaruh kebocoran alat distillator terhadap laju distilasi dan pengaruh terhadap kadar ethanol yang dihasilkan. Pengambilan data dilakukan menggunakan bahan bakar bensin pada media engine uji dengan mendestilasi alkohol 30% pada *compact distillator*.



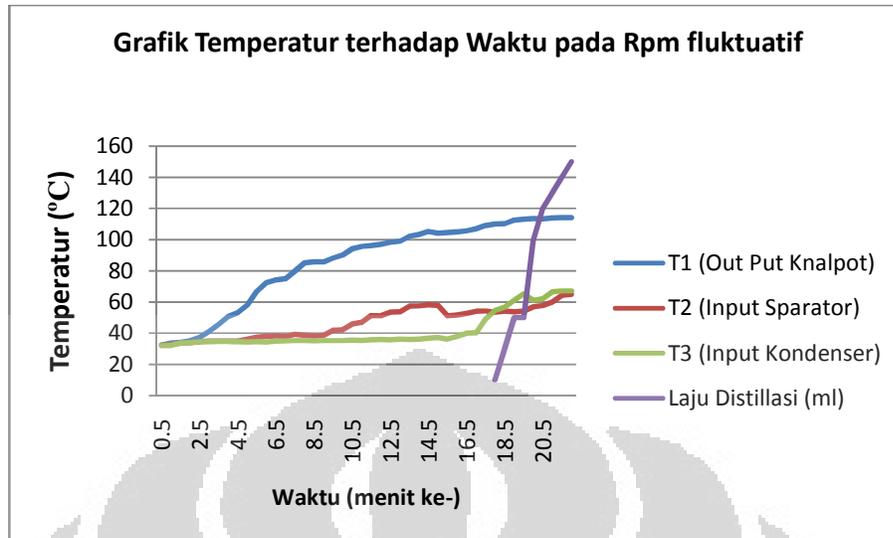
Gambar 4.4 Diagram laju volume destilasi pada putaran Rpm rendah dengan kebocoran terjadi pada compact distillator.

Pada grafik ini terlihat untuk mendapatkan tetesan pertama dari laju hasil destilasi pada kondisi terjadi kebocoran di saluran *compact distillator* membutuhkan waktu yang lama, pada saat awal penetesan di menit ke 53 dan akhir pengujian di menit 58 dengan tujuan menghasilkan volume destilat sebanyak 150cc, putaran *engine* dijaga konstan pada posisi putaran rendah. Laju destilasi pada putaran rendah memiliki karakter yang cukup konstan setelah ditetesan pertama hasil destilasi, untuk mendapatkan volume destilat high grade ethanol sebanyak 150 ml hanya membutuhkan waktu sekitar 7 menit. Bila hasil destilasi dibandingkan dengan laju konsumsi bahan bakar maka pada putaran ini (setelah menit ke 53) bisa mencukupi untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar secara mandiri.



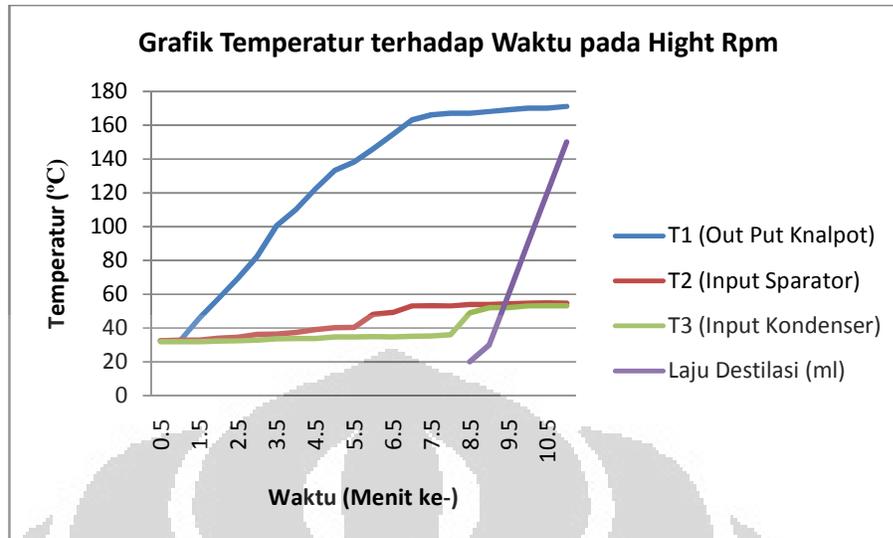
Gambar 4.5 Diagram laju volume destilasi pada putaran Rpm rendah tanpa kebocoran pada *compact distillator*.

Pada grafik temperatur engine putaran rendah dan tidak terjadi kebocoran pada *compact distillator* laju destilasi berlangsung lebih cepat bila dibandingkan saat putaran rendah dan terjadi kebocoran pada alat *compact distillator* ditandai semakin dari tetesan pertama destilasi yang dihasilkan. Grafik laju destilasi dimulai penetasan pertama di menit 40 dan akhir pengujian di menit 59 dengan hasil destilat sebanyak 150cc. Perbedaan waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan tetesan awal distilasi pada kondisi *compact distillator* bocor dengan kondisi tanpa kebocoran tidaklah begitu signifikan karena sumber panas yang dihasilkan oleh gas buang relatif stabil pada putaran rendah.



Gambar 4.6 Diagram laju volume destilasi pada putaran Rpm fluktuatif tanpa kebocoran pada compact distillator.

Grafik temperatur *compact distillator* pada kondisi engine putaran fluktuatif menunjukkan laju destilasi lebih cepat dibandingkan dengan temperatur saat putaran engine rendah. Yaitu antara menit ke 12,5 sampai menit ke 19,5 untuk menghasilkan destilasi alkohol sebanyak 150cc. Hal ini dikarenakan temperatur pada evaporator lebih tinggi sehingga laju penguapan semakin cepat. Temperature evaporator yang tinggi ini dikarenakan proses pembakaran diruang bakar yang relative cepat dan berubah-ubah sesuai dengan tarikan gas sehingga gas buang yang dihasilkan oleh *engine* juga akan lebih panas bila dibandingkan dengan putaran *engine* rendah.

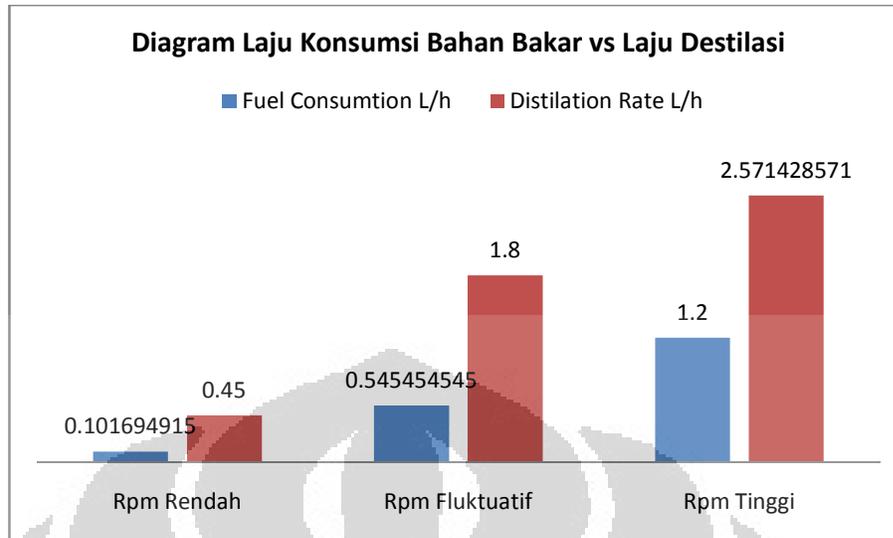


Gambar 4.7 Diagram laju volume destilasi pada putaran Rpm tinggi tanpa kebocoran pada compact distillator.

Sedangkan grafik temperatur *compact distillator* pada kondisi putaran engine tinggi menunjukkan laju destilasi paling cepat dibandingkan dengan semua data yang sudah ditampilkan sebelumnya. Pada menit ke-8 *compact distillatory* sudah bias menghasilkan distillatsi. untuk menghasilkan destilasi alkohol sebanyak 150cc pada putaran tinggi hanya membutuhkan waktu sekitar 5 menit saja. Hal ini dikarenakan temperatur pada evaporator sangat tinggi sehingga laju penguapan semakin cepat. Temperature evaporator yang tinggi ini dikarenakan proses pembakaran diruang bakar yang semakin cepat sehingga gas buang yang dihasilkan oleh *engine* juga akan semakin panas.

4.2.1 Laju perubahan volume bahan bakar terhadap laju destilasi pada putaran rendah, putaran fluktuatif dan putaran tinggi dengan menggunakan bahan bakar premium.

Pada penelitian ini nilai m_f dihasilkan dari pengukuran laju penurunan volume bahan bakar terhadap satuan waktu. Pengukuran dilakukan berdasarkan lamanya waktu konsumsi bahan bakar oleh motor setiap perubahan 10 ml bahan bakar. Kemudian data tersebut dikonversikan menjadi L/h lalu diplotting ke dalam diagram batang untuk mengetahui besarnya konsumsi yang terjadi pada setiap variasi bahan bakar serta variasi destilat.



Gambar 4.8 Diagram perbandingan laju volume bahan bakar dengan hasil destilat pada putaran rendah, putaran fluktuatif dan putaran tinggi.

Pada diagram rata-rata laju destilasi berbanding *fuel consumption* pada semua variasi putaran *engine* yaitu putaran rendah, putaran fluktuatif dan putaran tinggi dapat memenuhi *fuel consumption*. Dimana laju destilasi lebih besar dibandingkan *fuel consumption* yang artinya jika hasil destilasi digunakan sebagai bahan bakar maka penggunaannya bisa kontinu, bahkan sisa atau selisihnya bisa disimpan sebagai cadangan untuk mendestilasikan kembali dikarenakan untuk menghasilkan destilasi memerlukan waktu untuk penetasan awal.

Dari diagram diatas dapat terlihat bahwa semakin tinggi putaran mesin maka semakin besar perbandingan antara laju konsumsi bahan bakar yang diperlukan dengan laju destilasi yang dihasilkan oleh alat compact distillator. Bila dilihat dari waktu capaian laju destilasi di grafik sebelumnya dapat disimpulkan jika persediaan ethanol untuk cadangan bahan bakar pada putaran fluktuatif dan putaran tinggi tidak membutuhkan volume yang banyak karena untuk menghasilkan tetesan awal destilasi tidak membutuhkan waktu yang lama.

4.2.2 Perbedaan kadar hasil destilasi pada putaran rendah, putaran fluktuatif dan putaran tinggi dengan menggunakan bahan bakar premium.

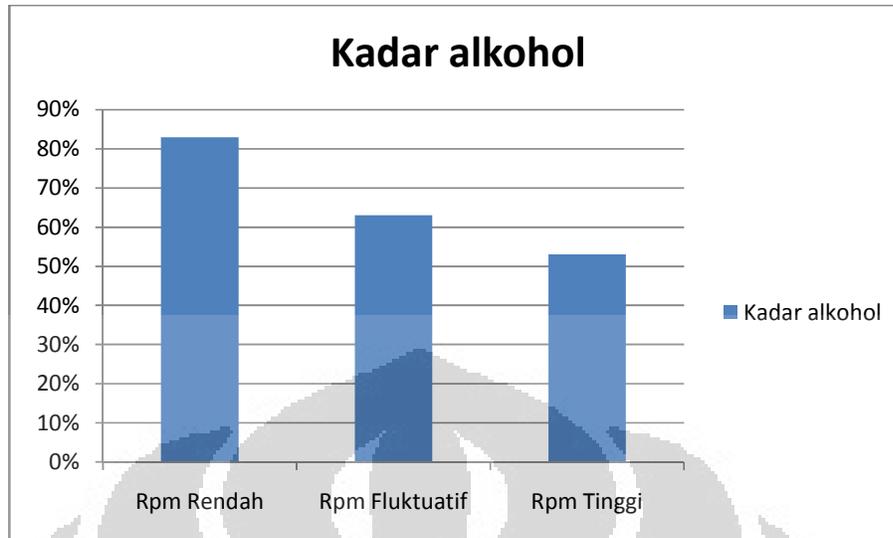
Berikut ini merupakan hasil kadar destilasi pada beberapa kecepatan putaran engine dimana terdapat empat data yang dihasilkan :

Tabel 4.1 Kadar Alkohol pada beberapa kecepatan putaran engine.

Kadar prosentase alkohol 150ml hasil destilasi	
- Bahan bakar premium mendestilasi alkohol 30% pada putaran rendah dengan kebocoran pada <i>compact distillatory</i> .	85%
- Bahan bakar premium mendestilasi alkohol 30% pada putaran rendah tanpa kebocoran di <i>compact distillator</i> .	83%
- Bahan bakar premium mendestilasi alkohol 30% pada putaran fluktuatif tanpa kebocoran di <i>compact distillator</i> .	63%
- Bahan bakar premium mendestilasi alkohol 30% pada putaran tinggi tanpa kebocoran di <i>compact distillator</i> .	50%

Setelah diketahui kadar *high grade ethanol* yang dihasilkan dari beberapa percobaan, maka bisa disimpulkan kecepatan putaran *engine* dijadikan pembandingan terhadap hasil dari ethanol yang akan digunakan untuk tambahan bahan bakar atau untuk memenuhi keseluruhan bahan bakar mesin secara mandiri. Pada percobaan diatas selanjutnya dilakukan percobaan *dyno test* terhadap *performance engine* dengan menambahkan alkohol hasil destilasi kedalam bahan bakar premium dengan cara simulasi pencampuran 10% ethanol (kadar 60%) dan 90% ethanol.

Pencampuran ini dilakukan dengan menggunakan alat bantu *magnetic vibration* yang bertujuan menghasilkan campuran yang diinginkan untuk simulasi pengaruh penambahan ethanol ke bahan bakar terhadap kinerja motor uji.



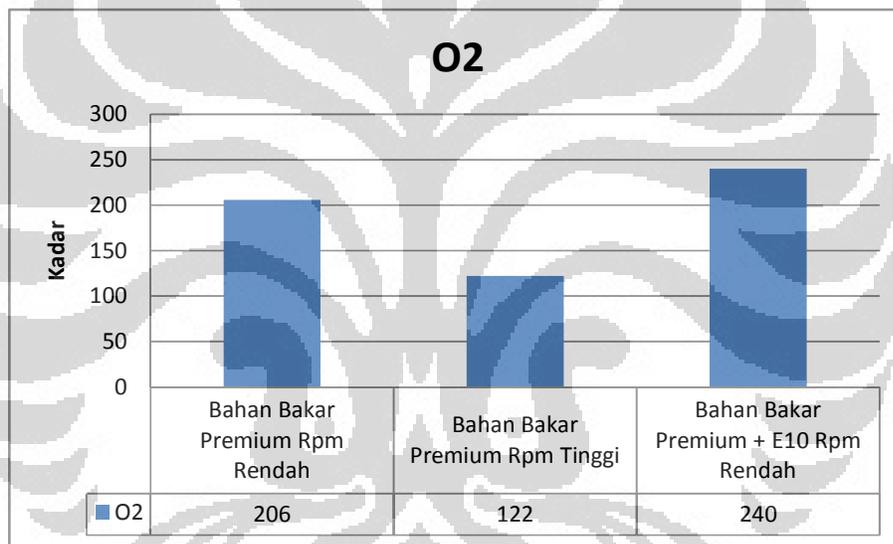
Gambar 4.9 Perbandingan konsentrasi alkohol pada beberapa putaran.

Dari diagram di atas diketahui nilai rata-rata konsentrasi alkohol dari tiap putaran, dimana konsentrasi alkohol paling tinggi dicapai oleh putaran rendah dengan persentasi sebesar 83%, pada Rpm rendah menghasilkan konsentrasi alkohol yang lebih tinggi disebabkan karena pada putaran rendah air yang di distilasi fasenmya sepenuhnya belum berubah, sedangkan alkohol sudah berubah fase sehingga sebagian besar yang dihasilkan pada compact distilator adalah alkohol. Hal ini disebabkan karena gas buang yang dihasilkan pada putaran rendah relative konstan sehingga panas yang ditimbulkan pada knalpot juga relative mengalami kenaikan secara perlahan yang kemudian akan sangat berpengaruh terhadap bahan yang akan didestilasi pada *compact distillator*. Sedangkan pada putaran fluktuatif dan putaran tinggi kadarnya relatif rendah dikarenakan air yang terdistilasi sudah ada yang berubah fasenya dan terdistilasi bersama alkohol sehingga menghasilkan kadar yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan oleh kenaikan temperature pada gas buang yang signifikan karena pembakaran didalam ruang bakar. Karena tidak adanya pengaturan temperatur terhadap leher knalpot yang digunakan sebagai sumber energi *compact distillator* maka semua panas akan digunakan untuk memanaskan bahan destilat pada evaporator *compact distillator*.

4.3 KONDISI GAS BUANG YANG TERUKUR

Bahan pencemar (polutan) yang berasal dari kendaraan bermotor dibedakan menjadi polutan primer atau sekunder. Polutan primer seperti karbon monoksida (CO), sulfur oksida (SO_x), nitrogen oksida (NO_x) dan hidrokarbon (HC) langsung dibuang ke udara bebas dan mempertahankan bentuknya seperti pada saat pembuangan. Polutan sekunder seperti ozon (O₂) adalah polutan yang terbentuk di atmosfer melalui reaksi fotokimia, hidrolisis atau oksidasi.

4.3.1 Kadar Oksigen pada Putaran Rendah dan Tinggi Menggunakan Bahan Bakar Premium Serta pada Putaran Rendah Berbahan Bakar Premium+E10



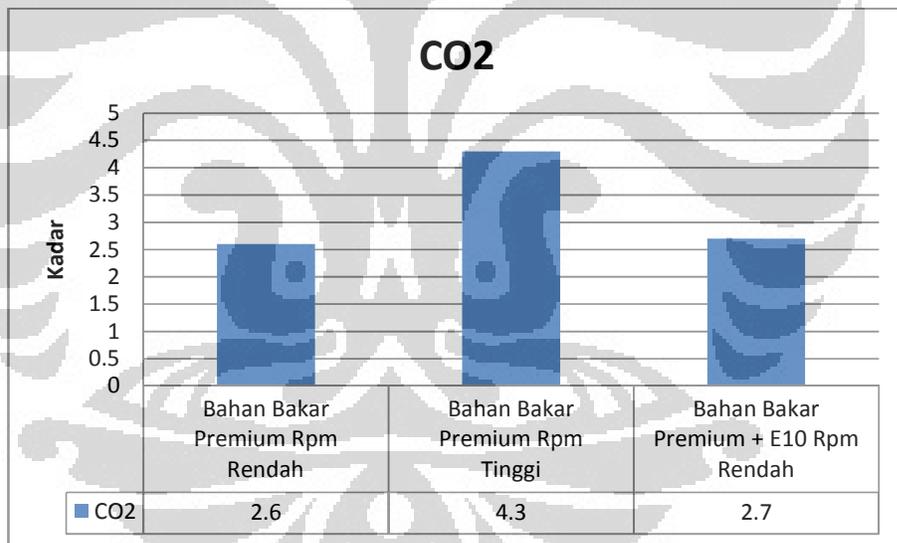
Gambar 4.10 Grafik perbandingan kadar oksigen pada Rpm dan bahan bakar yang berbeda.

Ditinjau dari grafik diatas perubahan kadar oksigen yang terukur pada tiap proses putaran engine dan perbedaan bahan bakar, pada putaran rendah dengan menggunakan bahan bakar premium yang di tambah E10 (kadar 65%) terjadi kenaikan. tingkat kadar oksigen yang terjadi menunjukkan proses pembakaran sudah cukup baik namun belum sempurna. Pada putaran rendah dengan menggunakan bahan bakar premium yang di tambah E10 (kadar 65%) terjadi kenaikan karena *engine* bekerja membakar premium yang mengandung ethanol

10% dengan kadar 65% sehingga pembakaran kurang sempurna karena kadar ethanol 65% masih mengandung air yang ikut masuk kedalam ruang bakar.

4.3.2 Kadar Karbon Dioksida pada Putaran Rendah dan Tinggi Menggunakan Bahan Bakar Premium Serta pada Putaran Rendah Berbahan Bakar Premium+E10

Pembakaran sempurna ditandai dengan dihasilkannya karbondioksida. Pada saat putaran tinggi menggunakan bahan bakar premium terlihat dalam grafik nilai kadar karbon dioksida dalam persen vol yang konstan tinggi, menggambarkan bahwa sepanjang proses destilasi bahan bakar tersebut dalam kondisi pembakaran yang baik. Sedangkan untuk putaran rendah dengan menggunakan bahan bakar premium yang di tambah E10 (kadar 65%) dan putaran rendah dengan bahan bakar premium terjadi penurunan yang signifikan, menandakan bahwa bahan bakar bensin tidak mampu terbakar sempurna.



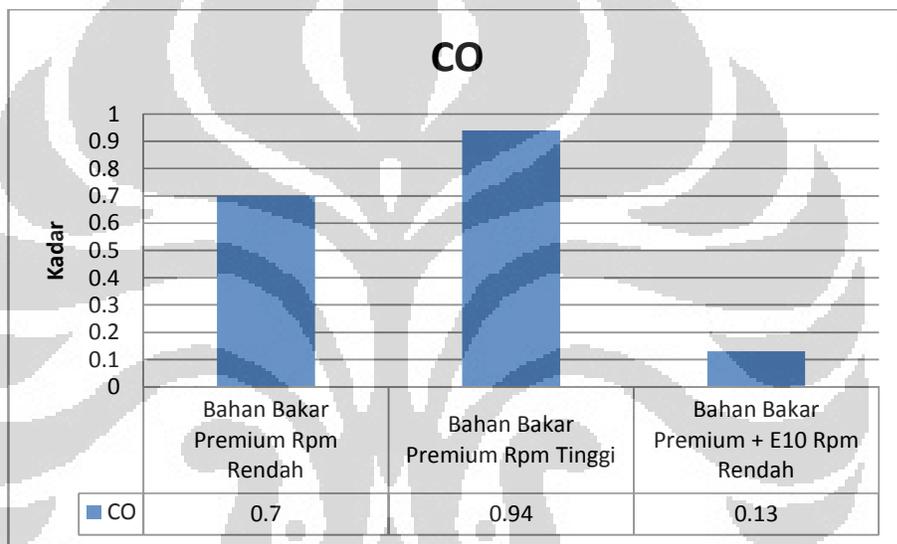
Gambar 4.11 Grafik perbandingan kadar karbon dioksida pada Rpm dan bahan bakar yang berbeda.

4.3.3 Kadar Karbon Monoksida pada Putaran Rendah dan Tinggi Menggunakan Bahan Bakar Premium Serta pada Putaran Rendah Berbahan Bakar Premium+E10

Untuk menurunkan emisi CO dapat dilakukan dengan menjalankan mesin dengan campuran kurus yang menyebabkan hilangnya tenaga atau dengan cara

menambahkan alat pada knalpot untuk mengoksidasi CO yang dihasilkan mesin. Secara teoritis, kadar CO pada gas buang dapat dihilangkan dengan menggunakan AFR lebih besar dari 16:1. Namun pada kenyataannya kadar CO akan selalu terdapat pada gas buang walaupun pada campuran yang kurus sekalipun.

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.

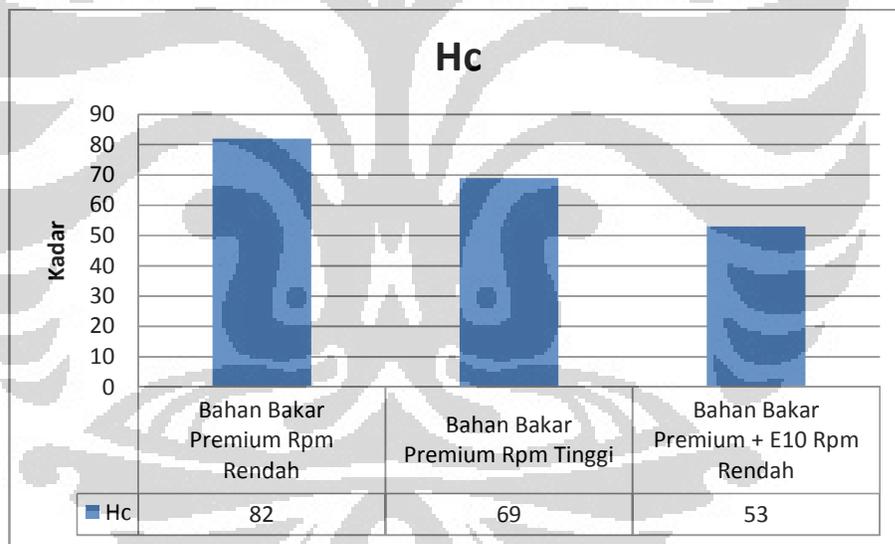


Gambar 4.12 Grafik perbandingan kadar karbon monoksida pada Rpm dan bahan bakar yang berbeda

Pada pengujian ini CO yang dihasilkan pada saat putaran tinggi menggunakan bahan bakar premium terlihat kenaikan nilai CO dari hasil pembakaran, ini dikarenakan jumlah bahan bakar yang dibakar semakin meningkat seiring laju konsumsi bahan bakar yang meningkat dan temperature gas buang yang meningkat pula. Sedangkan pada putaran rendah dengan menggunakan bahan bakar premium yang di tambah E10 (kadar 65%) terjadi penurunan kadar yang drastis, hal ini karena pada putaran ini terjadi pembakaran bahan bakar yang relative kurus dan kandungan air pada etanol yang ikut terbakar didalam ruang bakar sehingga pembakaran yang terjadi tidak seluruhnya terbakar.

4.3.4 Kadar Hidro Karbon pada Putaran Rendah dan Tinggi Menggunakan Bahan Bakar Premium Serta pada Putaran Rendah Berbahan Bakar Premium+E10

Emisi hidrokarbon yang tidak terbakar merupakan hal berkaitan langsung dengan pembakaran yang tidak sempurna. Bentuk emisi hidrokarbon dipengaruhi oleh banyak variable disain dan operasi. Salah satunya dapat disebabkan karena penyalaan yang tidak stabil (*misfire*). Oksidasi dari hidrokarbon 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*



Gambar 4.13 Grafik perbandingan kadar hidrokarbon pada Rpm dan bahan bakar yang berbeda

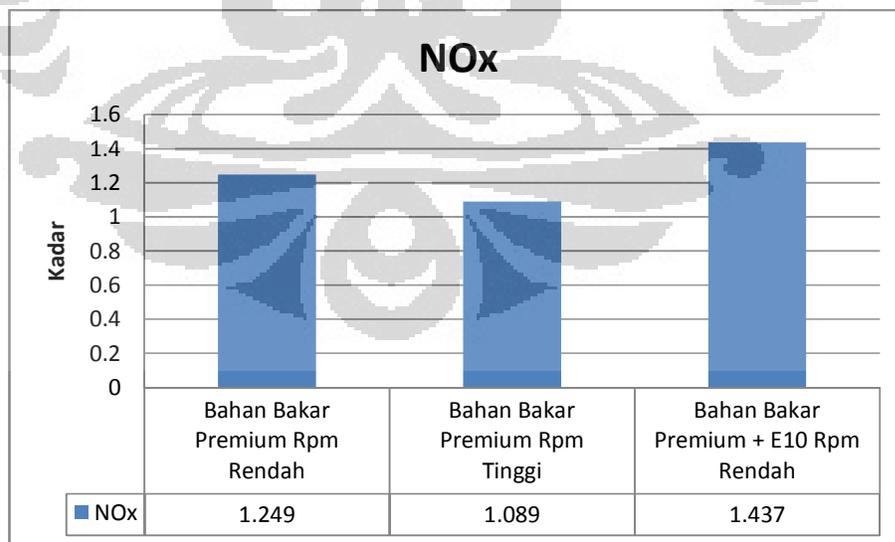
Besarnya *quench distance* ini bervariasi yang dipengaruhi oleh temperatur campuran, tekanan, AFR, temperatur permukaan dinding dan endapan pembakaran. Besarnya konsentrasi hidrokarbon di dalam gas buang sama dengan besar konsentrasi CO, yaitu tinggi pada saat campuran kaya dan berkurang pada titik temperatur tertinggi.

Pada grafik Hidro karbon dengan putaran rendah dengan menggunakan bahan bakar premium yang di tambah E10 (kadar 65%) terjadi penurunan kadar karena kadar etanol yang masih mengandung air.

4.3.5 Kadar Nitrogen Oksida pada Putaran Rendah dan Tinggi Menggunakan Bahan Bakar Premium Serta pada Putaran Rendah Berbahan Bakar Premium+E10

Di udara, NO mudah berubah menjadi NO₂. Komposisi NO_x di dalam gas buang terdiri dari 95% NO, 3-4% NO₂, dan sisanya adalah N₂O serta N₂O₃. 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 NO₂ dapat menimbulkan iritasi terhadap paru-paru.

Nitrogen dioksida merupakan polutan udara yang dihasilkan pada proses pembakaran. Ketika nitrogen dioksida hadir, nitrogen oksida juga ditemukan gabungan dari NO dan NO₂ secara kolektif mengacu kepada nitrogen oksida (NO_x).



Gambar 4.14 Grafik perbandingan kadar nitrogen oksida pada Rpm dan bahan bakar yang berbeda

Pada sangat konsentrasi tinggi, dimana mungkin hanya dialami pada kecelakaan industri yang fatal, paparan NO_2 dapat mengakibatkan kerusakan paru-paru yang berat dan cepat. Pengaruh kesehatan mungkin juga terjadi pada konsentrasi ambient yang jauh lebih rendah seperti pada pengamatan selama peristiwa polusi di kota. Bukti yang didapatkan menyarankan bahwa penyebaran ambient kemungkinan akibat dari pengaruh kronik dan akut, khususnya pada sub-grup populasi orang yang terkena asma.

NO_2 memainkan peranan penting dalam pembentukan kontaminan ozon (O_3). Tidak seperti gas polutan lainnya yang mempunyai daya destruktif 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.

Pada grafik kadar Nitrogen Oksida terlihat harga dari masing-masing etanol memiliki jumlah yang tinggi dibandingkan dengan bahan bakar bensin. Hal ini dikarenakan terjadinya pembakaran bahan bakar diruang bakar terjadi pada temperatur yang kurang tinggi sehingga terjadi pembakaran kurang sempurna, selain itu pengaruh pembakaran yang kurang sempurna dikarenakan oleh campuran udara yang kurang memadai, karena memang kebutuhan udara pada proses pembakaran etanol tidak terlalu banyak. Pada grafik kadar nitrogen diatas menunjukkan pada putaran rendah dengan menggunakan bahan bakar premium yang di tambah E10 (kadar 65%) terjadi peningkatan kadar. Hal ini dikarenakan campuran etanol pada bahan bakar tidak dapat terbakar secara sempurna karena kandungan air yang masih terdapat pada kadar etanol 65%

Ada dua cara untuk menghindari pembakaran tidak sempurna, maka dilakukan 2 proses pembakaran yaitu :

1. Bahan bakar dibakar pada temperatur tinggi dengan sejumlah udara sesuai dengan persamaan stoikiometri, misalnya dengan 90 -95% udara. Pembakaran NO dibatasi tidak dengan adanya kelebihan udara.
2. Bahan bakar dibakar sempurna pada suhu relatif rendah dengan udara berlebih. Suhu rendah menghindarkan pembentukan NO .

Kedua proses ini menurunkan pembentukan NO sampai 90%. NO₂ pada manusia dapat meracuni paru-paru, kadar 100 ppm dapat menimbulkan kematian, 5 ppm setelah 5 menit menimbulkan sesak nafas.

4.4 PENGUJIAN DYNO DYNAMIC

Proses *dynotest* (*dyno dynamic*) diperlukan untuk mendukung proses Tuning mesin. Naik-turunnya grafik Power, Torque dan AFR (perbandingan udara dan bahan bakar) digunakan untuk mengatur setting ignition timing dan fuel pada komponen mesin. Dengan pengaturan yang detail dan baik, performa mesin menjadi sangat optimal dan efisien, sekaligus aman.

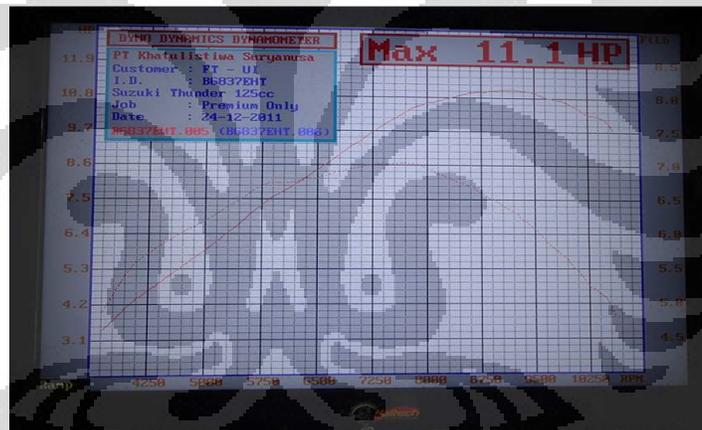


Gambar 4.15 *dyno dynamic* pada motor uji.

Untuk menjalani Dynotest, ada beberapa persiapan yang perlu diperhatikan:

1. Memastikan mesin dalam kondisi yang fit / sehat:
2. Cek kondisi ban: apakah laik pakai atau tidak, sangat memungkinkan untuk melakukan rotasi pemasangan ban apabila ban dalam kondisi tidak laik jalan atau rusak dengan ban yang baru.
3. Cek tekanan ban: pada saat akan melakukan dyno test, tekanan ban pada semua roda harus dinaikkan hingga 30% – 50% dari tekanan normal. Jangan lupa untuk mengembalikan tekanan ban pada tekanan normal pada saat selesai melakukan dynotest
4. Cek oli mesin apakah dalam kapasitas dan kondisi normal atau tidak

5. Cek selang-selang pada saluran bahan bakar. Apakah ada kebocoran atau tidak.
6. Cek busi apakah dalam kondisi normal atau tidak.
7. Memperhitungkan dengan baik mesin yang akan dilakukan pengetesan: misalnya mesin sudah dalam kondisi tua dan lain-lain, yang mungkin saja bisa menyebabkan komponen patah atau kecelakaan lain pada saat dilakukan *dynotest*.
8. Persiapan bahan yang akan digunakan untuk penetesan, bahan bakar campuran dan premium
9. Tersedia pemadam api di lokasi Dynotest: untuk antisipasi apabila terjadi kebakaran
10. Mempersiapkan dana lebih: apabila terjadi kerusakan komponen mesin selama proses Dynotest



Gambar 4.16 Grafik torsi motor uji berbahan bakar premium.

Hasil dynotest yang didapatkan seperti gambar diatas menunjukkan performa mesin thunder pada saat menggunakan bahan bakar premium mencapai torsi 11.1 Hp. Ini menunjukkan kondisi mesin sepeda motor yang digunakan untuk alat uji masih dalam kondisi yang baik. Kemudian test selanjutnya dilakukan dengan mengubah bahan bakar dengan penambahan 10% ethanol dengan kadar alcohol 60% (sesuai dengan *experiment* yang dilakukan pada alat uji compact distillatory pada putaran mesin yang fluktuatif)

Hasil yang didapatkan pada saat penggantian bahan bakar ini tidak bermasalah pada saat putaran stasioner, yaitu mesin tetap *running* dengan baik bahkan terjadi perubahan pada kadar gas buang yang terukur pada *gas analyzer* lebih baik. Tetapi pada saat dilakukan tarikan gas untuk mengetahui torsi maksimal mesin tidak dapat dilakukan karena seiring kenaikan putaran terjadi penurunan *performace* (mbrebet). Hal ini dianalisa karena campuran ethanol dengan kadar 60% tersebut tidak bisa terbakar diruang bakar dengan cepat karena percikan bunga api dari busi masih dalam kondisi standar (kecil). Selain itu juga karena konstruksi dari karburator yang menggunakan penampung akan memungkinkan campuran bahan bakar premium dan ethanol akan kembali terpisah didalam karburator sehingga pada saat dilakukan penarikan trotle gas yang akan tertarik oleh spuyer (pillow jet) keruang bakar adalah ethanol dengan kadar 60% tanpa bercampur dengan premium. Hal ini terjadi karena campuran antara ethanol dengan premium tidak bisa bertahan lama secara alamiah karena perbedaan berat jenis dari kedua fluida ini.

BAB V

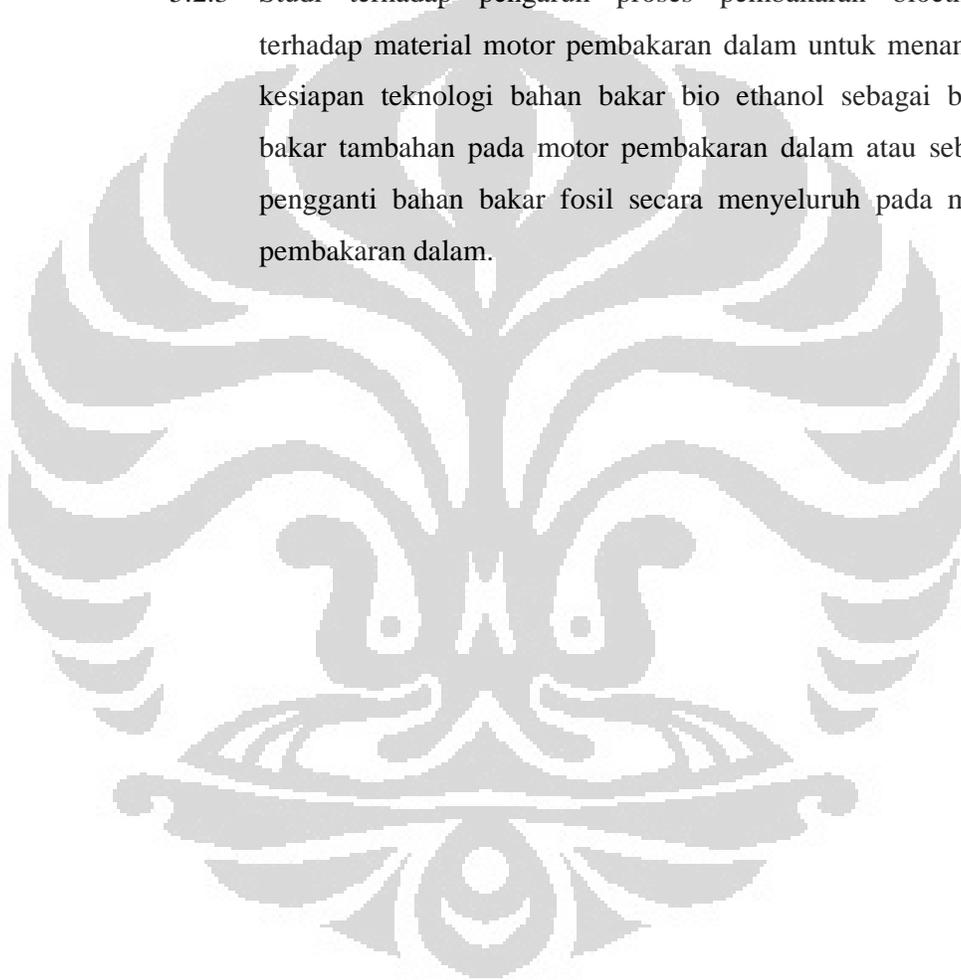
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

- 5.1.1 Pada putaran engine rendah (<2200 rpm) laju destilasi dapat memenuhi konsumsi bahan bakar dan menghasilkan kadar *high grade ethanol* paling baik yang mencapai kadar 83%, hal ini dikarenakan kenaikan temperatur hasil pembakaran meningkat secara perlahan dan membuat perbedaan titik penguapan dari destilat antara air dan alkohol semakin baik.
- 5.1.2 Pada putaran fluktuatif dan putaran tinggi, hanya dibutuhkan waktu yang singkat sekitar 15 menit untuk menghasilkan tetesan awal *high grade ethanol*, tetapi kadar yang dihasilkan masih tergolong rendah yaitu berkisar 60%.
- 5.1.3 Setelah diketahui kadar alkohol yang dihasilkan dari compact distillator, maka dilakukan uji dyno test menggunakan ethanol kadar 60% sebagai bahan bakar tambahan premium, hasilnya pada putaran rendah *engine* dapat *running* stabil tetapi engine tidak dapat mencapai kenaikan rpm saat handle gas dinaikan. Penggunaan kadar 60% ini karena disimpulkan jika kendaraan akan slalu pada putaran fluktuatif dalam kondisi real jalan raya karena adanya pengereman, polisi tidur, jalan berlubang, tanjakan dll.
- 5.1.4 Pada kondisi putaran rendah dan terjadi kebocoran pada alat compact distillator dengan kondisi tanpa terjadi kebocoran menunjukan adanya pengaruh kebocoran terhadap waktu dan kadar hasil yang didapat dari *compact distillator* yaitu kebocoran dapat memperlambat laju destilasi.
- 5.1.5 Gas buang pada beberapa putaran *engine* memiliki hasil kadar yang berbeda dari setiap zat yang dihasilkan.

5.2 SARAN

- 5.2.1 Studi terhadap pengontrolan temperatur gas buang agar bisa selalu stabil dalam semua kondisi putaran.
- 5.2.2 Studi terhadap pengapian mesin untuk menghasilkan api di busi yang semakin baik.
- 5.2.3 Studi terhadap pengaruh proses pembakaran bioethanol terhadap material motor pembakaran dalam untuk menambah kesiapan teknologi bahan bakar bio ethanol sebagai bahan bakar tambahan pada motor pembakaran dalam atau sebagai pengganti bahan bakar fosil secara menyeluruh pada motor pembakaran dalam.



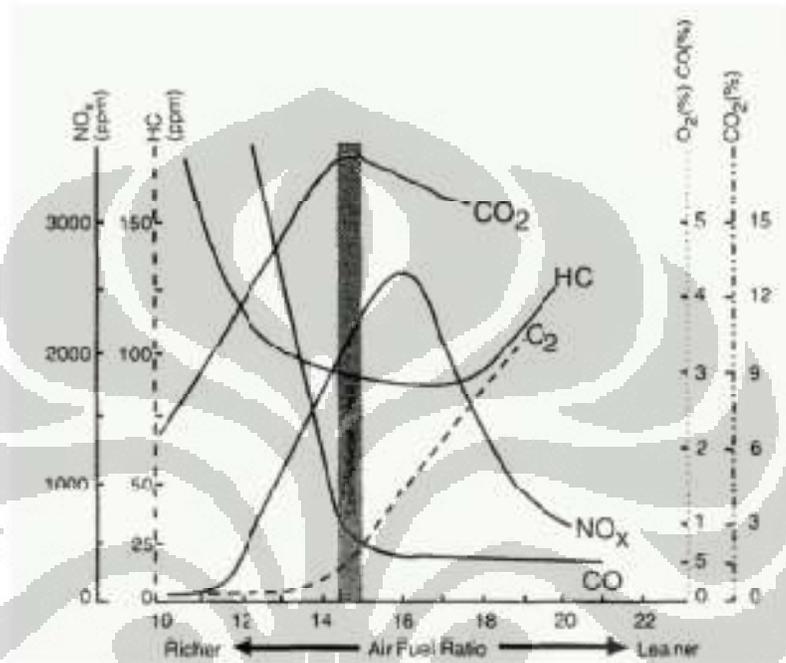
DAFTAR PUSTAKA

- Andrinaldi. 2010. *Rancang bangun compact destilator low grade Ethanol dengan memanfaatkan gas buang Motor bakar*. Skripsi: DTM FT-UI.
- 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.
- Aulia Raksa. 2011. *"Pengaruh variasi beban pada evaporator 90 derajat celcius terhadap laju distilasi 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.
- Najafi, G., dkk. 2009. *Performance and exhaust emissions of a gasoline engine with ethanol blended gasoline fuels using artificial neural nertwork*. Jurnal: Science Direct.
- Pulkabek, Willard W. 2004. *Enginering 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://kuliahitukeren.blogspot.com/2011/03/destilasi-biasa-laporan-pratikum.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/

LAMPIRAN

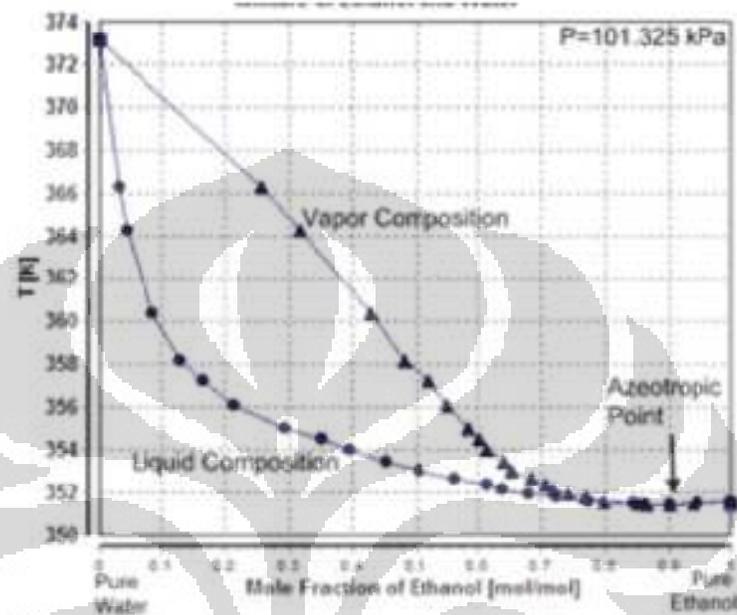
LAMPIRAN 1

Grafik Kosentrasi Gas Buang Berdasar AFR



LAMPIRAN 2

Keseimbangan Uap-Cair Campuran Etanol Dengan Air



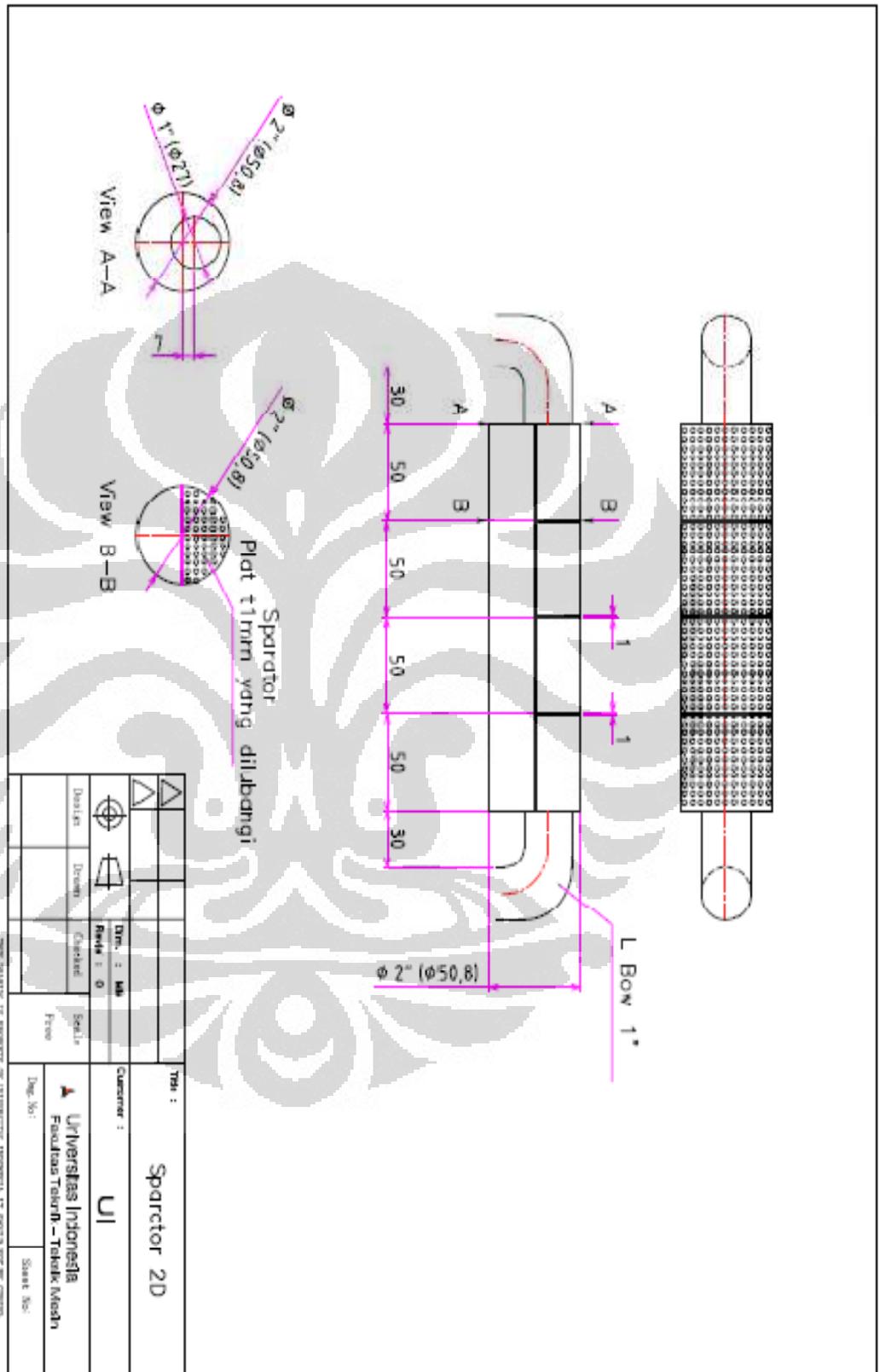
LAMPIRAN 3

Properties Of Fuel

TABLE A-2 PROPERTIES OF FUELS

Fuel	Chemical Formula	Molecular Weight	HHV (kJ/kg)	LHV (kJ/kg)	Stoichiometric (AF) _s (C/F) _s	Octane Number MCN	Octane Number RON	Heat of Vaporization (kJ/kg)	Cetane Number
gasoline	C ₈ H ₁₈	114	47300	43300	14.6	80-91	92-99	307	40-55
light diesel	C ₁₂ H ₂₂	170	44800	42500	14.5	60-69		270	35-50
heavy diesel	C ₁₆ H ₃₄	230	43800	41400	14.5	0.069		230	
bioethanol	C ₂ H ₆ O	46	29710	26950	9.0	0.111		873	
methanol	CH ₃ -OH	32	22540	20050	6.5	0.155		1147	
ethanol	C ₂ H ₅ -OH	46	29710	26950	9.0	0.111		873	
methane	CH ₄	16	55280	49770	17.2	0.058		509	
propane	C ₃ H ₈	44	50180	46190	15.7	0.064		426	
nitromethane	CH ₃ NO ₂	61	12000	10220	1.7	0.588		623	
acetone	C ₃ H ₆ O	58	48700	44860	15.2	0.066		316	
ethyl acetate	C ₄ H ₈ O ₂	88	47280	43980	15.0	0.066		292	
heptamethylnonane	C ₁₈ H ₃₈	254	10100	10100	15.9	0.065		100	15
n-methylcyclohexane	C ₇ H ₁₄	98	47950	44420	15.2	0.066		15	0
carbon monoxide	C	12	33800	33800	13.1	0.076		100	15
coal (carbon)	C	12	33800	33800	13.1	0.076		100	15
butane-1	C ₄ H ₁₀	58	48210	45040	14.8	0.068		390	
triptane	C ₇ H ₁₆	100	47950	44420	15.2	0.066		288	
isodecane	C ₁₀ H ₂₂	142	47590	44220	15.1	0.066		113	
toluene	C ₇ H ₈	92	42500	40600	13.5	0.074		412	
hydrogen	H ₂	2	141800	120000	34.5	0.089		90	

LAMPIRAN 5



LAMPIRAN 6

