



UNIVERSITAS INDONESIA

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

SKRIPSI

PANJI RESTU FAUZI

0806368793

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
DESEMBER 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

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

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

PANJI RESTU FAUZI

0806368793

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
DESEMBER 2010**

Universitas Indonesia

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Panji Restu Fauzi

NPM : 0806368793

Tanda Tangan : 

Tanggal : 31 Desember 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Panji Restu Fauzi
NPM : 0806368793
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : unjuk kerja *low grade ethanol* dari pemanfaatan gas buang motor bakar statis 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. Dr. Ir. Yulianto S. Nugroho, M Sc. ,Ph.D

Penguji : Dr.Ir. Danardono A.S

Penguji : Dr.Ir. Adi Suryosatyo

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 04 Januari 2010

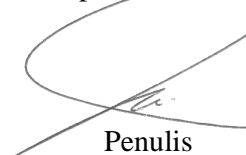
UCAPAN TERIMA KASIH

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 statis 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. Bapak dan Bu'e 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. Adik-adikku belajarlh terus apa yang akan jadi jalanmu, aku yakin kalian mampu.
7. Gadisku yang masih aku belum tau namamu, sekalilagi ini terwujud sebagian karena kamu ada.
8. pejuang skripsi angkatan 2008 atas bantuan dan peminjaman alat praktek.
9. Teman-teman PPSE 2008 atas semangat dan kekompakan kalian.
10. Teman-teman CGB, C8, dan kosan babe' yang memberi sedikit keceriaan dikesendirianku.

Depok, Desember 2010



Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Panji Restu Fauzi
NPM : 0806368793
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 STATIS SEBAGAI SUMBER ENERGI
COMPACT DISTILLATOR**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/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 : Desember 2010

Yang menyatakan,



(Panji Restu Fauzi)

Abstrak

Nama : Panji Restu Fauzi
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : unjuk kerja *low grade ethanol* dari pemanfaatan gas buang motor bakar statis sebagai sumber energi *compact distillator*

Ketersediaan bahan bakar minyak bumi yang tidak terbarukan memaksa manusia untuk beralih ke sumber energi alternatif. Saat ini minyak bumi mendominasi untuk sumber utama bahan bakar untuk motor bakar. Energi yang terbarukan merupakan salah satu solusi untuk menghadapi persoalan ini. 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 90%. Untuk mengetahui performa dari produk *low grade ethanol* yang didistilasi ini dilakukan pengujian unjuk kinerja bahan bakar dengan parameter laju konsumsi bahan bakar, efisiensi thermal, dan kondisi gas buang. Dari hasil penelitian didapatkan Efisiensi thermal bioethanol hasil distilasi *Compact distillator* 38 % pada beban 500 Watt. Laju distilasi *compact distillator* mampu memenuhi kebutuhan konsumsi bahan bakar Genset Sumura ET 1500 hingga beban 300 Watt. 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*, efisiensi thermal, laju konsumsi bahan bakar, emisi gas buang.

Abstract

Name : Panji Restu Fauzi
Study Program : Mechanical Engineering
Title : performance of low grade ethanol from the utilization of a static internal combustion engine exhaust gas as an energy source compact distillator

The availability of non renewable petroleum fuels force people change to alternative energy sources. Currently petroleum dominated for the main source of fuel for combustion. Renewable energy is one solution to deal with this issue. One source of renewable energy is Bioethanol . In this study, destilator is conducted with compact design utilize flue gas from the combustion engine as the main tool of ethanol processing. The goal is to produce decent products into ethanol fuel is ethanol with a concentration above 90%. To determine the performance, distilled low-grade ethanol product was carried out testing for performance parameters of the fuel with the fuel consumption rate, thermal efficiency and exhaust gas conditions. From the results, the thermal efficiency of ethanol from the distillation Compact distillator is 38% at 500 Watts load. The rate of distillation compact distillator able to meet the consumption needs of fuel Genset ET Sumura 1500 to load 300 Watt. The results of the exhaust gas bioethanol compact distillator more environmentally friendly. Low CO levels ($\pm 0.5\%$ Vol), low HC ($44.3 \pm$ Vol ppm), NOx is not detected (0 ppm Vol)

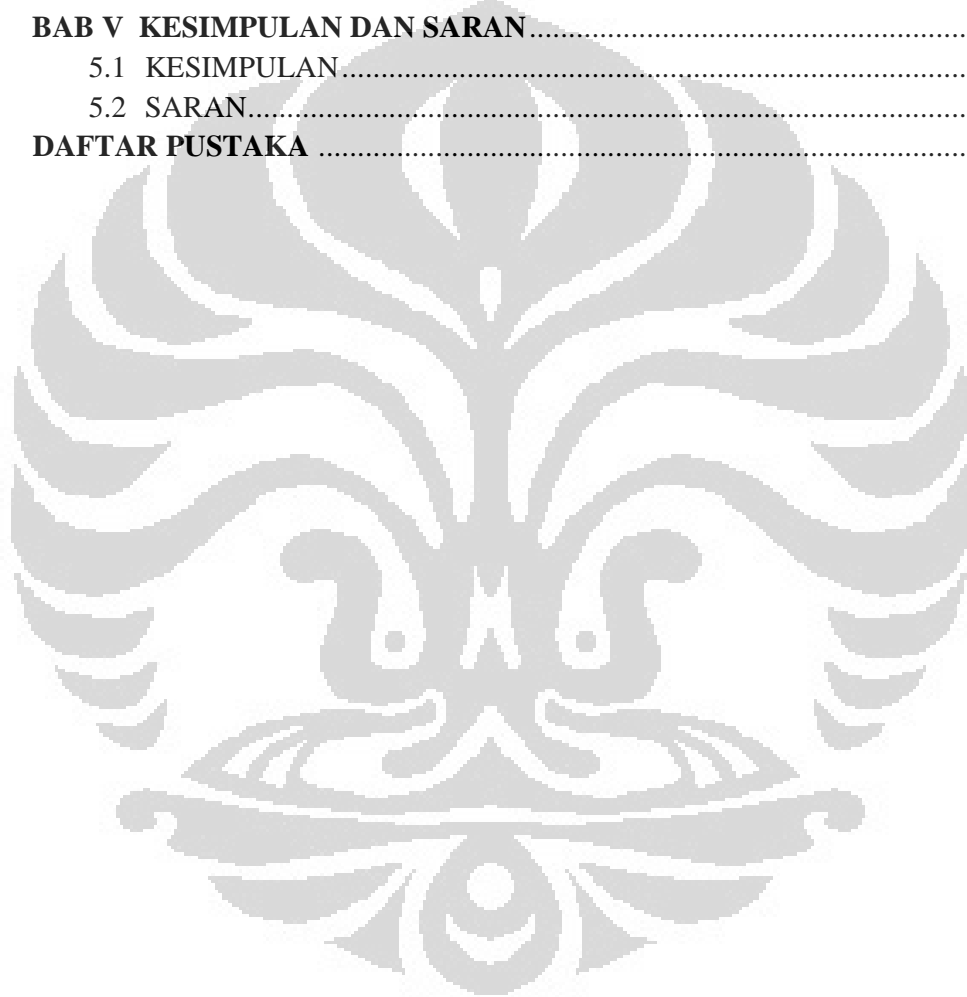
Keyword:

Low-grade ethanol, bio ethanol, distillation, *compact distillator*, thermal efficiency, fuel consumption rate,

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.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 BATASAN PENELITIAN	3
1.5 METODOLOGI PENELITIAN.....	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN.....	5
BAB II DASAR TEORI.....	7
2.1 MOTOR OTTO.....	7
2.1.1. Siklus Kerja Motor Otto.....	7
2.2 PENGERTIAN BIOETHANOL.....	11
2.2.1. Pembuatan Ethanol.....	12
2.2.2. Bioethanol Sebagai Bahan Bakar.....	14
2.2.3. Penggunaan Bioethanol Pada Mesin Pembakaran Dalam.....	15
2.3 PARAMETER KINERJA MOTOR.....	17
2.4 POLUTAN PADA ALIRAN GAS BUANG	19
2.4.1. Hidrokarbon.....	19
2.4.2. Karbon Monoksida.....	21
2.4.3. Karbon Dioksida	22
2.4.4. Oksigen.....	23
2.4.5. Nitrogen Oksida	23
2.4.6. Udara Berlebih (<i>Excess Air</i>).....	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 METODE EKSPERIMENTAL	26
3.2 PERALATAN UJI	26
3.3 SKEMATIK PERALATAN UJI	31
3.4 PROSEDUR PENGUJIAN	36
3.4.1. Persiapan Dan Pengaturan Alat	36
3.4.2. Persiapan Bahan Bakar.....	36

3.4.3. Persiapan Mesian	36
3.4.4. Persiapan <i>Gas Analyzer</i>	38
3.4.5. Persiapan <i>Thermo Couple</i>	38
3.4.6. Persiapan Distillator.....	39
3.4.7. Pengambilan Data	39
3.5 PETUNJUK K3LL.....	40
BAB IV ANALISA DATA	44
4.1 HASIL PENGUJIAN KONSUMSI BAHAN BAKAR	44
4.2 KONDISI GASBUANG YANG TERUKUR	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1 KESIMPULAN.....	65
5.2 SARAN.....	65
DAFTAR PUSTAKA	66



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konversi Biomassa Menjadi Bioethanol.....	13
Tabel 3.1 Spesifikasi Bahan Bakar Premium.....	26
Tabel 3.2 Spesifikasi Bahan Bakar Ethanol.....	26
Tabel 3.3 Spesifikasi Bahan Pengotor Ethanol.....	27
Tabel 3.4 Spesifikasi Genset Sumura ET 1500.....	27
Tabel 3.5 Spesifikasi <i>Gas Analyzer</i>	28
Tabel 3.6 Spesifikasi Multi meter	29
Tabel 3.7 Spesifikasi Timbangan Digital	29
Tabel 3.8 Spesifikasi <i>Tube Level</i>	30
Tabel 3.9 Spesifikasi Gelas Ukur.....	30
Tabel 3.10 Spesifikasi Pipet Tetes	30
Tabel 3.11 Spesifikasi Alkohol Meter.....	31
Tabel 3.12 Spesifikasi Lampu Panel	31
Tabel 3.13 Spesifikasi <i>Stop Watch</i>	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Urutan Siklus Kerja Motor Bakar 4 Langkah	9
Gambar 2.2 Diagram P-V dan T-S ideal Motor Otto 4 Langkah	9
Gambar 2.3 Diagram Alir Vermentasi Ethanol dan Berbagai Bahan Baku	14
Gambar 3.1 Skema Pengukuran Arus dan Tegangan Pada Lampu Panel	31
Gambar 3.2 Skema Alat Uji Tanpa Distillator.....	32
Gambar 3.3 Foto Alat Uji Tanpa Distillator	33
Gambar 3.4 Skema Alat Uji Dengan Distillator.....	34
Gambar 3.5 Foto Alat Uji dengan <i>Compact distillator</i>	35
Gambar 3.6 Proses Pencampuran Ethanol Dengan Pengotor	36
Gambar 3.7 Mengecek Kondisi Busi.....	37
Gambar 3.8 Seting Campuran Udara-Bahan Bakar	37
Gambar 3.9 Seting rpm Dengan Bukaan Katup <i>Throttle</i>	38
Gambar 3.10 Pengukuran Laju Konsumsi Bahan Bakar	39
Gambar 3.11 Multi Tester.....	40
Gambar 3.12 Komposisi Gasbuang Pada Display <i>Gas Analyzer</i>	40
Gambar 3.13 Penggunaan Masker.....	43
Gambar 4.1 Grafik Laju Massa Bahan Bakar Tanpa Distillator	45
Gambar 4.2 Grafik Laju Massa Bahan Bakar Hasil Distilasi	46
Gambar 4.3 Grafik <i>Fuel Consumption</i> Tanpa Distillator	47
Gambar 4.4 Grafik Densitas Bahan Bakar.....	47
Gambar 4.5 Grafik <i>Fuel Consumption</i> Bahan Bakar Hasil Distilasi.....	48
Gambar 4.6 Grafik Laju Distilasi <i>Compact Distillator</i>	48
Gambar 4.7 Grafik <i>Spesific Fuel Consumption</i> Tanpa <i>Compact Distillator</i>	49
Gambar 4.8 Grafik <i>Spesific Fuel Consumption</i> Bahan Bakar Hasil Distilasi... ..	51

Gambar 4.9 Grafik Efisiensi Thermal Bahan Bakar Tanpa Distillator	52
Gambar 4.10 Grafik Efisiensi Thermal Bahan Bakar Hasil Distilasi.....	53
Gambar 4.11 Grafik Kalor Spesifik Bahan Bakar.....	54
Gambar 4.12 Grafik Kadar Oksigen Pada Gas Buang Tanpa Distillator	55
Gambar 4.13 Grafik Kadar Oksigen Pada Gas Buang dengan Distillator.....	55
Gambar 4.14 Grafik Karbon Dioksida Pada Gas Buang Tanpa Distillator	56
Gambar 4.15 Grafik Karbon Dioksida Pada Gas Buang Dengan Distillator.....	57
Gambar 4.16 Grafik Karbon Monoksida Pada Gas Buang Tanpa Distillator....	58
Gambar 4.17 Grafik Karbon Monoksida Pada Gas Buang Dengan Distillator .	59
Gambar 4.18 Grafik Hidro Karbon Pada Gas Buang Tanpa Distillator	60
Gambar 4.19 Grafik Hidro Karbon Pada Gas Buang Dengan Distillator.....	61
Gambar 4.20 Grafik Nitrogen Oksida Pada Gas Buang Tanpa Distillator	62
Gambar 4.21 Grafik Temperatur Gasbuang Tanpa Distillator.....	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Efek Gas Karbon Monoksida	68
Lampiran 2 Pengambilan Data Bahan Bakar Bensin	70
Lampiran 3 Pengambilan Data Bahan Bakar Ethanol 89.4% Hasil Distilasi	71
Lampiran 4 Pengambilan Data Bahan Bakar Ethanol 95%	72
Lampiran 5 Pengambilan Data Bahan Bakar Ethanol 90%	73
Lampiran 6 Pengambilan Data Bahan Bakar Ethanol 85%	74
Lampiran 7 Pengambilan Data Bahan Bakar Ethanol 80%	75
Lampiran 8 Pengambilan Data Bahan Bakar Ethanol 75%	76
Lampiran 9 Pengambilan Data Bahan Bakar Ethanol 70%	77
Lampiran 10 Perhitungan Data Bahan Bakar Bensin	78
Lampiran 11 Perhitungan Data Bahan Bakar Ethanol 89.4% Hasil Distilasi....	79
Lampiran 12 Perhitungan Data Bahan Bakar Ethanol 95%	80
Lampiran 13 Perhitungan Data Bahan Bakar Ethanol 90%	81
Lampiran 14 Perhitungan Data Bahan Bakar Ethanol 85%	82
Lampiran 15 Perhitungan Data Bahan Bakar Ethanol 80%	83
Lampiran 16 Perhitungan Data Bahan Bakar Ethanol 75%	84
Lampiran 17 Perhitungan Data Bahan Bakar Ethanol 70%	85
Lampiran 18 Densitas Bahan Bakar	86
Lampiran 19 Kalor Spesifik Bahan Bakar	86

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Premium merupakan bahan bakar yang banyak digunakan pada sektor transportasi, khususnya transportasi darat, baik kendaraan pribadi maupun kendaraan umum. Laju penggunaan kendaraan bermotor yang kian meningkat, akan mengakibatkan peningkatan konsumsi bahan bakar terutama bahan bakar bensin yang merupakan bahan bakar utama pada sektor transportasi darat. 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 (SO_x).

Kebutuhan bahan bakar premium pada tahun 2004 sejumlah 16.418 ribu KL ini, dipenuhi oleh kilang didalam negeri sebesar 11.436 ribu KL dan sisanya sebesar 4.982 ribu KL diimpor. Mengingat kebutuhan premium terus meningkat sedangkan produksi dari tahun ketahun cenderung tetap, maka dapat diperkirakan bahwa dimasa mendatang impor premium ini akan terus meningkat. Salah satu alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada impor premium ialah dengan mengembangkan bahan bakar bio-ethanol yang merupakan energi terbarukan dengan konsentrasi tertentu.

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, sagu, dan tetes. 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. Tantangan yang akan dihadapi adalah pengembangan cara 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.

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 yang diberikan.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan sebagai studi awal 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*.

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. Sebagai data pembanding dilakukan pengujian terhadap variasi kadar etanol 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%
4. Motor bakar statis yang akan digunakan adalah Genset Sumura ET 1500 4 langkah 80 cc
5. Variasi pembebanan pada 0, 100, 200, 300, 400, 500 Watt.
6. Putaran dijaga konstan pada putaran 3600 rpm dengan toleransi sebesar 50 rpm.

1.5 METODOLOGI PENELITIAN

Pada pelaksanaannya penelitian ini dilakukan dengan metodologi sebagai berikut:

a. Studi literatur

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya yang juga membahas tentang *BIOETHANOL DISTILLATOR* dan *BIOETHANOL ENGINE*, 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 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 motor otto generator set

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 mesin 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. Variasi beban genset pada penelitian ini memanfaatkan peralatan panel lampu yang merupakan hasil skripsi terdahulu.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Skripsi ini disusun menjadi 5 bagian pokok, yaitu:

- BAB I PENDAHULUAN

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

- BAB II DASAR TEORI

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

- BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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

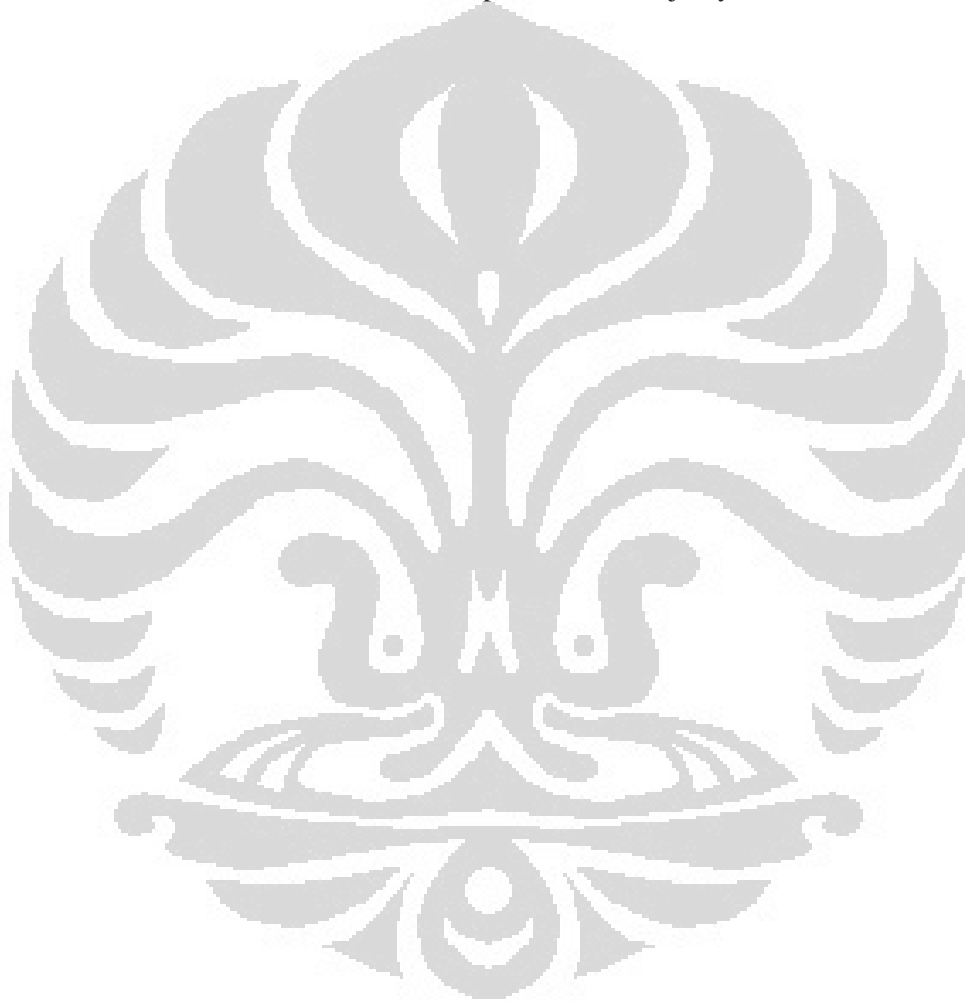
- BAB IV ANALISA PERHITUNGAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini dijelaskan mengenai data hasil dari percobaan, perhitungan dan pengolahan dari data yang telah diambil dari pengujian. Hasil pengolahan data akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik

yang terpadu untuk digunakan sebagai alat bantu analisa terhadap hasil pengolahan data tersebut sehingga dapat bermanfaat untuk mengetahui kondisi unjuk kerja peralatan penelitian.

- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

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



BAB II DASAR TEORI

2.1 MOTOR OTTO

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

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. Berperalatan uji yang digunakan adalah motor *Otto* berbahan bakar bioethanol dengan sistem 4 langkah. Motor Otto merupakan motor pembakaran dalam karena motor otto melakukan proses pembakaran gas dan udara di dalam silinder untuk melakukan kerja mekanis.

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

2.1.1 Siklus Kerja Motor Otto

Komponen-komponen utama dari sebuah motor otto adalah:

1. Katup Masuk (*intake valve*)

Katup masuk adalah katup yang berfungsi untuk mengontrol pemasukan campuran udara-bahan bakar ke dalam silinder mesin dan mencegah terjadinya aliran balik ke dalam saluran masuk campuran udara-bahan bakar (*intake manifold*).

2. Katup Buang (*exhaust valve*)

Katup buang adalah katup yang mengontrol pengeluaran hasil pembakaran dari silinder mesin untuk dibuang keluar dan menjaga agar arah aliran yang mengalir hanya satu arah.

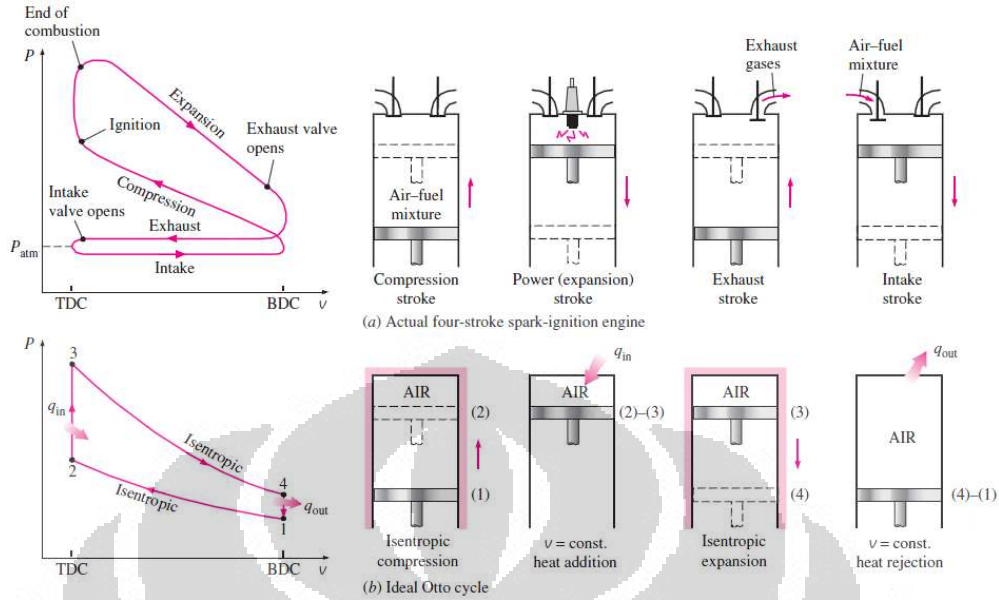
3. Torak

Torak adalah komponen berbentuk silinder yang bergerak naik turun di dalam silinder, dan berfungsi untuk mengubah tekanan di dalam ruang bakar menjadi gerak rotasi poros engkol.

4. Busi

Busi adalah komponen elektrik yang digunakan untuk memicu pembakaran campuran udara-bahan bakar dengan menciptakan percikan listrik bertegangan tinggi pada celah elektroda.

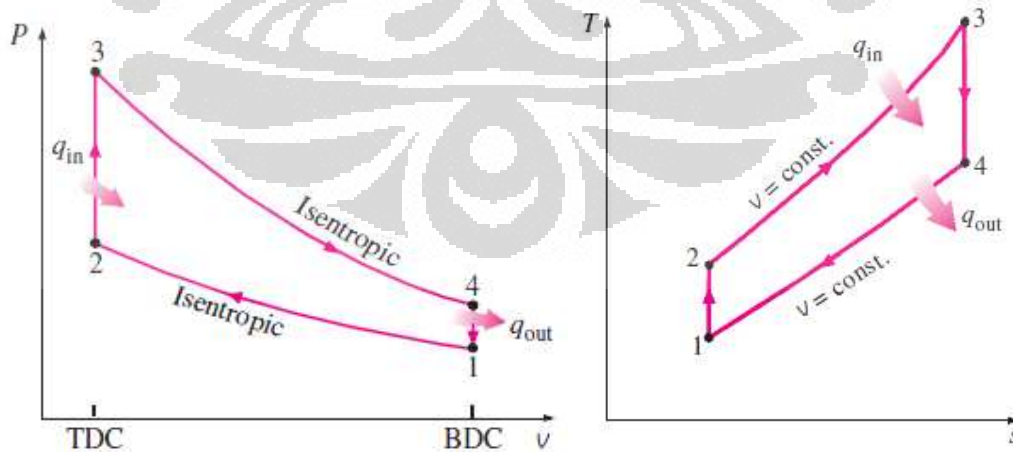
Pada mesin 4 langkah, torak bergerak bolak-balik dalam silinder dari Titik Mati Atas (TMA) menuju Titik Mati Bawah (TMB) sebanyak 4 kali atau 2 putaran engkol untuk memenuhi 1 siklus kerja. Jarak yang ditempuh torak selama gerakan bolak-balik disebut dengan *stroke* atau langkah torak. Langkah-langkah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



Gambar 2.1 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 2.2 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*)

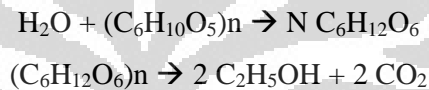
Tekanan tinggi hasil dari proses pembakaran campuran udara-bahan bakar mengakibatkan torak terdorong menjauhi TMA. Dorongan ini merupakan kerja keluaran dari siklus mesin otto. Dengan Bergeraknya torak menuju TMB, volume silinder meningkat sehingga temperatur dan tekanan dalam ruang bakar turun.

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.

2.2 PENGERTIAN BIOETHANOL

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 $\frac{1}{2}$ -1 % piridin dan diberi warna memakai 0,0005% metal violet.

2. Alkohol Murni (96,0 – 96,5 °GL)

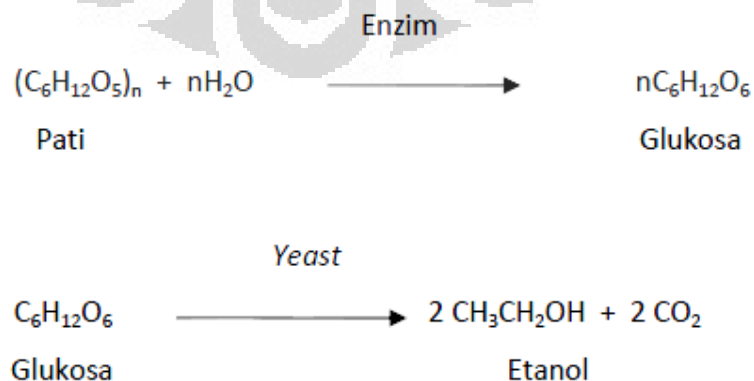
Digunakan terutama untuk kepentingan farmasi dan konsumsi misal untuk minuman keras.

3. Alkohol Absolut (99,7 – 99,8 °GL)

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

2.2.1 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:



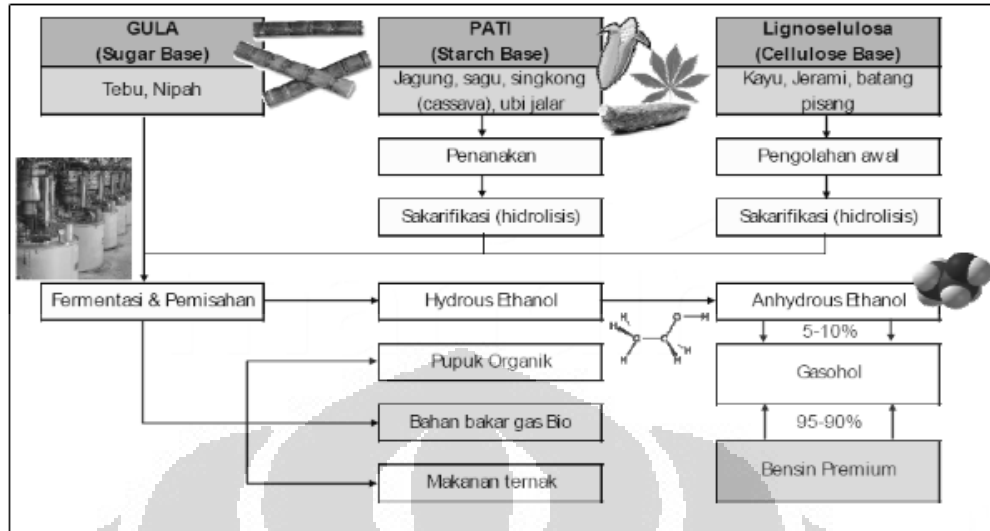
Bahan Baku yang sering digunakan untuk pembuatan etanol dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu:

- 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.

Sumber	Berat (kg)	Kandungan Pati (kg)	Jumlah Bioetanol (liter)	Perbandingan Hasil
Ubi Kayu	1.000	240 -300	166,5	6,5 : 1
Ubi Jalar	1.000	150 – 200	125	8 : 1
Jagung	1.000	600 – 700	400	2,5 : 1
Sagu	1.000	120 – 160	90	12 : 1
Tetes Tebu	1.000	450 – 520	250	4 : 1
Tebu	1.000	110	67	15 : 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 2.3 Diagram Alir Fermentasi Ethanol dan Berbagai Bahan Baku

2.2.2 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 alkohol 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 alkohol 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 Kementerian 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.

2.2.3 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.

Rendahannya 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.

2.3 PARAMETER KINERJA MOTOR

Karakter unjuk kerja suatu motor bakar torak dinyatakan dalam beberapa parameter diantaranya adalah konsumsi bahan bakar, konsumsi bahan bakar spesifik, perbandingan bahan bakar-udara, daya keluaran. Berikut ditampilkan

rumus-rumus dari beberapa parameter yang digunakan dalam menentukan unjuk kerja motor bakar torak :

Daya yang Terukur (\dot{w}_b)

$$\dot{w}_b = V \times I \times \frac{3600}{1000} \dots\dots\dots(2.1)$$

\dot{w}_b = Daya yang terukur (kWh)

E = Daya listrik yang terukur per-jamnya (kWh)

P = Daya listrik yang terukur (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Konsumsi Bahan Bakar / Fuel Consumption (FC)

$$BFC = \frac{V_f \times 3600}{t \times 1000} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

BFC = Konsumsi bahan bakar (L/jam)

V_f = Konsumsi bahan bakar selama t detik (mL)

t = Interval waktu pengukuran konsumsi bahan bakar (detik)

Laju Aliran Massa Bahan Bakar (\dot{m}_f)

$$\dot{m}_f = \frac{BFC \times \rho_f}{3600 \times 1000} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

\dot{m}_f = Laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

BFC = Konsumsi bahan bakar (L/jam)

ρ_f = Massa jenis bahan bakar (kg/m³)

Specific Fuel Consumption (SFC)

$$SFC = \frac{\dot{m}_f}{\dot{w}_b} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

BSFC = Brake Specific Fuel Consumption (Kg/kWh)

\dot{m}_f = laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

\dot{w}_b = Daya yang terukur (kWh)

Efisiensi Thermal (η_{th})

$$\eta_{th} = \frac{\dot{w}_b}{\dot{m}_f \times Q_{HV}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

η_{th} = Efisiensi thermal (%)

\dot{w}_b = Daya yang terukur (kWh)

\dot{m}_f = Laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

Q_{HV} = Nilai kalor bahan bakar (kKal/Kg)

2.4 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 (SOx), nitrogen oksida (NOx) 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.

2.4.1 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 terbang 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 disain dan operasi. Salah satunya dapat

disebabkan karena penyalaan yang tidak stabil (*misfire*). Oksidasi dari hidrokarbo merupakan proses rantai dengan hasil lanjutan berupa aldehid. Beberapa jenis aldehid bersifat stabil dan keluar bersama gas buang. Sumber utama dari pembentukan hidrokarbon adalah *wall quenching* yang diamati pada saat api menjalar ke arah dinding, terdapat lapisan tipis yang tidak terjadi reaksi kimia kecuali terjadinya pemecahan bahan bakar. Lapisan tipis ini mengandung hidrokarbon yang tidak terbakar atau disebut juga *quench distance*.

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

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

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

Apabila CC bekerja dengan normal tapi HC tetap tinggi, maka hal ini menunjukkan gejala bahwa AFR yang tidak tepat atau terjadi misfire. AFR yang terlalu kaya akan menyebabkan emisi HC menjadi tinggi. Ini biasanya disebabkan antara lain kebocoran *fuel pressure regulator*, setelan karburator tidak tepat, filter udara yang tersumbat, sensor temperatur mesin yang tidak normal dan sebagainya

yang dapat membuat AFR terlalu kaya. *Injector* yang kotor atau *fuel pressure* yang terlalu rendah dapat membuat butiran bensin menjadi terlalu besar untuk terbakar dengan sempurna dan ini juga akan membuat emisi HC menjadi tinggi. Apapun alasannya, AFR yang terlalu kaya juga akan membuat emisi CO menjadi tinggi dan bahkan menyebabkan outlet dari CC mengalami overheat, tetapi CO dan HC yang tinggi juga bisa disebabkan oleh bocornya pelumas ke ruang bakar.

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

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

2.4.2 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.

2.4.3 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*.

2.4.4 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.

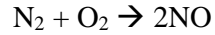
Mesin tetap dapat bekerja dengan baik walaupun AFR terlalu kurus bahkan hingga AFR mencapai 16:1. Tapi dalam kondisi seperti ini akan timbul efek lain seperti mesin cenderung knocking, suhu mesin bertambah dan emisi senyawa NO_x juga akan meningkat drastis.

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.

2.4.5 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 N_2 bereaksi dengan O_2 . Jika terdapat N_2 dan O_2 pada temperatur lebih dari $1800\text{ }^\circ\text{C}$, akan terjadi reaksi pembentukan gas NO sebagai berikut:



Di udara, NO mudah berubah menjadi NO_2 . Komposisi NOx di dalam gas buang terdiri dari 95% NO, 3-4% NO_2 , dan sisanya adalah N_2O serta N_2O_3 .

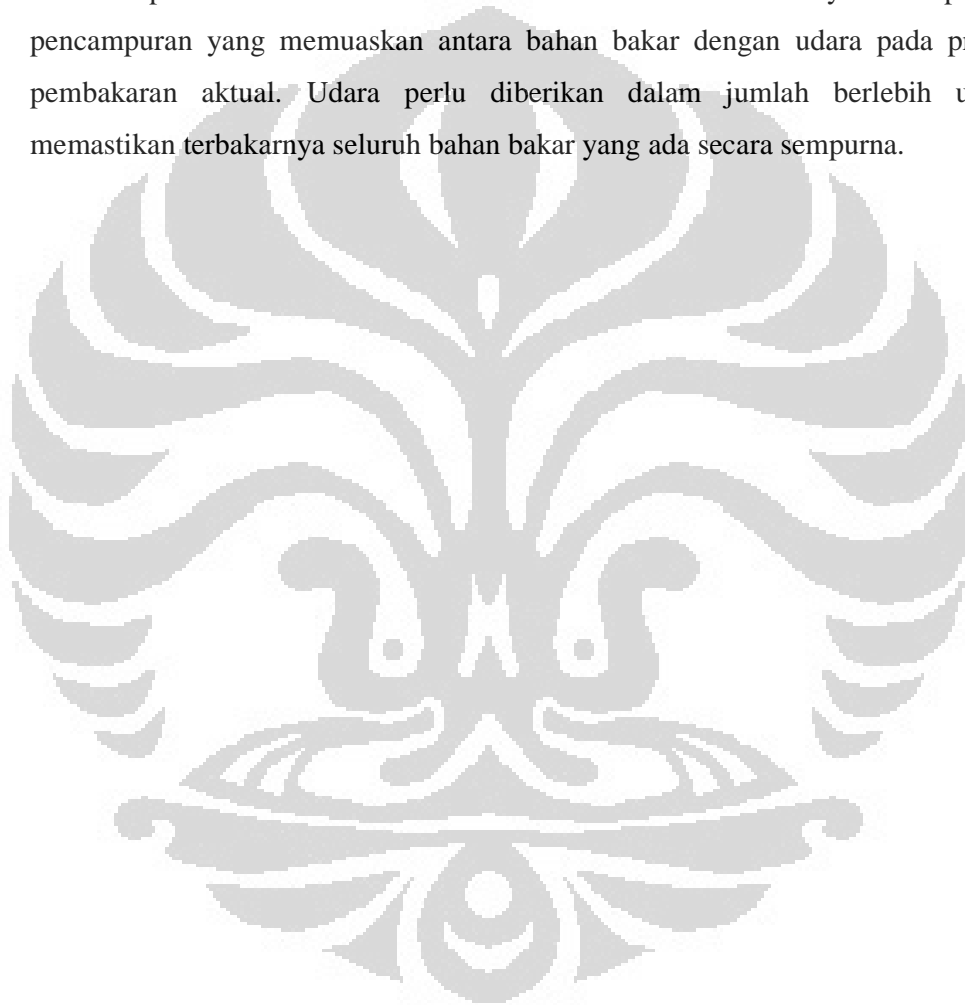
Tidak seperti gas polutan lainnya yang mempunyai daya destruktif yang tinggi terhadap kesehatan manusia, NO merupakan gas inert dan hanya bersifat racun. Sama halnya dengan CO, NO mempunyai afinitas yang tinggi terhadap oksigen dibandingkan dengan hemoglobin dalam darah. Dengan demikian pemaparan terhadap NO dapat mengurangi kemampuan darah membawa oksigen sehingga tubuh kekurangan oksigen dan mengganggu fungsi metabolisme. Namun NO_2 dapat menimbulkan iritasi terhadap paru-paru. Bila konsentrasi cemaran NOx dan SOx di atmosfer tinggi, maka akan diubah menjadi HNO_3 dan H_2SO_4 . Adanya hidrokarbon, NO_2 , oksida logam Mn (II), Fe (II), Ni (II), dan Cu (II) mempercepat reaksi SO_2 menjadi H_2SO_4 . HNO_3 dan H_2SO_4 bersama-sama dengan HCl dari emisi HCl menyebabkan derajat keasaman (pH) hujan menjadi rendah (hujan asam). ([chem-is-try.org/NOx-Sox-NO₂](http://chem-is-try.org/NOx-Sox-NO2)).

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

2.4.6 Udara Berlebih (*Excess Air*)

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



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 METODE EKSPERIMENTAL

Agar tujuan penelitian dapat tercapai maka dalam penelitian ini digunakan metode penelitian eksperimental, yaitu metode yang dapat dipakai untuk menguji pengaruh unjuk kerja *low grade ethanol* dari pemanfaatan gas buang motor bakar statis sebagai sumber energi *compact distillator*. Pemanfaatan gas buang motor sebagai sumber pemanas *distillator* dianalisa untuk mengetahui dampak yang dihasilkan terhadap kinerja motor serta kualitas gas buang setelah digunakan untuk proses distilasi.

Pada penelitian ini pengujian dilakukan dengan menggunakan bahan bakar bioethanol dengan beragam konsentrasi dengan kondisi *engine* menggunakan dan tanpa *compact distillator*, bahan bakar bensin, beban (*load*), dan pengukuran gas buang yang dihasilkan serta laju konsumsi bahan bakar terhadap laju produksi distilasi bioethanol.

3.2 PERALATAN UJI

1 Bahan Bakar Premium

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

Tabel 3.1. Spesifikasi Bahan Bakar Premium

Jenis	Bensin tanpa Timbal
Nilai Kalor Spesifik	11973 Kkal/Kg

Sumber : Wikipedia

2 Bahan Bakar 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 Genset Sumura ET 1500

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

Tabel 3.4. Spesifikasi Genset Sumura ET 1500

Generator	
Type	Single Phase, Brushless, Capacitor Type, AC
Voltage	220 V/50 Hz
Max Power	0.9 KW/50 Hz
Rated Power	0.85 KW/50 Hz
Engine	
Type	1 Cylinder, 4-stroke, Forced air cooling gas
Model	A154F
Bore	
Stroke	
Displacement	80.7 cc
Rated Power	1.17 KW/3000 rpm, 1.32 KW/3600 rpm
Bahan Bakar	Bensin tanpa timbale
Oli	SAE 15W-40SF
Fuel Tank Capacity	5.5 L
Dimensi	450 x 350 x 365 (mm)
Berat Bersih	26 Kg

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	
Jangkauan Pengukuran		
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 (untuk panjang <i>probe</i> 3 m)	
Dimensi	400 x 180 x 420 mm	
Berat	13.5 kg	
Waktu pemanasan	Maksimal 15 menit	
Sumber Tegangan	110/220/240 V 50/60 Hz	
Tes Kebocoran dan Kalibrasi	otomatis	
Kontrol Aliran Internal dan Kalibrasi	otomatis	

6 Multimeter dan *ThermoCouple*

Multimeter digunakan sebagai alat ukur tegangan dan arus listrik yang dihasilkan oleh generator. Sedangkan *thermocouple* digunakan untuk mengamati perubahan temperatur yang terjadi selama proses distilasi.

Tabel 3.6. Spesifikasi Multimeter

Merek	Fluke
Model	189 True-rms
Jenis	Multimeter
Negara Pembuat	Amerika
Tahun Pembuatan	1999
Jangkauan Pengukuran	
Arus	Max 10 A
Tegangan	Max 1000 V
Fase	AC/DC
Ketelitian Thermo Couple	0.1 °C
Satuan Temperature	°C, °F
Capacitance	Up to 50000 µF
Resistance	Up to 500 MΩ
Kalibrasi	Otomatis
Sumber Tegangan	4 Baterai @ 1.6 Volt
Memory	Up to 100 saved readings

7 Timbangan Digital

Alat ukur massa ini digunakan sebagai alat bantu untuk mengetahui laju perubahan massa bahan bakar oleh konsumsi *engine*. Serta untuk mengukur massa persatuan volume bahan bakar untuk mendapatkan nilai densitas bahan bakar tersebut.

Tabel 3.7. Spesifikasi Timbangan Digital

Merek	AND
Model	EK-300i
Jenis	Timbangan Digital
Negara Pembuat	Jepang
Kapasitas	300 gr
Ketelitian	0.01 gr
Sumber Tegangan	220 Volt
Kalibrasi	Otomatis

8 Tube Level

Alat ukur ini digunakan untuk mengukur laju konsumsi bahan bakar (sebagai pembanding laju massa bahan bakar).

Tabel 3.8. Spesifikasi *Tube Level*

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

9 Gelas Ukur

Tabel 3.9. Spesifikasi Gelas Ukur

Merek	Pyrex
Model	Iwaki Measuring Cylinder
Jenis	Gelas Ukur
Negara Pembuat	Amerika
Kapasitas	500 ml
Ketelitian	± 5 ml

10 Pipet Tetes

Tabel 3.10. Spesifikasi Pipet Tetes

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

11 Alkohol Meter

Digunakan untuk mengukur konsentrasi bioethanol sebelum dan sesudah proses distilasi.

Tabel 3.11. Spesifikasi Alkohol Meter

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

12 Lampu Panel

Lampu panel ini dirangkai secara paralel dan digunakan sebagai beban pada generator set untuk mengetahui kinerja motor Otto.

Tabel 3.12. Spesifikasi Lampu Panel

Jumlah	5 @ 100 Watt
Merek	Philips
Jenis	Lampu Pijar
Negara Pembuat	Indonesia

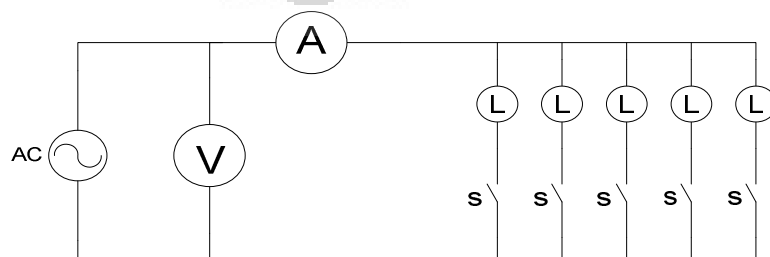
13 Stop Watch

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 3.14. Spesifikasi Stop Watch

Merek	Alba
Jenis	Sport Timer
Ketelitian	0.01 S
Negara Pembuat	China

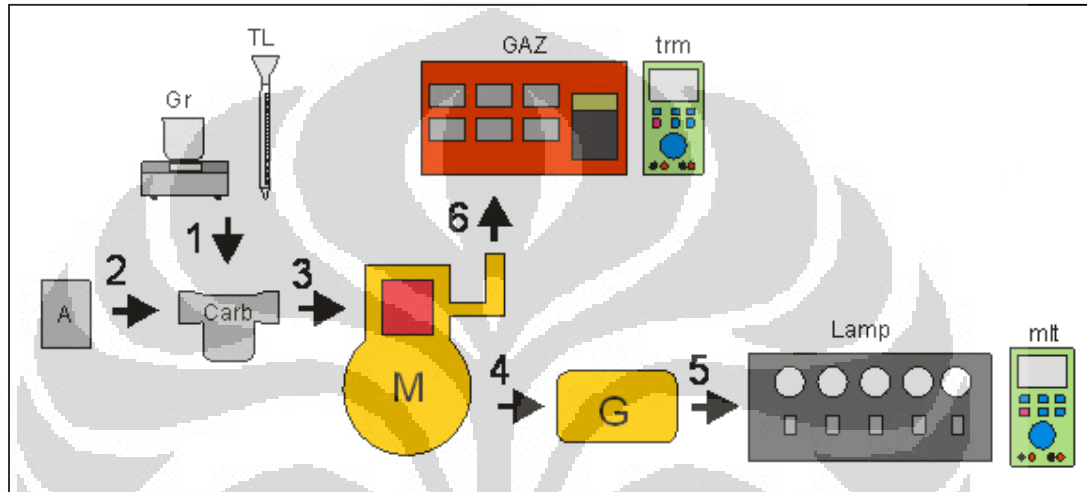
3.3 SKEMATIK PERALATAN UJI



Gambar 3.1. Skema pengukuran Arus dan Tegangan pada lampu panel

Keterangan :

- V = Volt meter
 A = Ampere meter
 L = Lampu @ 100 Watt
 S = Saklar
 AC = Sumber listrik dari generator



Gambar 3.2. Skema alat uji tanpa *compact distillator*

Keterangan :

- A = Air box filter
 M = Motor bakar
 G = Generator
 Gr = Penampung bahan bakar + timbangan digital
 TL = Tube level
 Carb = Karburator
 GAZ = Gas analyzer
 Trm = Termo couple
 Mlt = Multi meter
 Lamp = Lampu panel

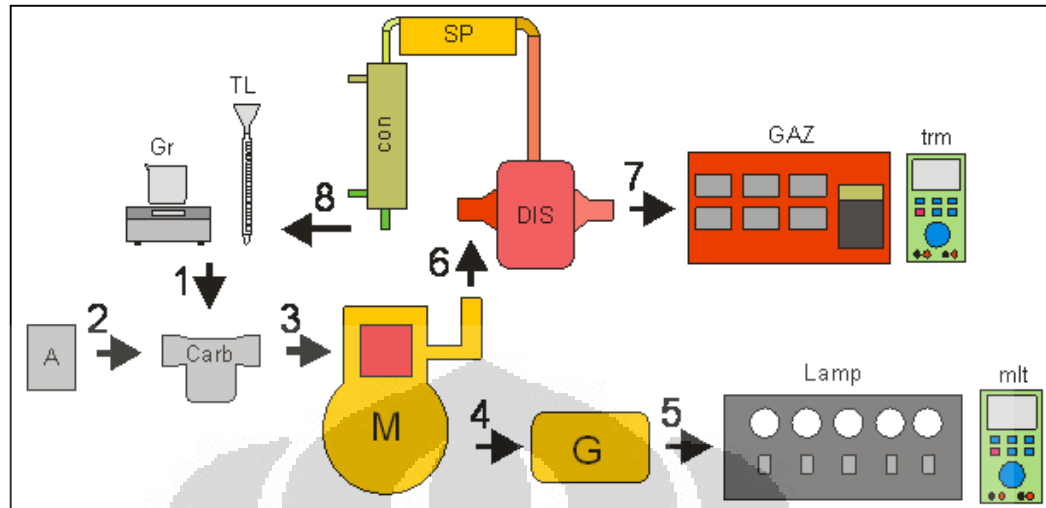
1. Bahan bakar dari timbangan digital mengalir ke karburator. Laju penurunan massa bahan bakar nantinya diukur per satuan waktu

menggunakan *stop watch*. sebagai pembanding dapat dilakukan hal yang sama pada *tube level*.

2. Udara mengalir dan tercampur dengan bahan bakar di karburator.
3. Campuran bahan bakar-udara dari karburator mengalir ke ruang bakar untuk dikonversikan menjadi daya.
4. Daya yang dihasilkan pada putaran poros langsung di *couple* dengan generator tanpa rasio roda gigi.
5. Digenerator daya putar diubah menjadi energy listrik dan dipakai untuk membangkitkan lampu panel sebagai factor pembabanan *engine*. Kemudian daya diukur dengan multi meter.
6. Gas buang hasil pembakaran diruang bakar di analisa menggunakan *gaz analyzer* untuk mengetahui komposisinya dan *thermo couple* untuk mengetahui temperature dari gas buang tersebut.



Gambar 3.3. Foto Alat uji tanpa *compact distillator*



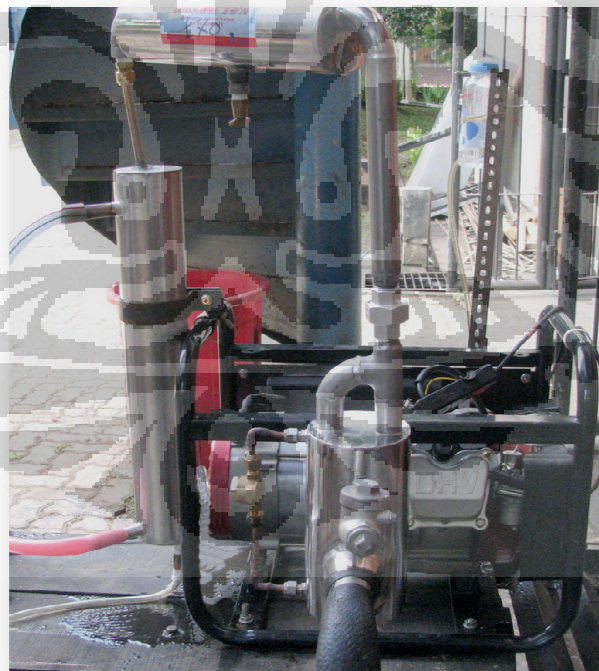
Gambar 3.4. Skema alat uji dengan *compact distillator*

Keterangan :

- A = Air box filter
- M = Motor bakar
- G = Generator
- Gr = Penampung bahan bakar + timbangan digital
- TL = *Tube level*
- Carb = Karburator
- GAZ = *Gaz analyzer*
- Trm = Termo couple
- Mlt = Multi meter
- Lamp = Lampu panel
- DIS = Kolom distilator
- SP = *Sparator*
- Con = kondensor

1. Bahan bakar dari timbangan digital mengalir ke karburator. Laju penurunan massa bahan bakar nantinya diukur per satuan waktu menggunakan *stop watch*. sebagai pembanding dapat dilakukan hal yang sama pada *tube level*.
2. Udara mengalir dan tercampur dengan bahan bakar di karburator.

3. Campuran bahan bakar-udara dari karburator mengalir ke ruang bakar untuk dikonversikan menjadi daya.
4. Daya yang dihasilkan pada putaran poros langsung di *couple* dengan generator tanpa rasio roda gigi.
5. Digenerator daya putar diubah menjadi energy listrik dan dipakai untuk membangkitkan lampu panel sebagai factor pembabanan *engine*. Kemudian daya diukur dengan multi meter.
6. Gas buang hasil pembakaran diruang bakar digunakan untuk memanaskan kolom distilator, keluar dari kolom distilator gas buang dianalisa menggunakan *gaz analyzer* untuk mengetahui komposisinya dan *thermo couple* untuk mengetahui temperature dari gas buang tersebut.
7. *Low grade ethanol* didistilasi, kemudian *high grade ethanol* hasil distilasi di uji dengan mengikuti prosedur 1.



Gambar 3.5. Foto Alat uji dengan *compact distillator*

3.4 PROSEDUR PENGUJIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium termodinamika terapan lantai satu gedung Laboratorium Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia Kampus baru Depok.

3.4.1 Persiapan dan pengaturan peralatan kerja.

3.4.2 Persiapan Bahan Bakar

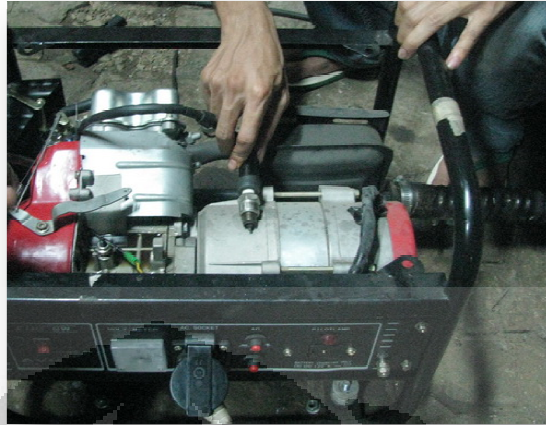
Bahan bakar etanol kita dapatkan dari toko kimia dengan kadar 95% untuk mendapatkan variasi kadar etanol kita dapat menambahkan pengotor berupa air distilasi/aquadest dengan menggunakan gelas dan pipet tetes kemudian kita ukur kadarnya menggunakan alkohol meter, kemudian masing-masing konsentrasi etanol tersebut kita timbang persatuan volume untuk mengetahui nilai densitasnya.



Gambar 3.6. Proses Pencampuran etanol dengan pengotor (aquadest)

3.4.3 Persiapan Mesin

1. Cek kondisi oli mesin, ganti bila perlu
2. Cek kondisi busi, ganti bila perlu



Gambar 3.7. Mengecek kondisi busi

3. *Running engine* pada putaran idle (50 Hz)*
4. Setiap kali ganti jenis bahan bakar seting campuran udara-bahan bakar pada karburator, dengan cara memutar baut setelan udara, cari kondisi rpm paling tinggi.



Gambar 3.8. Seting campuran udara-bahan bakar

5. Setel bukaan katup gas hingga dicapai putaran optimum (3600 rpm)* toleransi ± 50 rpm



Gambar 3.9. Seting putaran mesin dengan membuka katup intake manifold di karburasi

3.4.4 Persiapan *Gas Analyzer*

1. Nyalakan saklar power
2. Warming up \pm 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

3.4.5 Persiapan Thermo Couple

1. Setel temperature pada satuan $^{\circ}\text{C}$ pada tombol seting
2. Letakkan batang thermo couple di bibir muffler (jangan sampai menyentuh permukaan muffler)
3. Tunggu sampai temperature constant. Ditandai dengan terjadinya penurunan temperature yg terbaca kemudian naik hingga perubahan temperature yang terbaca kecil.

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

1. Isi kolom distilator dengan *low grade ethanol* sesuai kadar yang akan diuji.
2. Nyalakan pompa air kondensor.

3.4.7 Pengambilan data

1. Laju konsumsi bahan bakar

Untuk pengambilan data laju konsumsi bahan bakar kita menggunakan timbangan digital dan stop watch. Perubahan massa yang terukur kita catat persatuan waktu yaitu tiap 10 gr dihitung berapa detik waktu yang dibutuhkan. Untuk koreksi kinerja timbangan digital dapat dilakukan dengan tube level, dihitung penurunan level bahan bakar yang tampak pada level tube berapa menit waktu yang dibutuhkan.



Gambar 3.10. Pengukuran laju konsumsi bahan bakar

2. Daya yang terukur

Dari multi tester yang terpasang kita dapat langsung melihat dan mencatat nilai yang terbaca di display digital multi tester. Saat dilakukan penggantian beban/variabel beban biasanya harga yang terbaca pada display fluktuatif, sehingga harus ditunggu hingga konstan.



Gambar 3.11. Multi tester

3. Komposisi gas buang dan temperature

Catat harga masing-masing komposisi gas buang tiap kali penggantian beban/ variasi beban. Ambil data tersebut saat display pada gas analyzer dalam kondisi konstan. Untuk temperature gas buang dapat dilihat pada display fluke thermo couple.



Gambar 3.12. Komposisi gas buang pada display gas analyzer

3.5 PETUNJUK K3L

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

1. Bahaya listrik

Tegangan listrik yang dihasilkan oleh genset Sumura ET 1500 adalah 220 Volt nilai yang cukup tinggi untuk membuat orang terluka/terkejut yang berakibat lemas dan bahkan kematian.

Prosedur :

- a. Pastikan tidak ada jaringan listrik/kabel yang terbuka, jika ada segera diisolasi
- b. Tempatkan jaringan listrik/kabel pada area yang tidak digunakan untuk beraktifitas
- c. Usahakan rangkayan listrik terletak berdekatan antara sumber (generator), lamp board, dan multi tester. Agar area bahaya makin sempit.
- d. Hindarkan/jauhkan dari bahan-bahan yang bersifat konduktor seperti peralatan mekanik (sebaiknya setelah digunakan tool langsung dimasukkan kedalam tool box), air hujan agar terhindar dari konsleting (cari area yang beratap).

2. 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. Arahkan muffler engine kearah areal yang kosong (tidak ada aktifitas manusia)
- 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.

3. 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 yang diberi hembusan udara dari blower engine terukur 70-85 °C, pada exhaust manifold terukur 150-300 °C, pada muffler 100-250 °C. temperature tersebut dapat mengancam bahaya luka bakar pada operator.

Prosedur :

- a. Tempatkan engine pada area bebas dari aktifitas manusia/daerah lalulalang.
 - 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.
4. 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 3.13. Penggunaan 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.

5. 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.

6. Lindung 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

4.1 HASIL PENGUJIAN KONSUMSI BAHAN BAKAR

Penggunaan bahan bakar bioethanol pada motor Otto 4 langkah 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.

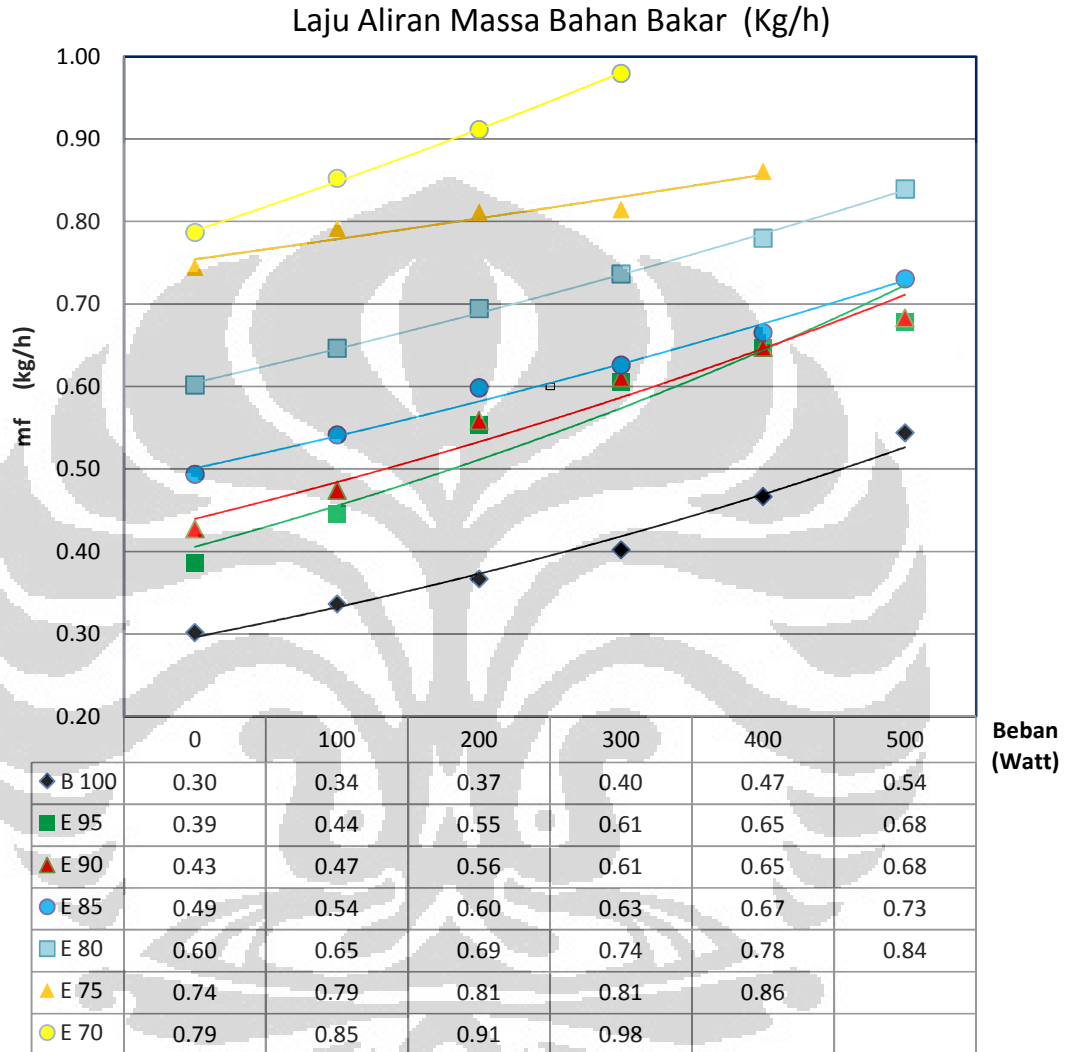
Percobaan dilakukan pada motor Otto berbahan bakar bioethanol dengan variasi konsentrasi ethanol pada beban yang beragam dengan pemanfaatan gas buang untuk pemanas distillator. Parameter kinerja motor pembakaran dalam dapat ditinjau berdasarkan energi yang terkandung pada tiap satuan bahan bakar untuk membangkitkan daya motor yang dihasilkan. Hal tersebut dapat diperoleh dari data pengujian berupa Laju massa bahan bakar (m_f), *Fuel Consumption (FC)*, dan *Spesific Fuel Consumption (SFC)*.

4.1.1 Laju aliran massa bahan bakar tanpa distilator (m_f)

Pada penelitian ini nilai m_f dihasilkan dari pengukuran laju penurunan massa bahan bakar terhadap satuan waktu. Tangki bahan bakar yang diletakkan diatas timbangan digital bertujuan untuk mengukur laju konsumsi bahan bakar yang terjadi saat genset mulai dioperasikan. Pengukuran dilakukan berdasarkan lamanya waktu konsumsi bahan bakar oleh motor setiap perubahan 10 gram bahan bakar. Kemudian data tersebut dikonversikan menjadi Kg/h lalu diplotting ke dalam grafik untuk mengetahui besarnya konsumsi yang terjadi pada setiap variasi beban.

Dari grafik diatas laju konsumsi bahan bakar ter rendah adalah bahan bakar bensin kemudian disusul oleh ethanol kadar 95% dan 90%, dilihat dari trend yang terjadi kondisinya selalu sejajar antara bahan bakar ethanol dengan bahan bakar bensin. Hanya pada ethanol terjadi perpotongan pada beban 400 Watt. Pada ethanol konsentrasi 75%, di beban 500 watt putaran genset tidak sampai 3600 rpm

walau trothel gas dibuka penuh. Pada ethanol konsentrasi 70%, di beban 400 watt putaran genset tidak sampai 3600 rpm walau trothel gas dibuka penuh, pada beban 500 watt genset tidak mampu hidup.

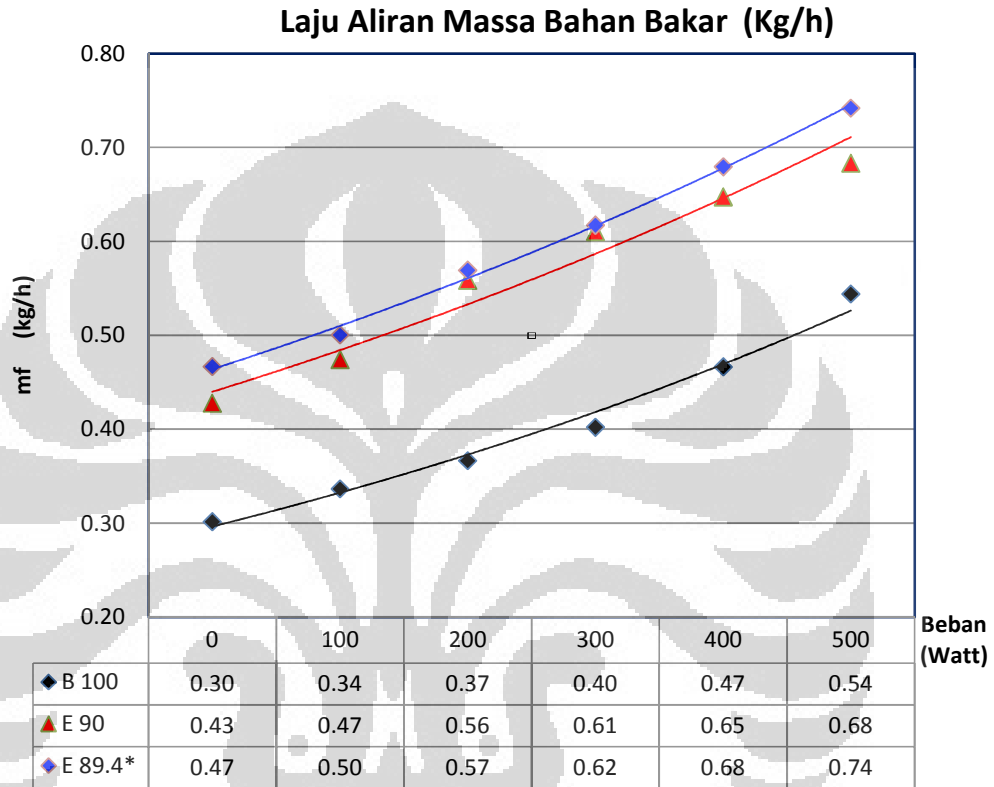


Gambar 4.1 Grafik laju massa bahan bakar dengan variasi konsentrasi ethanol teknis produk farmasi.

4.1.2 Laju aliran massa bahan bakar dengan distilator (m_f)

Ethanol hasil distilasi menggunakan *compact distillator* berkadar 89.4% laju massa bahan bakar untuk konsumsi genset sedikit lebih boros dari ethanol teknis produk farmasi dengan kadar 90%. Hal ini kemungkinan disebabkan distilator tidak begitu sempurna mendistilasi ethanol, kemungkinan ada zat pengotor lain yang ikut ter distilasi sehingga mengurangi mutu ethanol hasil distilasi tersebut.

Dilihat dari perbedaannya antara ethanol hasil distilasi *compact distillatory* dengan ethanol teknis produk farmasi berkisar 0.03 Kg per jamnya, nilai tersebut tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dengan biaya ethanol teknis produk farmasi yang berharga Rp. 35.000 per liternya.

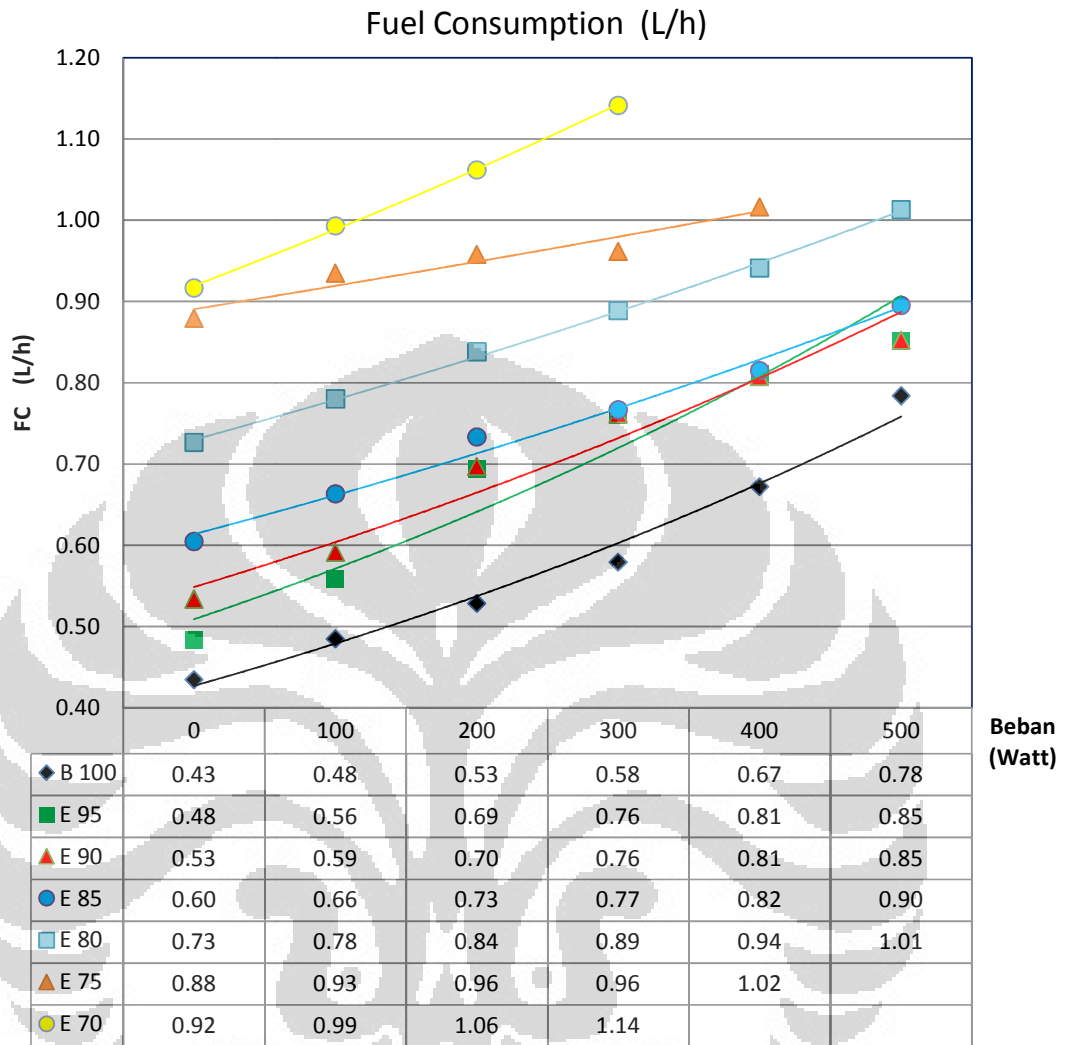


Gambar 4.2 Grafik laju massa bahan bakar dengan ethanol hasil distilasi *compact distillator*.

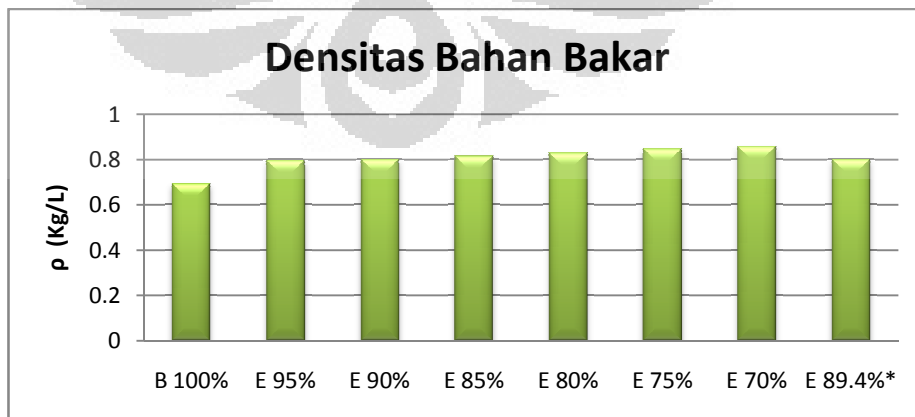
4.1.3 Fuel Consumption tanpa distilator (FC)

Harga FC bisa kita dapatkan dari pengukuran laju aliran bahan bakar dalam volume per satuan waktu yang dibutuhkan (L/h). dalam penelitian ini kita mendapat harga FC dari mf (Laju masa bahan bakar) dibagi densitas dari bahan bakar tersebut.

Tren yang terjadi tidak jauh berbeda dengan laju massa bahan bakar, perbedaan diantaranya hanya dipengaruhi oleh harga densitasnya.

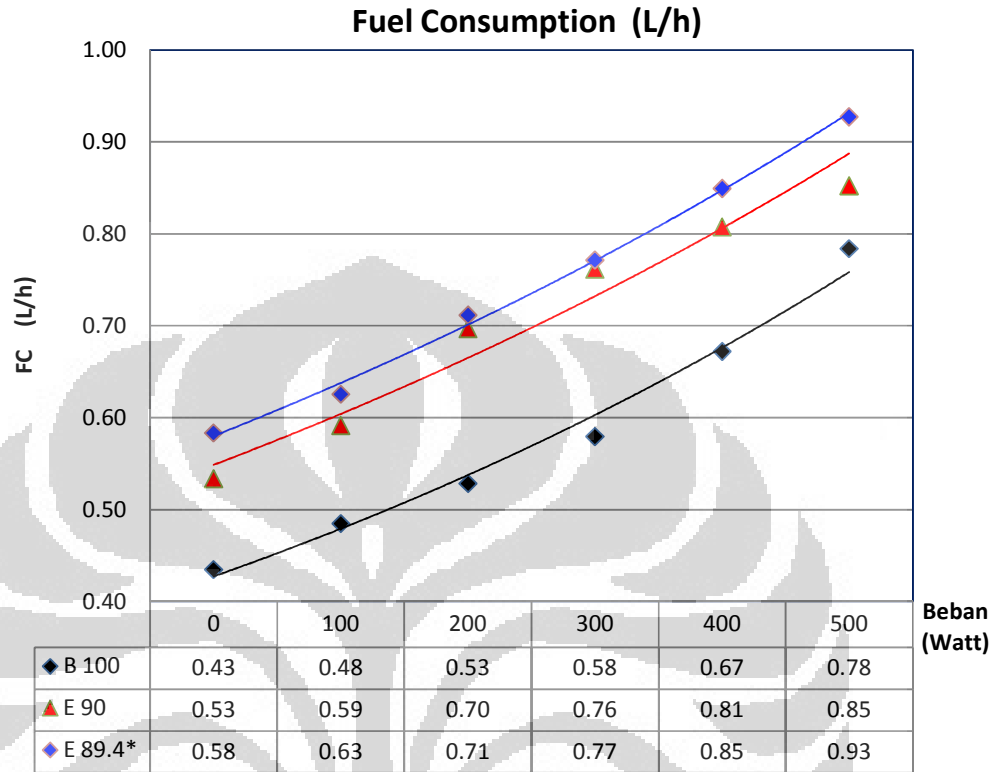


Gambar 4.3 Grafik laju konsumsi bahan bakar dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan beban

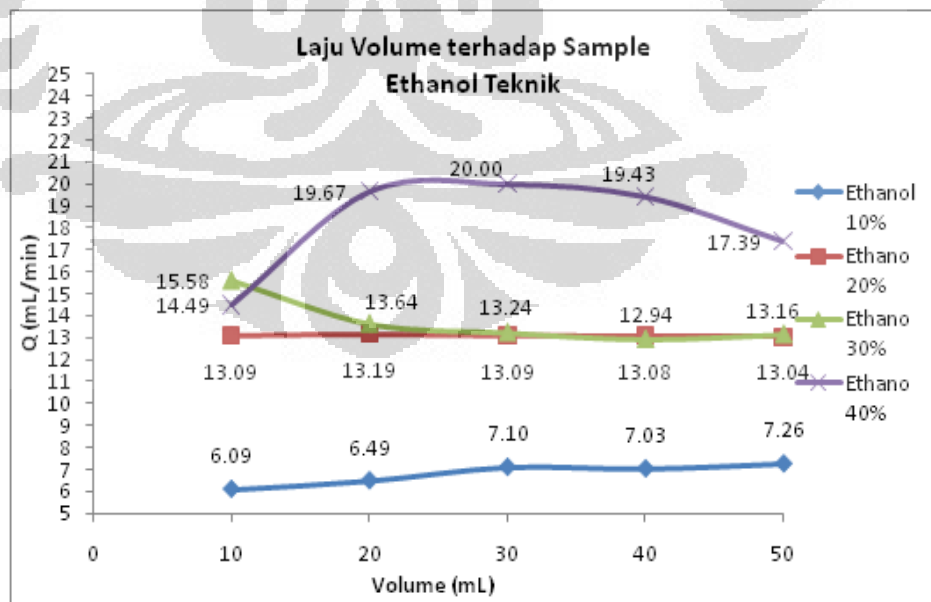


Gambar 4.4. Densitas bahan bakar

4.1.4 Fuel Consumption dengan distilator (FC)



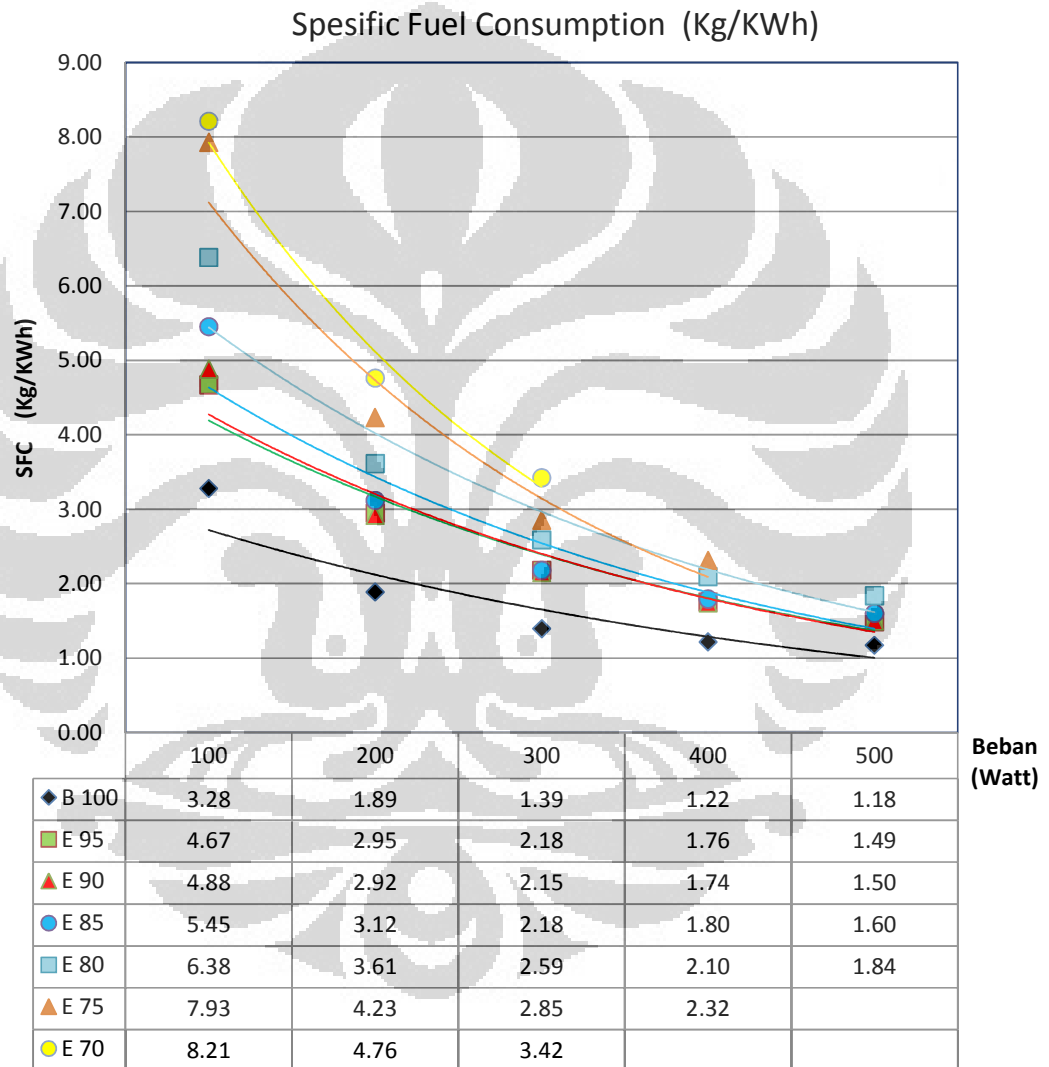
Gambar 4.5 Laju konsumsi bahan bakar hasil distilasi



Gambar 4.6 Laju distilasi compact distilator

Dari grafik laju distilasi yang dihasilkan oleh *compact distillator* pada ethanol teknis tetes tebu berkadar 40% mempunyai nilai rata-rata 0.83 L/h. untuk kebutuhan konsumsi bahan bakar genset terhadap ethanol hasil distilasi tersebut maka *compact distillator* hanya mampu mencukupi kebutuhan laju konsumsi genset hingga beban 300 watt.

4.1.5 Specific Fuel Consumption tanpa distilator (SFC)



Gambar 4.7 Grafik *Specific Fuel Consumption* dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan beban

Specific Fuel Consumption didefinisikan sebagai perbandingan antara laju aliran massa bahan bakar terhadap daya yang dihasilkan (output). Dapat pula dikatakan bahwa *Specific Fuel Consumption* (SFC) menyatakan seberapa efisien

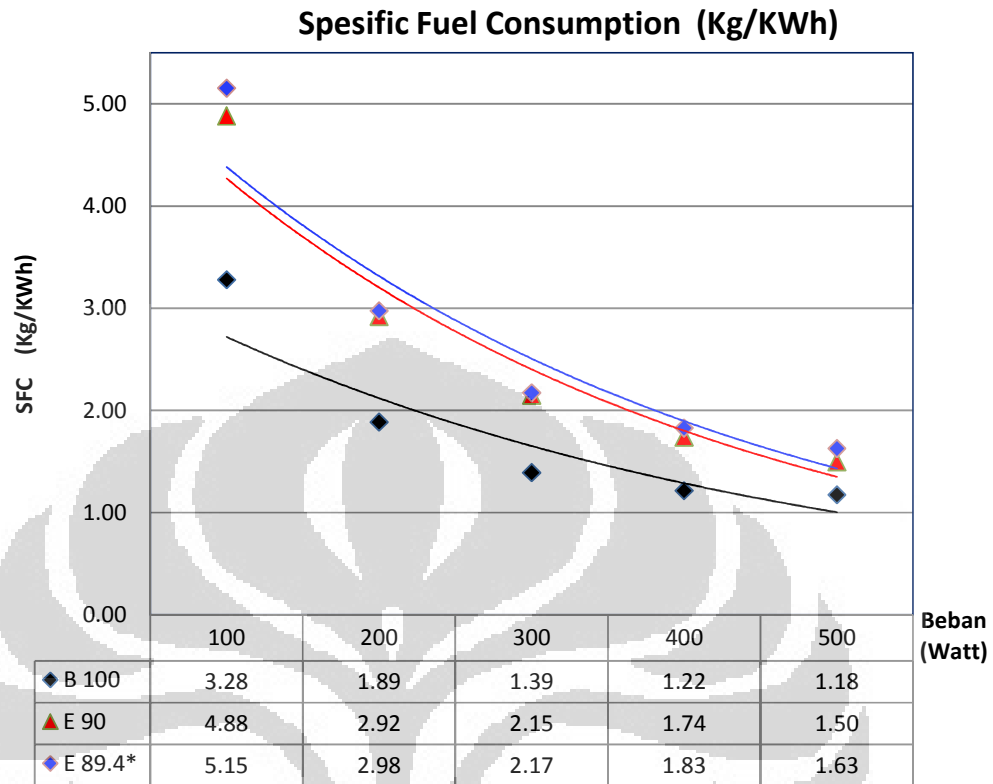
bahan bakar yang disuplai ke mesin untuk dijadikan daya out-put. Harga dari *Specific fuel consumption* didapatkan dari harga laju massa bahan bakar (m_f) per satuan daya yang dihasilkan dalam satuan SI Kg/KWh.

Trend yang terjadi adalah terjadinya penurunan level pada kenaikan beban, konsumsi bahan bakar yang dikonversikan ke daya akan semakin hemat seiring kenaikan daya yang digunakan, namun dari hasil pengambilan data, seiring naiknya beban yang dipasang pada rpm yang dijaga constant pada 3600 rpm terjadi penurunan daya yang terukur, hal ini kemungkinan terjadi karena efisiensi generator turun pada daya tinggi, karena pada mesin saat beban dinaikan maka rpm akan turun sehingga perlu penambahan bukaan katup intake manifold yang secara langsung mengakibatkan laju konsumsi bahan bakar naik hingga tercapai rpm semula (3600 rpm). Namun laju kenaikan konsumsi tidaklah berbanding linier terhadap bebanya, artinya jika beban 1 watt dibutuhkan konsumsi sebesar 1 liter bahan bakar maka pada saat beban dinaikkan duakalinya (2 Watt) maka laju konsumsi bahan bakar tidaklah menjadi duakali lipatnya juga (2 liter) namun justru dibawah 2 liter misal 1,3 1,4 atau 1,5 tergantung nilai efisiensi bahan bakarnya masing-masing.

Pada grafik SFC terlihat nilai efisiensi konsumsi bahan bakar pernaiknya beban lampu ternyata bahan bakar bensin memang masih paling efisien. Sedangkan untuk bahan bakar ethanol kadar 85%, 90%, dan 95% nilainya cukup berhimpit dari beban 100 watt hingga 500 watt.

4.1.6 Specific Fuel Consumption tanpa distilator (SFC)

Karakteristik harga *specific fuel consumption* dari ethanol hasil distilasi menunjukkan trend yang selalu sejajar dengan ethanol teknis produk farmasi hal ini menunjukkan kualitas ethanol hasil distilasi terhadap efisiensi per penambahan beban sama dengan ethanol produk farmasi. jika kita bandingkan dengan trend dari bahan bakar bensin, terlihat pada penambahan beban trendnya hampir bertemu pada beban makin tinggi. Hal ini menggambarkan nilai efisiensi bahan bakar ethanol terhadap pembebanan lebih baik daripada bahan bakar bensin.

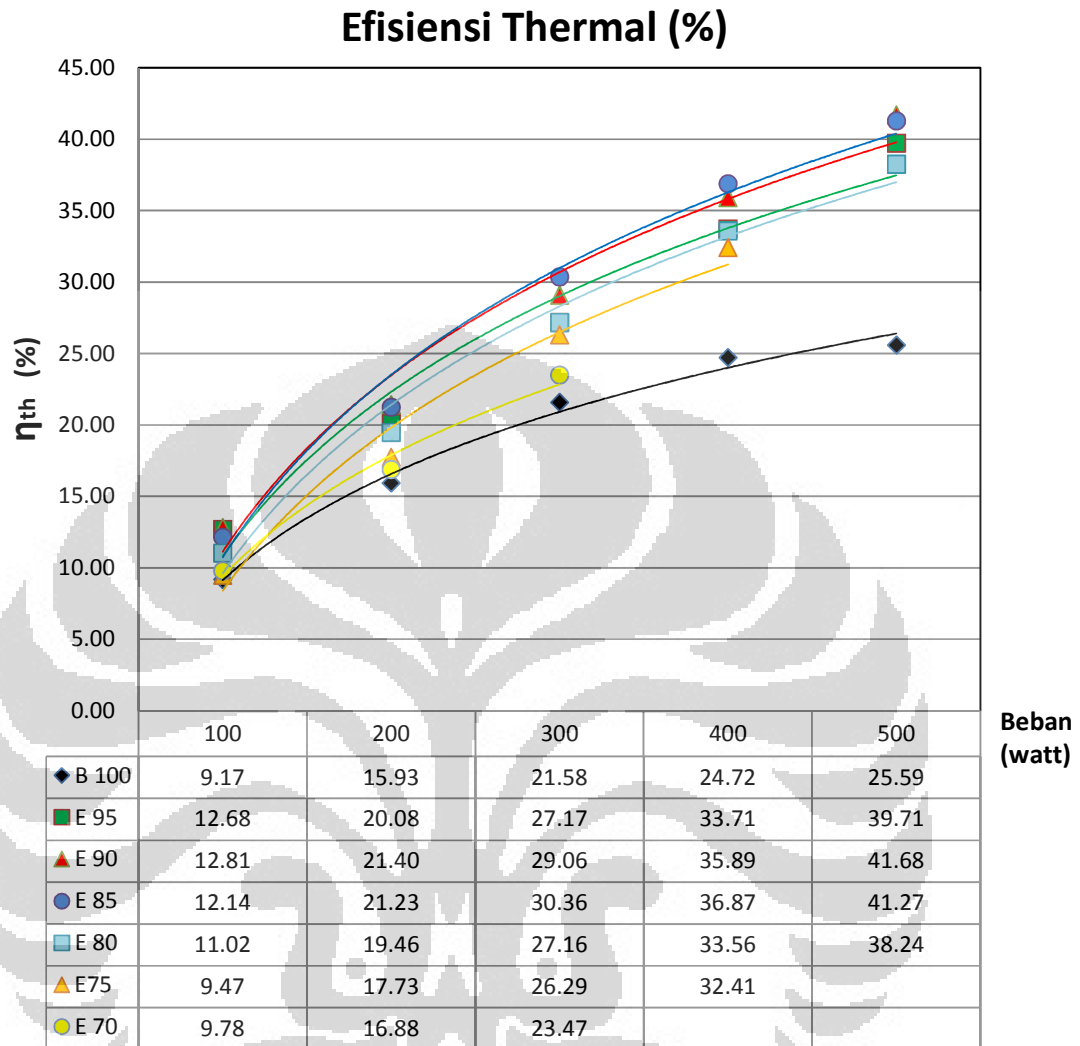


Gambar 4.8 *Specific Fuel Consumption* ethanol hasil distilasi

4.1.7 Efisiensi Thermal Bahan Bakar tanpa distilator (η_{th})

Efisiensi Thermal η_{th} merupakan ukuran pemakaian bahan bakar oleh mesin. Efisiensi ini menunjukkan seberapa banyak daya yang dihasilkan oleh sejumlah laju panas yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar. Laju pelepasan panas sendiri merupakan hasil dari laju aliran bahan bakar dan nilai pembakaran bahan bakar. Sehingga untuk meningkatkan efisiensi thermal, daya output mesin dapat ditambah dengan cara meningkatkan laju aliran bahan bakar atau dengan menggunakan bahan bakar dengan nilai pembakaran yang tinggi.

Dari grafik nilai efisiensi thermal terlihat jelas trend efisiensi thermal dari bahan bakar bensin berada dibawah ethanol, hal ini dipengaruhi beberapa faktor secara langsung adalah nilai kalor spesifik bahan bakar (LHV) dimana didalam rumus harga LHV sebagai faktor pembagi sehingga semakin tinggi nilai LHV suatu bahan bakar maka cenderung akan mempunyai nilai efisiensi termal yang rendah, namun parameter tersebut berkaitan dengan kemampuan bahan bakar



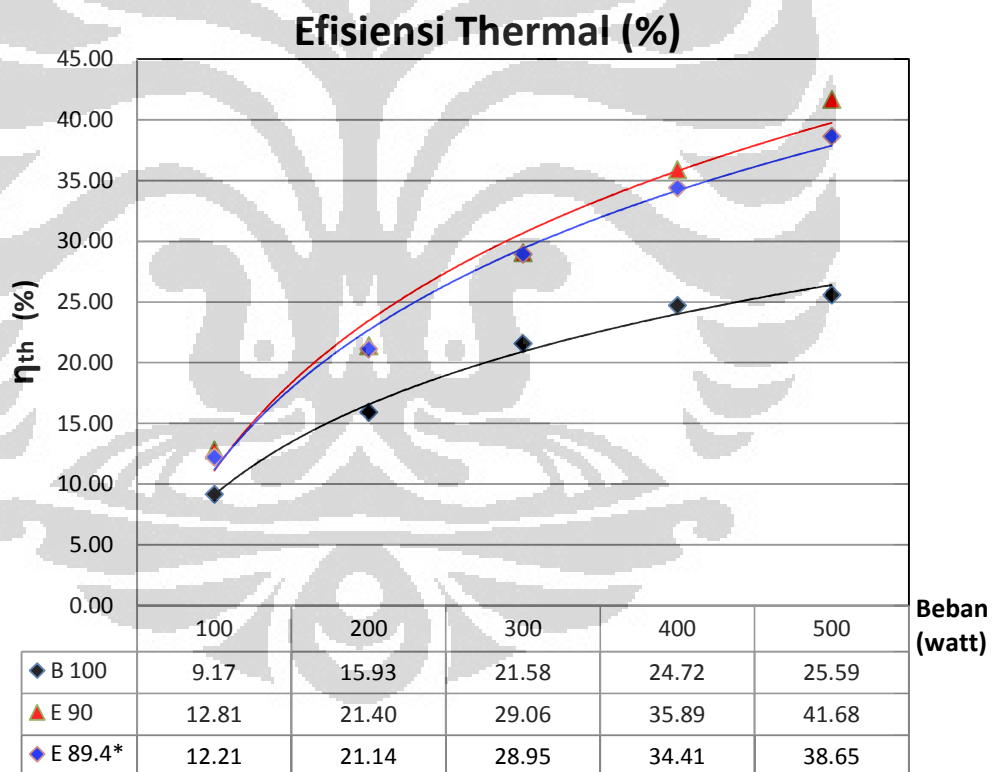
Gambar 4.9 Grafik efisiensi termal dengan variasi konsentrasi etanol terhadap perubahan beban

menghasilkan daya (E) dimana daya (E) didalam rumus berperan sebagai faktor pengali sehingga semakin bahan bakar tersebut mampu menghasilkan daya yang besar maka akan berpotensi mempunyai efisiensi thermal yang tinggi, dari hubungan kemampuan bahan bakar menghasilkan daya (E) terhadap jumlah bahan bakar yang harus digunakan (laju konsumsi bahan bakar) akan menentukan pula terhadap harga efisiensi thermal-nya, laju konsumsi persatuan massa (mf) memberi kontri busi sebagai faktor pembagi didalam rumus efisiensi thermal. Jadi dapat kita simpulkan bahwa suatu bahan bakar akan mempunyai nilai efisiensi thermal tinggi jika memiliki nilai konsumsi bahan bakar rendah, nilai LHV yang

rendah namun memiliki nilai pembakaran yang tinggi, hal ini dapat dicapai jika nilai oktan bahan bakar tinggi (oktan bahan bakar etanol 94 MOH) sehingga proses pembakaran diruang bakar akan lebih sempurna karena bahan bakar mampu bertahan pada kompresi tinggi dan terbakar sempurna pada waktunya sehingga nilai kalor yang terkandung dalam bahan bakar walaupun rendah namun efisien.

Untuk trend persatuan pembebanan nilai efisiensi thermal-nya semakin naik seperti yang digambarkan pada diagram SFC dimana konsumsi bahan bakar yang dikonversikan ke daya akan semakin hemat seiring kenaikan daya yang digunakan.

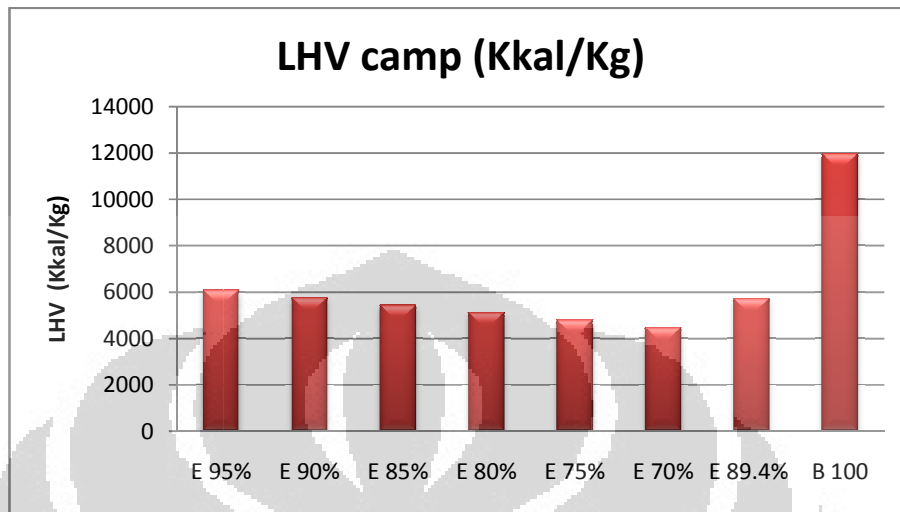
4.1.8 Efisiensi Thermal Bahan Bakar distilator (η_{th})



Gambar 4.10 Efisiensi thermal ethanol hasil distilasi

Pada beban 100, 200 dan 300 watt nilai efisiensi kalor bahan bakar ethanol hasil distilasi dengan ethanol produk farmasi hampir sama padahal laju massa bahan bakar dari kedua jenis ethanol tersebut terdapat selisih. Hal ini

kemungkinan disebabkan oleh harga kalor spesifik kedua jenis ethanol tersebut yang berbeda.



Gambar 4.11 Kalor spesifik bahan bakar

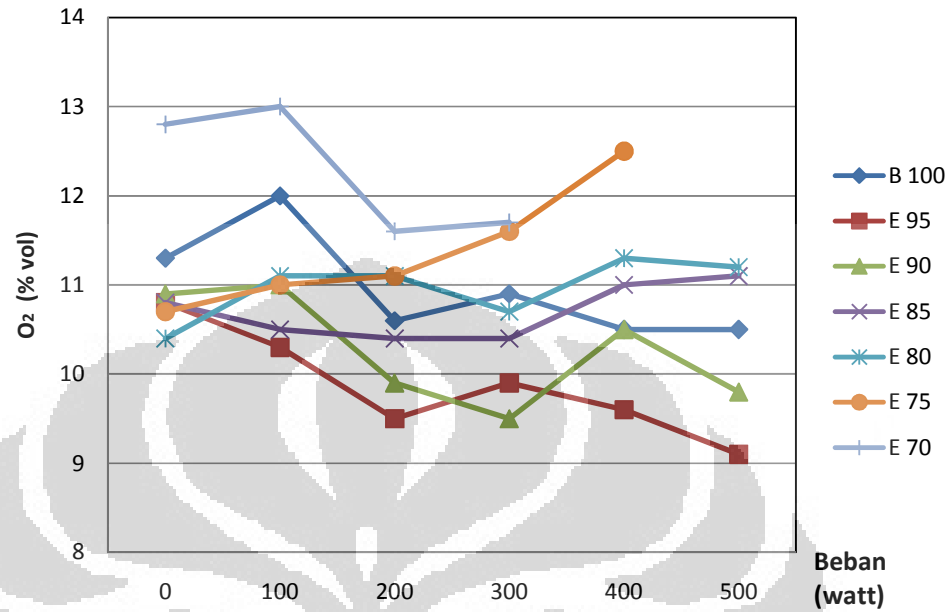
4.2 KONDISI GAS BUANG YANG TERUKUR

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 dibuangkan 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.

4.2.1 Kadar Oksigen tanpa distilator (O₂)

Ditinjau dari grafik diatas perubahan kadar oksigen yang terukur pada tiap proses pembebanan tidak begitu signifikan perubahannya, hanya pada ethanol kadar 75% terjadi kenaikan di beban 300, dan 400 watt meskipun kenaikan hanya bernilai 2% vol. tingkat kadar oksigen yang terjadi menunjukkan proses pembakaran sudah cukup baik namun belum sempurna. Pada ethanol kadar 75% terjadi kenaikan karena mungkin genset bekerja ekstra keras sehingga pembakaran kurang sempurna oleh konsumsi bahan bakar yang makin tinggi untuk menanganai beban yang bertambah, hal ini terlihat pada beban 500 watt genset tidak mampu lagi ber operasi.

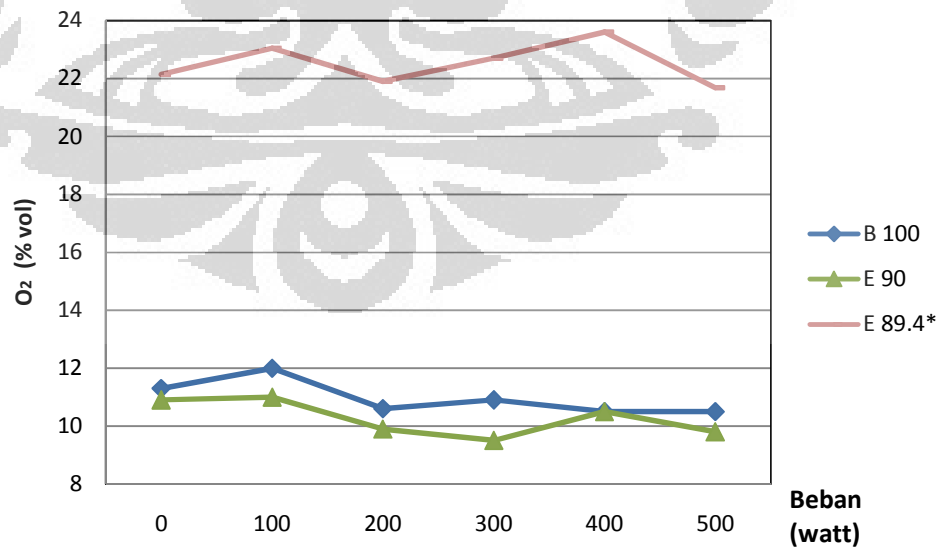
Kadar Oksigen Gas buang (% vol)



Gambar 4.12 Grafik kandungan konsentrasi oksigen pada gas buang dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan beban

4.2.2 Kadar Oksigen dengan distilator (O_2)

Kadar Oksigen Gas buang (% vol)

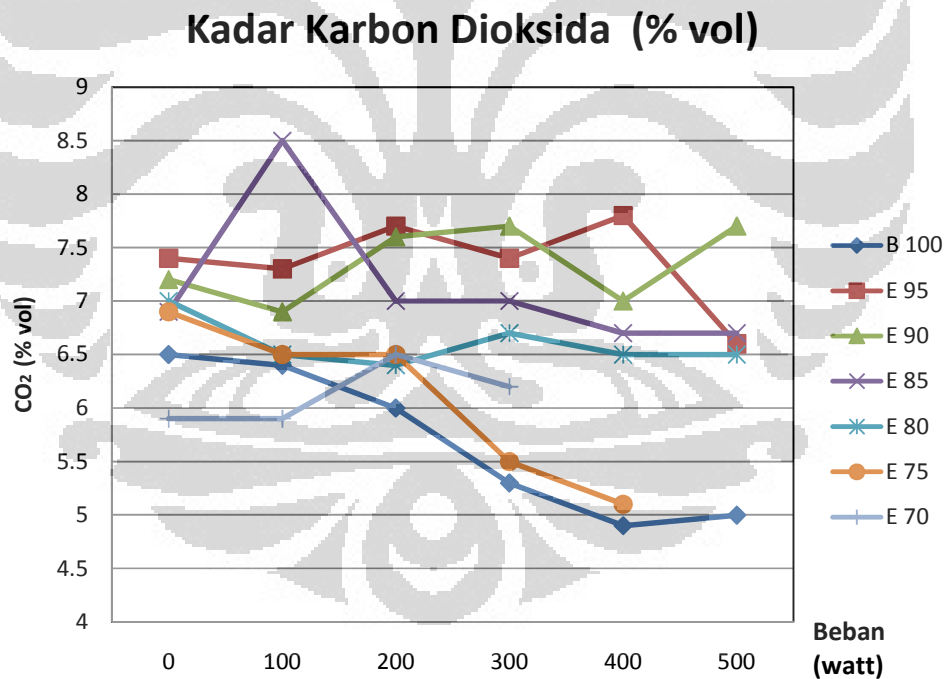


Gambar 4.13 Grafik kadar oksigen pada gasbuang ethanol hasil distilasi

Kadar oksigen pada hasil pembakaran ethanol hasil distilasi dengan pemasangan distilator mengalami % vol yang naik hampir duakali lipat, gas buang yang dimanfaatkan untuk memanaskan compact distillator temperaturnya akan turun karena terjadinya perpindahan panas, kemungkinan penurunan temperatur gas buang ini mengakibatkan terbentuknya O₂.

4.2.3 Kadar Karbon Dioksida tanpa distilator (CO₂)

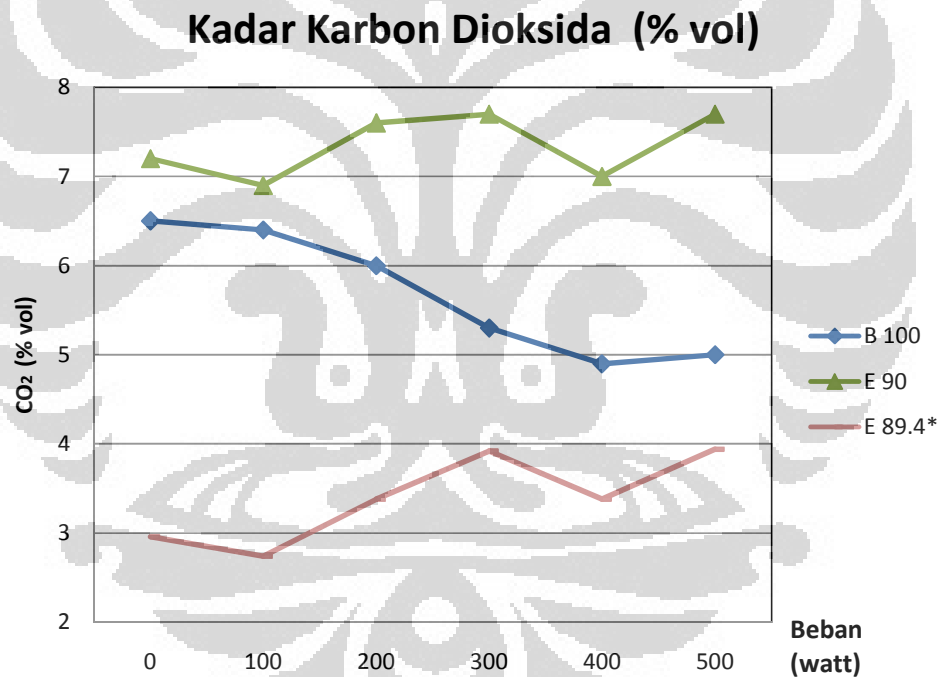
Pembakaran sempurna ditandai dengan dihasilkannya karbondioksida. Untuk ethanol kadar 80%, 85%, 90%, dan 95% terlihat dalam grafik nilai kadar karbon dioksida dalam persen vol yang konstan tinggi, menggambarkan bahwa sepanjang proses pembebanan bahan bakar tersebut dalam kondisi pembakaran yang baik. Sedangkan untuk bahan bakar bensin terjadi penurunan yang signifikan seiring naiknya pembebanan, menandakan bahwa bahan bakar bensin tidak mampu terbakar sempurna pada pembebanan yang semakin tinggi.



Gambar 4.14 Grafik kandungan konsentrasi CO₂ dalam gas buang dengan variasi konsentrasi alkohol terhadap perubahan beban

4.2.4 Kadar Karbon Dioksida dengan distilator (CO₂)

Pada ethanol produk farmasi konsentrasi karbon dioksida cukup tinggi, namun setelah adanya distilator kadar karbon dioksida menurun drastis, sedangkan kadar karbon dioksida hanya terbentuk dari proses pembakaran diruang bakar, kemanakah hilangnya kadar karbon dioksida ini. Faktor penurunan temperatur gas buang adalah satu-satunya factor perbedaan kondisi ada dan tidak adanya distilator. Dan jika kita tinjau kembali pada grafik oksigen terlihat terjadinya kenaikan yang tinggi setelah terpasangnya distilator. Jika kita tarik keterkaitannya maka dapat kita perkirakan terjadi pergerakan/menempelnya karbon pada *tube* distilator, sehingga yang terlepas diudara adalah kadar oksigennya.



Gambar 4.15 Grafik kadar karbon dioksida pada ethanol hasil distilasi.

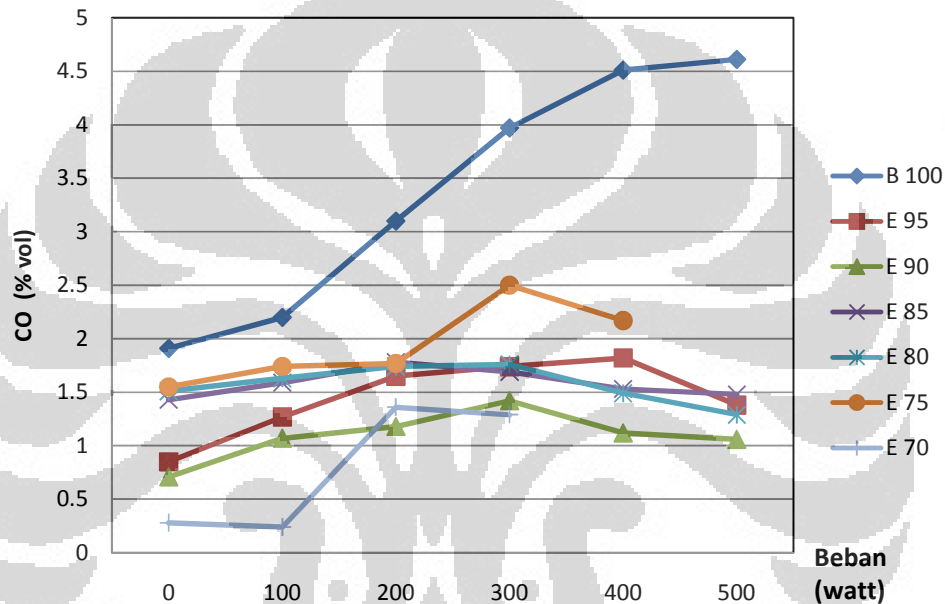
4.2.5 Kadar Karbon Monoksida tanpa distilator (CO)

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.

Kadar Karbon Monoksida (% vol)

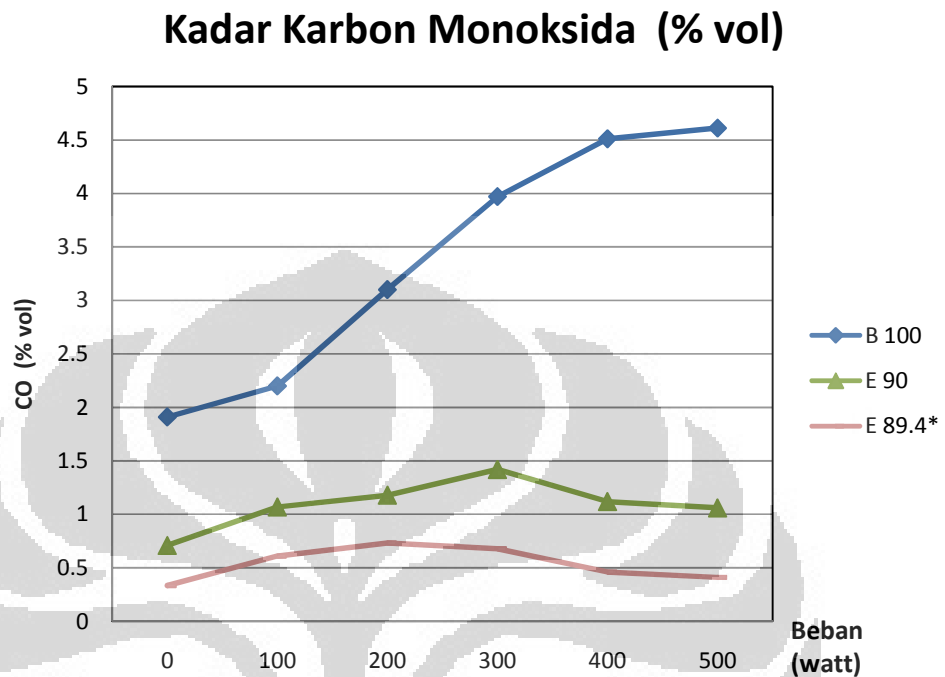


Gambar 4.16 Grafik kandungan konsentrasi CO dalam gas buang dengan variasi konsentrasi etanol terhadap perubahan

Dalam uji coba ini data diperoleh pemasok kadar karbon monoksida terbesar adalah dari bahan bakar bensin dengan nilai yang cukup tinggi 2 sampai 4.6 % Vol. Trend yang terlihat pada bahan bakar bensin tiap kenaikan beban terus naik, artinya % Vol CO pada bahan bakar bensin akan terus terakumulasi seiring naiknya beban yang ditanggung. Akumulasi % VOL ini dikarenakan jumlah bahan bakar yang dibakar semakin meningkat oleh laju konsumsi yang meningkat seiring kebutuhan rung bakar untuk menjaga torsi pada beban tinggi.

Untuk bahan bakar etanol trend kenaikan % Vol CO cukup rendah kenaikannya bahkan pada etanol kadar 80% dan 90% hamper menggambar kan tren yang datar.

4.2.6 Kadar Karbon Monoksida dengan distilator (CO)



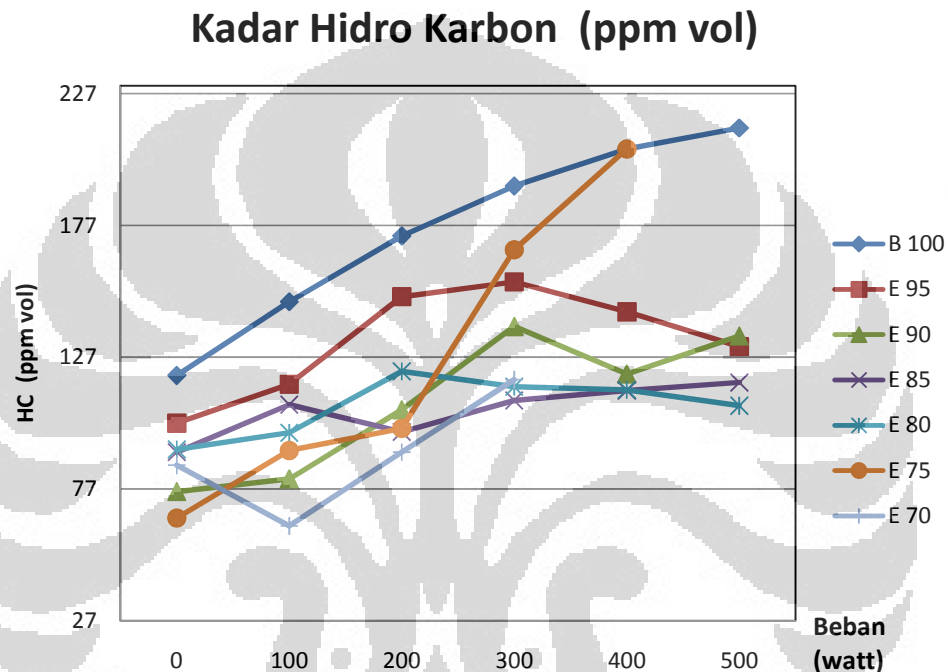
Gambar 4.17 Grafik kadar karbon monoksida pada ethanol hasil distilasi.

Kadar CO terbentuk oleh pembakaran yang tidak sempurna. Nilainya akan berbanding terbalik dengan kadar karbon dioksida, terlihat bahan bakar bensin naik drastis sedangkan pada grafik karbon dioksida trend yang terjadi pada bahan bakar bensin menurun. Untuk bahan bakar ethanol keduanya konstan sama kondisinya pada persen vol CO₂. Namun pada pengujian ethanol dengan distilator nilai CO₂ rendah dan CO juga rendah, hal ini seperti yang telah dibahas pada grafik CO₂ bahwa kemungkinan karbon menempel pada *tube* distilator sehingga kadar oksigennya yang naik drastis.

4.2.7 Kadar Hidro Karbon tanpa distilator (HC)

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*

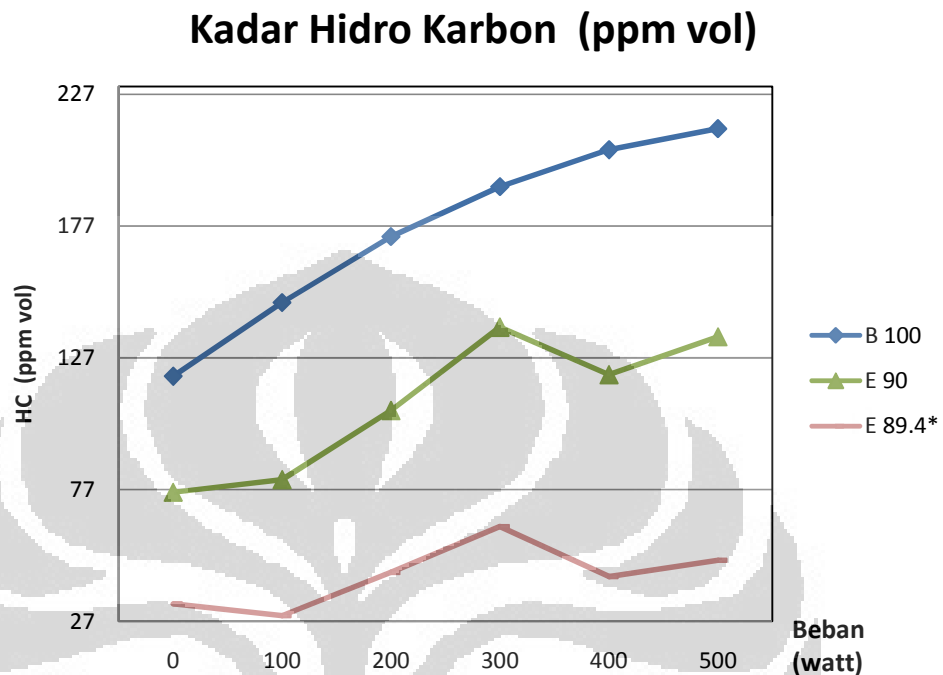


Gambar 4.18 Grafik kandungan konsentrasi HC dalam gas buang dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan beban

Besarnya *quench distance* ini bervariasi antara 0,008 sampai 0,038 cm 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 besaran kadar dalam ppm Vol terlihat bahan bakar bensin masih berada di urutan teratas penyumbang polusi Hidro Karbon dengan trend peningkatan beban semakin tinggi. Sedangkan pada etanol pada masing masing kadar masih cenderung rendah dan trend kenaikan terhadap penambahan beban cukup kecil.

4.2.8 Kadar Hidro Karbon dengan distilator (HC)



Gambar 4.19 Grafik kadar hidro karbon pada ethanol hasil distilasi.

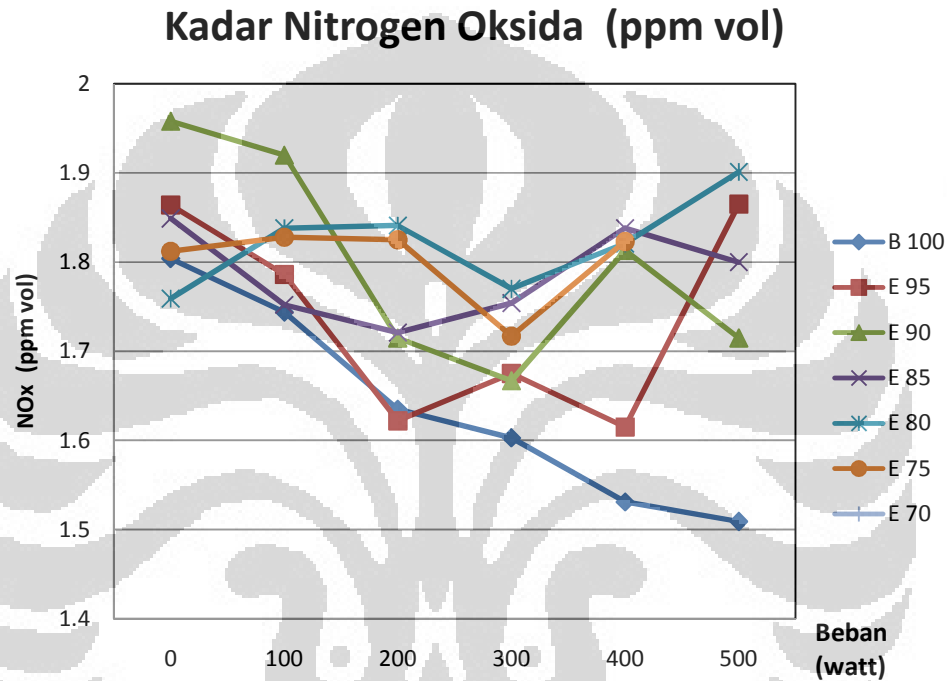
Bahan bakar bensin mempunyai tingkat kadar hidro karbon yang tinggi, hal ini semakin memperkuat bahwa kondisi pembakaran tidak terjadi sempurna seiring naiknya beban. Pada ethanol hasil distilasi nilai HC cukup rendah mengindikasikan terjadinya proses pembakaran sempurna sebagaimana ditunjukkan nilai CO yang rendah juga.

4.2.9 Kadar Nitrogen Oksida tanpa distilator (NO_x)

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 NO_2 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 NO_2 secara kolektif mengacu kepada nitrogen oksida (NO_x).



Gambar 4.20 Grafik kandungan konsentrasi NO_x dalam gas buang dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan beban

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 terutama berkelakuan sebagai agen pengoksidasi yang kemungkinan merusak membran sel dan protein. Pada konsentrasi tinggi, saluran udara akan menyebabkan peradangan yang akut. Ditambah lagi, penyebaran dalam waktu-

singkat berpengaruh terhadap peningkatan resiko infeksi saluran pernapasan. Meskipun banyak pengontrolan penyebaran yang dilakukan, fakta secara jelas mendefinisikan hubungan antara konsentrasi atau dosis dan umpan baliknya tidaklah cukup.

Untuk penyebaran yang akut, hanya konsentrasi yang sangat tinggi ($>1880 \text{ Mg/m}^3$, 1 ppm) mempengaruhi kesehatan orang bilamana, orang dengan asma atau penyakit paru-paru yang akut lebih rentan pada konsentrasi lebih rendah.

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 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.

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%. NO_2 pada manusia dapat meracuni paru-paru, kadar 100 ppm dapat menimbulkan kematian, 5 ppm setelah 5 menit menimbulkan sesak nafas.

4.2.10 Kadar Nitrogen Oksida dengan distilator (NO_x)

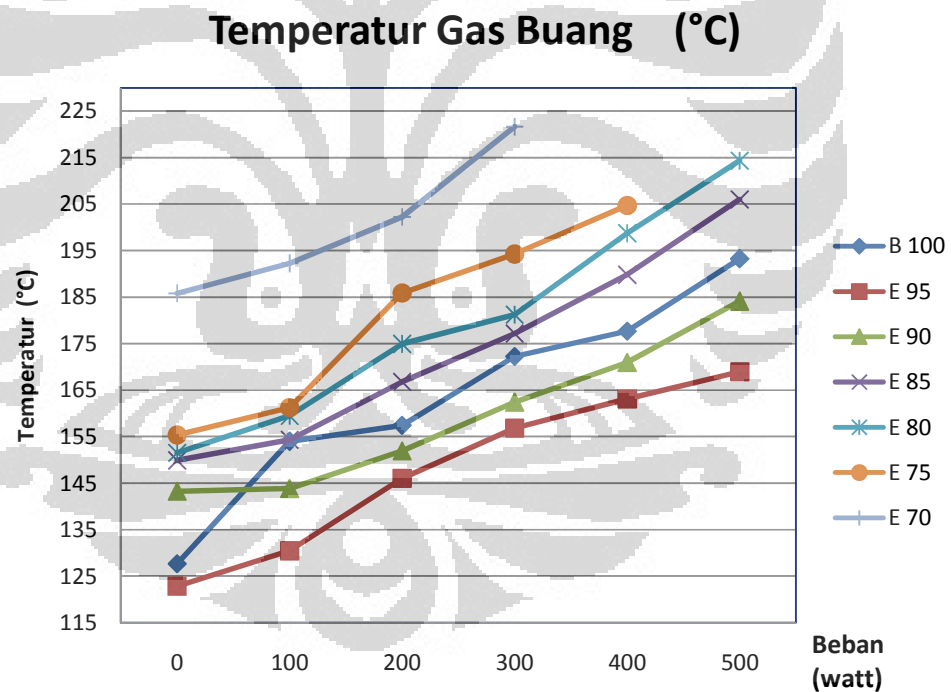
Kadar Nitrogen Oksida (NO_x) gas buang yang telah dimanfaatkan sebagai sumber energi panas *compact distillator* pada gas analyzer terbaca nol.

4.2.11 Temperatur gas buang tanpa distilator ($^{\circ}\text{C}$)

Temperatur gas buang menggambarkan nilai efisiensi dari proses pembakaran, semakin rendah temperatur gas buang menggambarkan efisiensi proses pembakaran tinggi, kalor hasil pembakaran dikonversikan menjadi daya

pada piston, semakin tinggi kalor yang bisa dikonversikan menjadi daya maka efisiensi makin tinggi sehingga kalor pada gas buang rendah. Untuk gas buang ethanol kalor sisa konversi masih bisa dimanfaatkan untuk memanaskan kolom distilator low grade ethanol, selain menghemat energi sebagai sumber panas kolom distilator gas buang yang telah dimanfaatkan kolom distilator akan semakin rendah sehingga akan lebih ramah lingkungan.

Pada grafik nilai temperature gas buang ethanol kadar 95% dan 90% terlihat lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar bensin, hal ini cukup wajar karena nilai kalor bahan bakar ethanol lebih rendah dari bahan bakar bensin. Namun pada ethanol kadar 70%, 75%, 80%, dan 85% temperaturnya lebih tinggi dari bahan bakar bensin, hal ini diperkirakan nilai kalornya terlalu rendah sehingga pembakaran kurang sempurna, ada sebagian bahan bakar yang terbakar saat proses langkah buang pada piston.



Gambar 4.21 Grafik temperatur gas buang dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan beban

Trend yang terjadi semuanya meningkat seiring penambahan beban, penambahan beban mengakibatkan konsumsi bahan bakar meningkat jadi ada banyak jumlah bahan bakar yang terbakar dan kalor yang tercipta semakin tinggi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Efisiensi thermal bioethanol hasil distilasi *Compact distillator* lebih tinggi dibandingkan dengan efisiensi thermal bahan bakar premium (38% pada beban 500 Watt).
2. Laju distilasi *compact distillator* mampu memenuhi kebutuhan konsumsi bahan bakar Genset Sumura ET 1500 hingga beban 300 Watt.
3. Temperature gas buang bioethanol hasil distilasi *compact distillator* dapat digunakan sebagai sumber panas *compact distillator*.
4. 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)

5.2 SARAN

1. Studi terhadap perbandingan udara-bahan bakar bioethanol, dan rasio perbandingan kompresi.
2. Studi terhadap pengaruh proses pembakaran bioethanol terhadap material motor pembakaran dalam akan menambah kesiapan bahan bakar bioethanol sebagai bahan bakar pengganti bahan bakar fosil.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto, 2000, *Penggerak Mula: Motor Bakar Torak*, Penerbit ITB, Edisi kelima cetakan kesatu, Bandung.
- Arends, BPM., dan Barendschot, H. ,2000, *Motor Bensin*, Penerbit Erlangga Jakarta.
- Anonim, 2004, *Petunjuk Praktikum Motor Bakar*, Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik UGM.
- Benson, Rowland and N.D Whitehouse. *Internal Combustion Engine Volume I*, Pergamon Press, 1983.
- Cengel, Yunus A., dan Boles, Michael A., 1994, *Thermodynamic: An Engineering Approach*, Mc. Graw-Hill Inc., United State of America.
- Djojodiharjo, Harijono, 1987, *Termodinamika Teknik : Aplikasi Dan Termodinamika Statistik*, Penerbit Gramedia, Jakarta.
- Indartono, Yuli, 2005, *Bioethanol Alternatif Energi Terbarukan : Kajian Prestasi Mesindan Implementasi di Lapangan*.
- Pulkrabek, Willard. W, *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*, US: Prentice Hall International
- Treybal, Robert E, *Mass-Transfer operations*, McGraw-Hill,1981.
- Sugiarto, Bambang. *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://www.jevuska.com/topic/pengertian+dan+efek+karbon+monoksida+co.html>
- http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-industri/limbah-industri/unsur-unsur-pencemar-udara/
- http://www.chem-is-try.org/tanya_pakar/apakah-yang-terkandung-dalam-emisi-mobil/
- http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia_fisika1/termokimia/pembakaran-sempurna-dan-tidak-sempurna/

http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia_fisika1/termokimia/kalor-pembakaran/

http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia_fisika1/termokimia/entalpi-pembakaran/

http://www.chem-is-try.org/materi_kimia/kimia-kesehatan/kecepatan-reaksi-dan-energi/kalor-pembakaran-bahan-bakar/

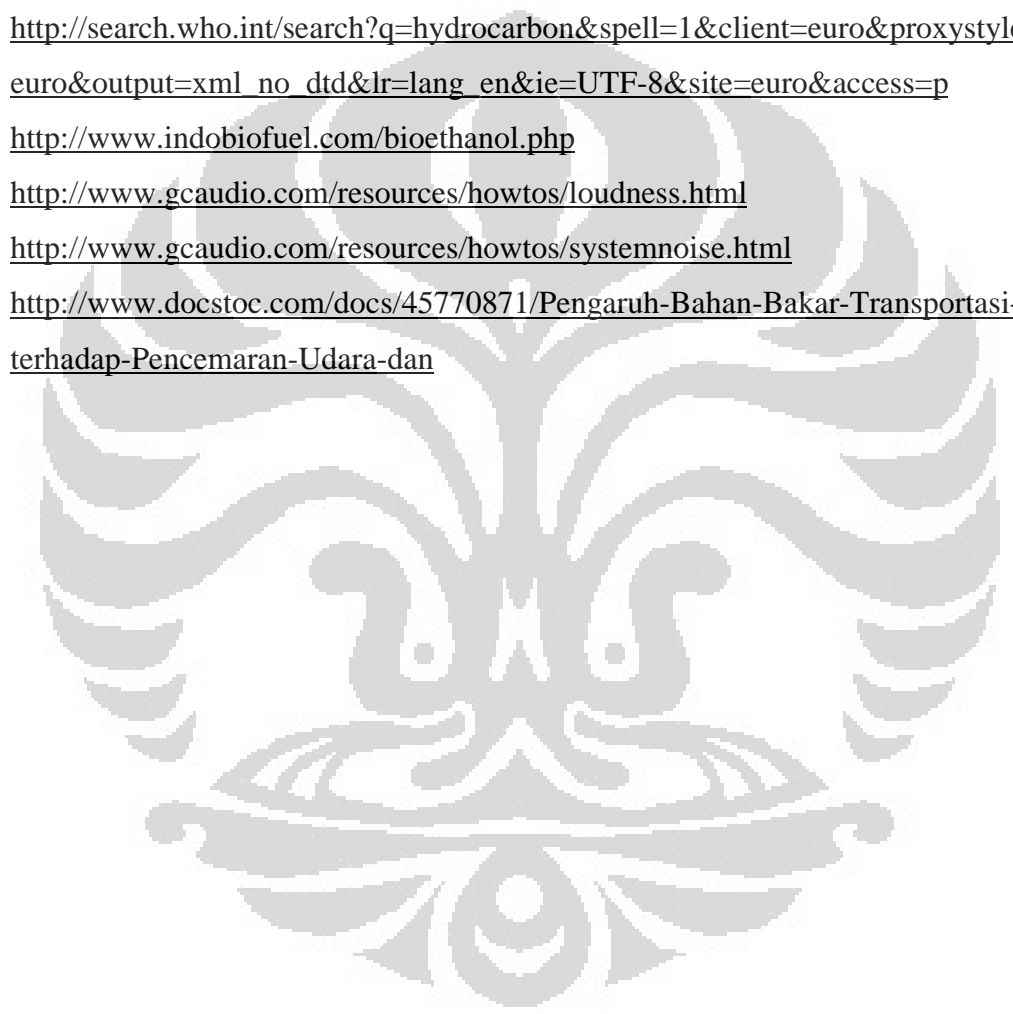
http://search.who.int/search?q=hydrocarbon&spell=1&client=euro&proxystylesheet=euro&output=xml_no_dtd&lr=lang_en&ie=UTF-8&site=euro&access=p

<http://www.indobiofuel.com/bioethanol.php>

<http://www.gcaudio.com/resources/howtos/loudness.html>

<http://www.gcaudio.com/resources/howtos/systemnoise.html>

<http://www.docstoc.com/docs/45770871/Pengaruh-Bahan-Bakar-Transportasi-terhadap-Pencemaran-Udara-dan>

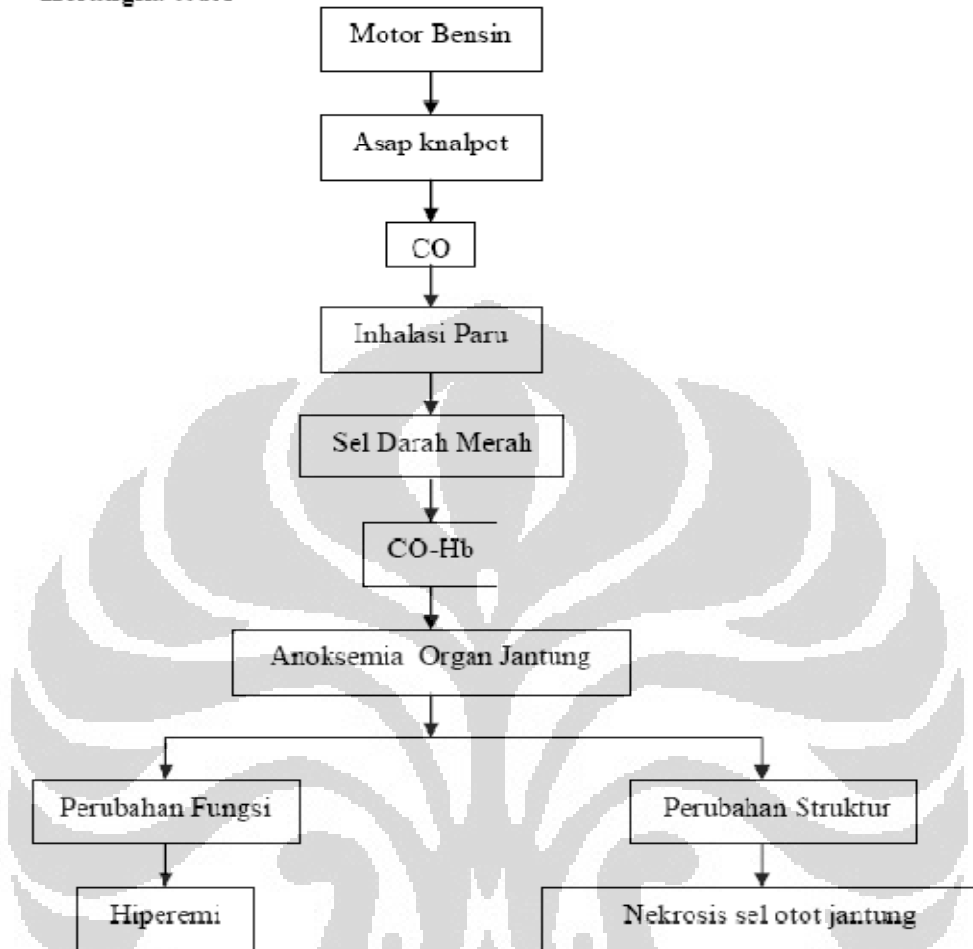


Tabel 1. Efek pajanan gas CO¹³

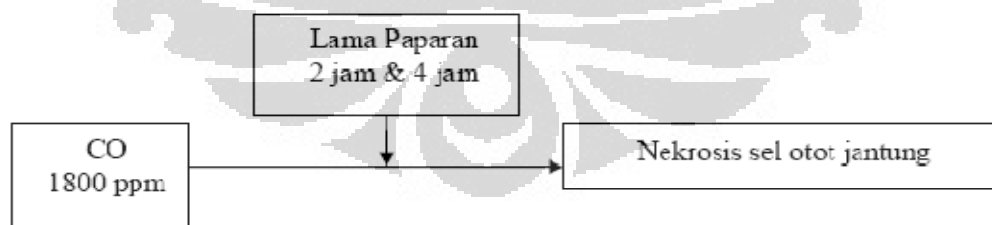
Konsentrasi rata-rata 8 jam (ppm)	Konsentrasi COHb di dalam darah (%)	Gejala
25 – 50	2,5 – 5	Tidak ada gejala
50 – 100	5 – 10	Aliran darah meningkat sakit kepala ringan
100 – 250	10 – 20	Tegang daerah dahi, sakit kepala, penglihatan agak terganggu
250 – 450	20 – 30	Sakit kepala sedang, berdenyut- denyut, dahi (<i>throbbing temple</i>), wajah merah dan mual
450 – 650	30 – 40	Sakit kepala berat, vertigo, mual, muntah, lemas, mudah terganggu pingsan pada saat bekerja
650 – 1000	40 – 50	Seperti di atas, lebih berat, mudah pingsan dan jatuh
1000 – 1500	50 – 60	Koma, hipotensi, kadang disertai kejang, pernafasan <i>Cheyne- Stokes</i>
1500 – 2500	60 – 70	Koma dengan kejang, penekanan pernafasan dan fungsi jantung, mungkin terjadi kematian
2500 – 4000	70 – 80	Denyut nadi lemah, pernafasan lambat, gagal hemodinamik, kematian

Anggraeni Nur Ika Setyowati, *pengaruh lama paparan asap knalpot Dengan kadar co 1800 ppm terhadap Gambaran histopatologi jantung pada Tikus wistar (Karya tulis ilmiah)*. Fakultas kedokteran Universitas diponegoro. Semarang 2009.

Kerangka teori



Kerangka konsep



Hipotesis : Terdapat pengaruh antara lama paparan asap knalpot dengan kadar CO 1800 ppm terhadap gambaran histopatologi otot jantung tikus wistar.

Anggraeni Nur Ika Setyowati, *pengaruh lama paparan asap knalpot Dengan kadar co 1800 ppm terhadap Gambaran histopatologi jantung pada Tikus wistar (Karya tulis ilmiah)*. Fakultas kedokteran Universitas diponegoro. Semarang 2009.

BB	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi		Daya		Emisi						31-Oct-10 jam	
		t (s)	m (gr)	V (Volt)	I (A)	rpm	Temp. (°C)	NOx (%)	O ₂ (%)	Hc (ppm)	CO (%)		CO ₂ (%)
B 100%	0	114	10	224	0	3600	126.9	1.767	11.4	121	2.11	6.6	9:10
		120	10	225	0		128.2	1.804	11.2	104	2.02	6.3	
		120	10	224	0		127.7	1.814	11.2	124	1.86	6.6	
		121	10	224	0		128.3	1.812	11.2	126	1.72	6.5	
		122	10	224	0		127.5	1.821	11.3	126	1.86	6.5	
		Mean	119.40	10	224.2		0	127.72	1.804	11.3	120	1.91	
	100	107	10	225	0.45	3600	154.1	1.762	12.8	131	2.02	6.4	9:30
107	10	225	0.45	154.4	1.764		12.7	141	2.20	6.3			
107	10	225	0.46	151.1	1.733		12.6	142	2.17	6.4			
107	10	225	0.46	155.7	1.736		11.0	165	2.28	6.5			
107	10	225	0.46	154.6	1.723		10.9	160	2.31	6.5			
Mean	107.00	10	225	0.456	153.98		1.744	12.0	148	2.20	6.4		
200	100	99	10	223	0.87	3600	156.8	1.641	10.7	172	3.02	6.1	9:55
		98	10	223	0.87		158.5	1.647	10.6	168	3.06	6.0	
		98	10	224	0.87		158.1	1.631	10.6	177	3.08	6.0	
		96	10	223	0.87		156.9	1.630	10.6	173	3.15	6.0	
		98	10	223	0.87		157	1.624	10.5	177	3.21	6.1	
	Mean	98.20	10	223.2	0.87	157.46	1.635	10.6	173	3.10	6.0		
300	89	89	10	223	1.28	3600	170.3	1.629	10.9	179	4.13	5.2	10:15
		89	10	223	1.29		171.5	1.612	11.0	194	3.83	5.2	
		91	10	223	1.31		171.7	1.597	10.9	198	4.10	5.3	
		93	10	223	1.29		172.4	1.599	10.8	191	3.87	5.4	
		86	10	224	1.29		175.3	1.580	10.7	200	3.91	5.4	
	Mean	89.60	10	223.2	1.292	172.24	1.603	10.9	192	3.97	5.3		
400	76	77	10	222	1.72	3600	177.2	1.571	10.6	191	4.22	5.0	10:40
		77	10	221	1.75		177.6	1.550	10.6	200	4.34	5.0	
		79	10	222	1.73		177.1	1.538	10.6	209	4.64	4.8	
		77	10	221	1.73		176.3	1.535	10.6	201	4.45	5.0	
		77	10	222	1.72		180.2	1.463	10.3	230	4.90	4.8	
	Mean	77.20	10	221.6	1.73	177.68	1.531	10.5	206	4.51	4.9		
500	66	65	10	221	2.09	3600	191.2	1.519	10.5	203	4.75	4.8	11:00
		65	10	220	2.1		194.4	1.528	10.5	230	4.72	4.8	
		68	10	220	2.11		194	1.533	10.5	211	4.32	5.1	
		66	10	220	2.11		193.6	1.496	10.4	211	4.46	5.1	
		66	10	220	2.1		193.1	1.469	10.6	215	4.78	5.1	
	Mean	66.20	10	220.2	2.102	193.26	1.509	10.5	214	4.61	5.0		

BB	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi		Daya		Emisi						31-Oct-10 jam	
		t (s)	m (gr)	V (Volt)	I (A)	rpm	Temp. (°C)	NOx (%)	O ₂ (%)	Hc (ppm)	CO (%)		CO ₂ (%)
E 89.4 Teknik dist 40	0	75.93	10	224	0	3600	87.6		20.8	28	0.32	2.2	19:30
		80.94	10	224	0		86.1		22.6	40	0.33	2.5	
		75.90	10	224	0		84.9		22.1	38	0.35	3.5	
		76.82	10	224	0		85.5		22.7	26	0.34	3.6	
		76.40	10	224	0		85.6		22.5	36	0.34	3.0	
	mean	77.20	10	224	0		85.9		22.1	34	0.34	3.0	
	100	71.40	10	225	0.43	3600	94.3		23.0	25	0.76	2.5	19:50
		71.90	10	225	0.43		96.2		23.0	43	0.61	2.8	
		70.78	10	225	0.43		96.7		23.0	27	0.53	2.8	
		72.13	10	225	0.43		97		23.1	28	0.40	2.1	
		73.53	10	224	0.44		98		23.1	23	0.76	3.5	
	mean	71.95	10	224.8	0.432		96.44		23.0	29.2	0.61	2.7	
	200	63.10	10	225	0.85	3600	97.5		23.1	37	0.68	3.2	20:10
		62.53	10	225	0.85		99.2		23.0	52	0.68	3.0	
		63.56	10	225	0.85		100.5		23.2	37	0.61	2.7	
		63.59	10	225	0.85		100.9		19.3	36	0.89	4.2	
		63.50	10	225	0.85		101.6		20.9	66	0.80	3.8	
	mean	63.26	10	225	0.85		99.94		21.9	45.6	0.73	3.4	
	300	58.28	10	223	1.28	3600	102.5		22.2	52	0.54	3.2	20:30
		57.84	10	223	1.27		104.2		22.5	56	0.75	4.4	
		57.78	10	223	1.27		105.5		23.1	73	0.68	4.1	
		59.81	10	222	1.28		105.9		23.0	69	0.72	4.0	
		58.04	10	223	1.27		106.6		22.7	65	0.70	3.9	
	mean	58.35	10	222.8	1.274		104.94		22.7	63	0.68	3.9	
	400	53.03	10	222	1.68	3600	108		23.5	25	0.35	2.8	20:55
		53.01	10	222	1.68		109.7		23.4	47	0.55	3.5	
		53.04	10	221	1.68		111		23.6	52	0.49	3.4	
		52.55	10	220	1.68		111.4		23.6	52	0.47	3.5	
		53.30	10	221	1.68		112.1		23.9	44	0.45	3.7	
	mean	52.99	10	221.2	1.68		110.44		23.6	44	0.46	3.4	
	500	49.59	10	219	2.08	3600	115.0		22.5	35	0.42	4.0	20:20
		49.03	10	219	2.08		118.0		22.0	37	0.39	4.1	
		48.32	10	219	2.08		120.0		22.2	51	0.35	3.8	
		48.18	10	219	2.08		121.0		21.4	61	0.42	3.8	
		47.60	10	219	2.08		118.0		20.3	67	0.48	4.0	
	mean	48.54	10	219	2.08		118.4		21.7	50.2	0.41	3.9	

BB	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi		Daya		Emisi						31-Oct-10 jam	
		t (s)	m (gr)	V (Volt)	I (A)	rpm	Temp. (°C)	NOx (%)	O ₂ (%)	Hc (ppm)	CO (%)		CO ₂ (%)
E 95%	0	92.37	10	223	0	3600	120.7	1.930	11.2	91	0.84	7.0	15:15
		92.70	10	223	0		122.9	1.816	10.7	103	0.86	7.5	
		91.99	10	224	0		124	1.825	10.9	109	0.86	7.6	
		93.40	10	223	0		123	1.850	10.5	100	0.85	7.5	
		96.69	10	224	0		123.7	1.900	10.7	105	0.85	7.5	
		mean	93.43	10	223.4		0	122.86	1.864	10.8	102	0.85	
	100	83.31	10	223	0.43	3600	130.2	1.851	10.5	122	1.38	7.4	15:35
		81.00	10	224	0.42		130	1.745	10.1	109	1.22	7.4	
		81.08	10	224	0.43		131.7	1.760	10.3	122	1.23	7.3	
		80.08	10	223	0.43		130.1	1.801	10.3	120	1.30	7.4	
		79.20	10	224	0.42		130.3	1.772	10.4	111	1.22	7.2	
		mean	80.93	10	223.6		0.426	130.46	1.786	10.3	116.8	1.27	
	200	65.55	10	224	0.84	3600	144.5	1.645	9.6	116	1.56	7.7	15:55
		63.44	10	223	0.84		145.6	1.616	9.4	159	1.63	7.6	
		66.42	10	224	0.83		145.6	1.614	9.4	161	1.71	7.8	
		63.36	10	224	0.84		147.2	1.620	9.5	155	1.65	7.7	
		66.75	10	224	0.84		147.5	1.614	9.4	159	1.70	7.7	
		mean	65.10	10	223.800		0.838	146.08	1.622	9.5	150	1.65	
	300	58.59	10	222	1.24	3600	155.6	1.705	10.0	115	1.60	7.4	16:15
		60.40	10	223	1.25		157.8	1.715	10.3	172	1.68	7.0	
		58.67	10	223	1.25		156.4	1.557	9.2	176	2.01	7.6	
60.00		10	223	1.25	157.4		1.700	9.9	160	1.70	7.4		
59.37		10	223	1.25	157.2		1.699	10.0	155	1.69	7.6		
mean		59.41	10	222.800	1.248		156.88	1.675	9.9	155.6	1.74	7.4	
400	55.98	10	220	1.67	3600	162.2	1.556	9.2	153	1.86	7.9	16:35	
	55.68	10	221	1.67		163.9	1.619	9.8	132	1.77	7.8		
	55.36	10	220	1.67		163.8	1.647	9.5	148	1.84	7.8		
	55.51	10	220	1.67		163	1.621	9.7	149	1.85	7.7		
	55.91	10	221	1.67		162.8	1.630	9.7	139	1.79	7.9		
	mean	55.69	10	220.400		1.670	163.14	1.615	9.6	144.2	1.82		7.8
500	53.32	10	219	2.07	3600	167.9	1.839	1.4	107	1.45	6.9	17:00	
	54.65	10	219	2.08		168.6	1.669	9.8	133	1.46	7.2		
	52.95	10	219	2.08		168.9	1.948	11.4	133	1.32	6.5		
	51.74	10	219	2.08		169.7	1.970	11.7	144	1.24	6.1		
	52.62	10	219	2.08		169.6	1.900	11.1	138	1.43	6.4		
	mean	53.06	10	219.000		2.078	168.94	1.865	9.1	131	1.38		6.6

BB	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi		Daya		Emisi						31-Oct-10 jam	
		t (s)	m (gr)	V (Volt)	I (A)	rpm	Temp. (°C)	NOx (%)	O ₂ (%)	Hc (ppm)	CO (%)		CO ₂ (%)
E 90%	0	84.29	10	224	0	3600	142.3	1.968	11.0	80	0.77	7.2	19:30
		82.74	10	224	0		143.5	1.952	10.9	71	0.69	7.2	
		83.89	10	224	0		141.5	1.953	11.0	74	0.67	7.1	
		84.84	10	224	0		145.3	1.955	11.0	78	0.70	7.2	
		85.17	10	224	0		143.8	1.960	10.8	76	0.71	7.1	
		mean	84.19	10	224		0	143.28	1.958	10.9	76	0.71	
	100	78.35	10	225	0.43	3600	145.9	1.920	10.9	70	1.07	7.0	19:50
		76.51	10	225	0.43		145.3	1.943	11.3	82	1.06	6.7	
		73.46	10	225	0.43		145.3	1.899	10.9	77	1.06	7.0	
		76.88	10	225	0.43		141.3	1.930	11.0	92	1.08	7.0	
		74.68	10	224	0.44		141.5	1.909	11.0	83	1.07	6.9	
		mean	75.98	10	224.8		0.432	143.86	1.920	11.0	80.8	1.07	
	200	63.16	10	225	0.85	3600	153.6	1.719	10.0	107	1.14	7.6	20:10
		64.88	10	225	0.85		152.1	1.785	10.4	87	1.09	6.8	
		64.80	10	225	0.85		150.9	1.650	9.0	131	1.30	8.2	
		64.95	10	225	0.85		151.5	1.701	10.2	120	1.20	7.5	
		64.48	10	225	0.85		151.6	1.720	9.9	90	1.16	7.8	
		mean	64.45	10	225		0.85	151.94	1.715	9.9	107	1.18	
	300	58.86	10	223	1.28	3600	160.3	1.639	9.4	119	1.46	7.9	20:30
		58.57	10	223	1.27		162.2	1.722	9.9	139	1.39	7.4	
		58.27	10	223	1.27		162.7	1.618	9.2	155	1.45	7.7	
58.64		10	222	1.28	163		1.665	9.8	145	1.40	7.8		
60.51		10	223	1.27	164		1.690	9.1	135	1.41	7.6		
mean		58.97	10	222.8	1.274		162.44	1.667	9.5	138.6	1.42	7.7	
400	55.27	10	222	1.68	3600	168.5	1.857	10.7	109	1.20	7.1	20:55	
	54.97	10	222	1.68		170.2	1.865	10.9	121	0.96	6.4		
	56.69	10	221	1.68		171.5	1.723	9.9	131	1.18	7.4		
	56.62	10	220	1.68		171.9	1.830	10.5	120	1.16	7.0		
	54.60	10	221	1.68		172.6	1.790	10.6	122	1.10	7.1		
	mean	55.63	10	221.2		1.68	170.94	1.813	10.5	120.6	1.12		7.0
500	52.03	10	219	2.08	3600	184.4	1.720	9.9	136	1.03	7.7	20:20	
	53.28	10	219	2.08		184	1.722	9.8	118	1.08	7.7		
	52.48	10	219	2.08		183.8	1.707	9.8	151	1.09	7.8		
	53.72	10	219	2.08		184.1	1.732	9.8	140	1.06	7.6		
	52.00	10	219	2.08		184.3	1.693	9.8	130	1.05	7.9		
	mean	52.70	10	219		2.08	184.12	1.715	9.8	135	1.06		7.7

BB	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi		Daya		Emisi						6-Nov-10 jam	
		t (s)	m (gr)	V (Volt)	I (A)	rpm	Temp. (°C)	NOx (%)	O ₂ (%)	Hc (ppm)	CO (%)		CO ₂ (%)
E 85%	0	74.75	10	224	0	3600	149	1.880	11.0	70	1.44	6.8	13:30
		72.00	10	224	0		149.9	1.785	10.6	94	1.44	7.1	
		71.22	10	225	0		151.6	1.787	10.7	105	1.40	7.0	
		70.75	10	225	0		149.4	1.900	10.8	95	1.43	6.9	
		76.37	10	224	0		149.7	1.891	10.9	90	1.44	6.9	
		mean	73.02	10	224.4		0	149.92	1.849	10.8	91	1.43	
	100	68.48	10	225	0.45	3600	154.7	1.760	10.4	96	1.55	7.2	13:50
		64.95	10	225	0.44		155.7	1.777	10.7	118	1.61	10.4	
		66.78	10	224	0.44		153.4	1.757	10.4	112	1.59	7.2	
		67.08	10	225	0.44		153.5	1.769	10.5	110	1.59	8.5	
		65.34	10	224	0.44		154.5	1.699	10.5	109	1.59	9.0	
		mean	66.52	10	224.6		0.442	154.36	1.752	10.5	109	1.59	
	200	59.50	10	224	0.85	3600	164.3	1.722	10.5	97	1.80	6.9	14:15
		59.33	10	224	0.86		167.1	1.730	10.4	95	1.72	7.0	
		62.20	10	225	0.86		167	1.709	10.3	104	1.80	7.1	
		59.04	10	224	0.86		168	1.732	10.4	99	1.80	7.0	
		60.88	10	224	0.85		167.5	1.711	10.4	98	1.79	7.0	
		mean	60.19	10	224.2		0.856	166.78	1.721	10.4	98.6	1.78	
	300	57.74	10	223	1.28	3600	176.8	1.804	10.8	107	1.64	6.8	14:35
		58.50	10	224	1.28		176.8	1.741	10.5	108	1.68	7.0	
		57.89	10	224	1.29		175.5	1.703	10.2	116	1.75	7.1	
58.67		10	224	1.28	179.7		1.732	10.4	109	1.70	7.0		
55.00		10	224	1.28	177		1.789	10.3	113	1.69	6.9		
mean		57.56	10	223.8	1.282		177.16	1.754	10.4	110.6	1.69	7.0	
400	55.51	10	221	1.67	3600	185.2	1.932	11.4	118	1.41	6.7	14:55	
	54.82	10	221	1.68		188.5	1.791	10.7	110	1.57	6.5		
	54.06	10	221	1.68		191.6	1.812	10.8	114	1.58	6.8		
	54.24	10	220	1.68		191.9	1.800	10.9	115	1.53	6.6		
	52.08	10	221	1.68		191.8	1.855	11.0	115	1.55	6.8		
	mean	54.14	10	220.8		1.678	189.8	1.838	11.0	114.4	1.53		6.7
500	48.77	10	219	2.08	3600	204.9	1.684	10.0	124	1.57	7.4	15:15	
	49.16	10	219	2.08		206.3	1.844	11.6	112	1.44	6.4		
	48.48	10	219	2.08		205.8	1.893	11.2	114	1.46	6.5		
	49.92	10	219	2.08		206.6	1.813	11.5	120	1.45	6.6		
	50.09	10	219	2.08		206.5	1.765	11.4	117	1.50	6.4		
	mean	49.29	10	219		2.08	206.02	1.800	11.1	117.4	1.48		6.7

BB	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi		Daya		Emisi						6-Nov-10 jam	
		t (s)	m (gr)	V (Volt)	I (A)	rpm	Temp. (°C)	NOx (%)	O ₂ (%)	Hc (ppm)	CO (%)		CO ₂ (%)
E 80%	0	58.93	10	225	0	3600	151.2	1.705	10.1	91	1.54	7.3	20:45
		58.93	10	225	0		150.6	1.727	10.2	91	1.59	7.3	
		60.14	10	225	0		151.4	1.859	11.1	93	1.42	6.5	
		60.72	10	225	0		152.3	1.750	10.3	92	1.50	7.0	
		60.36	10	225	0		152.1	1.752	10.5	92	1.52	7.0	
		mean	59.82	10	225		0	151.52	1.759	10.4	92	1.51	
	100	54.08	10	225	0.45	3600	159.3	1.873	11.2	97	1.58	6.3	
56.13	10	225	0.45	158.9	1.942		11.5	94	1.58	6.3			
56.74	10	225	0.45	160.2	1.773		10.6	104	1.72	6.9			
55.46	10	225	0.45	159.5	1.790		11.1	98.3	1.66	6.0			
56.20	10	225	0.45	159.5	1.811		11.1	98.3	1.60	6.9			
mean	55.72	10	225	0.45	159.48		1.838	11.1	98.32	1.63	6.5		
200	51.38	10	225	0.87	3600	174.1	1.864	11.1	113	1.74	6.4	21:25	
	51.09	10	225	0.85		175.3	1.936	11.5	125	1.67	6.1		
	52.37	10	225	0.85		174.8	1.787	10.6	127	1.81	6.7		
	52.75	10	225	0.85		175.1	1.821	11.0	121.6	1.74	6.8		
	51.69	10	225	0.85		175.4	1.798	11.2	121.5	1.75	6.2		
	mean	51.85	10	225		0.854	174.94	1.841	11.1	121.62	1.74		6.4
300	48.36	10	224	1.27	3600	180.1	1.811	11.0	117	1.70	6.5	21:45	
	48.89	10	223	1.27		180	1.804	10.8	110	1.76	6.6		
	49.49	10	223	1.28		180.3	1.705	10.3	121	1.82	6.9		
	48.58	10	223	1.28		180.6	1.801	10.7	116	1.75	6.5		
	49.18	10	223	1.27		185.1	1.730	10.6	115	1.76	6.8		
	mean	48.90	10	223.2		1.274	181.22	1.770	10.7	115.8	1.76		6.7
400	46.93	10	221	1.69	3600	198.2	1.747	10.4	127	1.65	6.9	22:10	
	45.73	10	221	1.68		199.1	1.977	11.5	110	1.44	6.6		
	45.63	10	221	1.68		198.9	1.778	11.9	107	1.39	6.1		
	46.64	10	221	1.69		198.7	1.799	11.2	114	1.48	6.5		
	45.94	10	221	1.68		198.7	1.806	11.3	115	1.49	6.5		
	mean	46.18	10	221		1.684	198.72	1.821	11.3	114.6	1.49		6.5
500	42.03	10	219	2.09	3600	214.4	1.886	11.1	91	1.32	6.8	22:30	
	42.47	10	219	2.08		214	1.900	11.3	103	1.31	6.6		
	43.77	10	219	2.08		213.8	1.927	11.3	132	1.23	6.5		
	43.17	10	219	2.08		214.7	1.890	11.2	108.5	1.30	6.2		
	43.07	10	219	2.09		214.6	1.901	11.2	108.6	1.29	6.5		
	mean	42.90	10	219		2.084	214.3	1.901	11.2	108.62	1.29		6.5

BB	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi		Daya		Emisi						17-Nov-10		
		t (s)	m (gr)	V (Volt)	I (A)	rpm	Temp. (°C)	NOx (%)	O ₂ (%)	Hc (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)	jam	
E 75%	0	48.83	10	225	0	3600	154.4	1.816	10.8	59	1.52	6.9	9:15	
		49.00	10	225	0		155.7	1.817	10.6	67	1.57	6.9		
		46.99	10	225	0		155.8	1.802	10.7	73	1.55	6.9		
		49.14	10	225	0		155.3	1.812	10.6	63	1.50	6.9		
		47.82	10	225	0		155.7	1.813	10.8	69	1.60	6.9		
		mean	48.35	10	225		0	155.38	1.812	10.7	66	1.55		6.9
	100	100	45.38	10	225	0.45	3600	158.7	1.836	11.1	93	1.55	6.5	9:35
			45.36	10	225	0.45		161.1	1.873	11.2	89	1.77	6.7	
			45.15	10	225	0.43		161.7	1.777	10.6	93	1.91	6.2	
			44.86	10	225	0.44		162.1	1.830	11.0	91	1.70	6.5	
			46.64	10	225	0.45		162.6	1.826	11.0	91.9	1.79	6.5	
			mean	45.48	10	225		0.444	161.24	1.828	11.0	91.58	1.74	
	200	200	44.34	10	224	0.84	3600	188.6	1.830	11.1	93	1.88	6.4	9:55
			42.50	10	224	0.86		186.8	1.830	11.1	97	1.78	6.5	
			44.79	10	224	0.86		185.3	1.813	11.1	110	1.66	6.6	
			45.67	10	224	0.86		184.5	1.830	11.1	99	1.76	6.5	
			44.65	10	224	0.86		184.3	1.820	11.1	101	1.77	6.5	
			mean	44.39	10	224		0.856	185.9	1.825	11.1	100	1.77	
	300	300	42.50	10	223	1.28	3600	194.1	1.776	11.0	167	2.55	6.0	10:20
			43.68	10	223	1.28		194.1	1.782	11.3	172	2.63	5.7	
			45.31	10	223	1.28		194.2	1.626	12.5	167	2.25	4.9	
44.65			10	223	1.28	194.4		1.692	11.6	168	2.51	5.0		
44.94			10	223	1.28	194.5		1.711	11.6	165	2.58	5.8		
mean			44.22	10	223	1.28		194.26	1.717	11.6	167.8	2.50	5.5	
400	400	40.59	10	221	1.69	3600	203.3	1.949	12.5	201	2.20	5.0	10:40	
		41.49	10	221	1.67		204.2	1.939	11.9	204	2.36	5.3		
		42.05	10	220	1.68		205.5	1.634	13.1	214	1.96	4.7		
		41.82	10	221	1.69		205.1	1.699	12.5	206	2.20	5.2		
		43.23	10	221	1.69		205.4	1.895	12.5	205	2.15	5.1		
		mean	41.84	10	220.8		1.684	204.7	1.823	12.5	206	2.17		5.1
500	500					3600							11:15	
		mean												

BB	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi		Daya		Emisi						7-Nov-10 jam	
		t (s)	m (gr)	V (Volt)	I (A)	rpm	Temp. (°C)	NOx (%)	O ₂ (%)	Hc (ppm)	CO (%)		CO ₂ (%)
E 70%	0	44.86	10	224	0	3600	185.3	0.000	13.1	81	0.25	5.6	20:00
		46.23	10	224	0		185.9	0.000	11.8	91	0.34	6.7	
		46.75	10	225	0		186.2	0.000	13.8	85	0.24	5.4	
		46.40	10	225	0		185.8	0.000	12.5	86	0.29	5.6	
		44.65	10	224	0		186	0.000	12.9	86	0.27	6.0	
		mean	45.78	10	224.4		0	185.84	0.000	12.8	86	0.28	
	100	42.25	10	224	0.46	3600	192.2	0.000	13.6	66	0.22	5.5	20:20
		42.74	10	225	0.47		192.7	1.896	13.5	58	0.23	5.5	
		42.04	10	225	0.46		191.6	0.000	11.8	65	0.28	6.6	
		42.09	10	225	0.46		192.6	0.000	13.1	63	0.23	6.0	
		42.11	10	224	0.46		192.2	0	12.9	63	0.25	5.8	
		mean	42.24	10	224.6		0.462	192.26	0.379	13.0	63	0.24	
	200	39.38	10	223	0.86	3600	201.7	0.000	11.3	83	1.40	6.5	20:45
		38.59	10	224	0.86		201.6	0.000	11.3	93	1.40	6.4	
		39.34	10	224	0.85		203	1.902	12.1	97	1.30	6.5	
		40.20	10	224	0.86		202.2	0.000	11.3	91	1.30	6.2	
		40.04	10	223	0.85		202.7	1.821	11.8	91	1.41	6.7	
		mean	39.51	10	223.6		0.856	202.24	0.745	11.6	91	1.36	
	300	36.42	10	223	1.28	3600	220.4	0.000	11.8	110	1.27	6.1	21:15
		36.73	10	223	1.28		221.7	1.979	11.7	105	1.31	6.2	
		37.29	10	223	1.29		222.3	0.000	11.7	140	1.28	6.2	
		36.77	10	223	1.28		223.6	0.000	11.8	118	1.29	6.2	
		36.56	10	224	1.28		220.1	1.899	11.7	119	1.29	6.1	
		mean	36.75	10	223.2		1.282	221.62	0.776	11.7	118.4	1.29	
	400												21:30
		mean											
	500												21:45
		mean											

BB	Beban Lampu (Watt)	laju konsumsi			daya		SFC (Kg/kWh)	LHV (Kkal/Kg)	η_{th} (%)
		mf (kg/h)	ρ (Kg/L)	FC (L/h)	P = V . I (Watt)	E (kWh)			
B 100%	0	0.315789	0.6939	0.455094	0	0	0	11973	0
		0.3	0.6939	0.432339	0	0	0	11973	0
		0.3	0.6939	0.432339	0	0	0	11973	0
		0.297521	0.6939	0.428766	0	0	0	11973	0
		0.295082	0.6939	0.425251	0	0	0	11973	0
	mean	0.301678	0.6939	0.434758	0	0	0	11973	0
	100	0.336449	0.6939	0.484866	101.25	364.5	3.322949	11973	9.048484
		0.336449	0.6939	0.484866	101.25	364.5	3.322949	11973	9.048484
		0.336449	0.6939	0.484866	103.5	372.6	3.250711	11973	9.249562
		0.336449	0.6939	0.484866	103.5	372.6	3.250711	11973	9.249562
		0.336449	0.6939	0.484866	103.5	372.6	3.250711	11973	9.249562
	mean	0.336449	0.6939	0.484866	102.6	369.36	3.279606	11973	9.169131
	200	0.36	0.6939	0.518807	194.01	698.436	1.855574	11973	16.20396
		0.363636	0.6939	0.524047	194.01	698.436	1.874318	11973	16.04192
		0.367347	0.6939	0.529395	194.88	701.568	1.88499	11973	15.95109
		0.375	0.6939	0.540424	194.01	698.436	1.93289	11973	15.5558
		0.367347	0.6939	0.529395	194.01	698.436	1.893443	11973	15.87988
	mean	0.366666	0.6939	0.528413	194.184	699.0624	1.888243	11973	15.92653
	300	0.404494	0.6939	0.582929	285.44	1027.584	1.417091	11973	21.21787
		0.404494	0.6939	0.582929	287.67	1035.612	1.406106	11973	21.38364
		0.395604	0.6939	0.570117	292.13	1051.668	1.354207	11973	22.20315
		0.387097	0.6939	0.557857	287.67	1035.612	1.345628	11973	22.3447
		0.418605	0.6939	0.603264	288.96	1040.256	1.44866	11973	20.7555
	mean	0.402059	0.6939	0.579419	288.374	1038.146	1.394338	11973	21.58097
	400	0.473684	0.6939	0.68264	381.84	1374.624	1.240531	11973	24.23773
0.467532		0.6939	0.673775	386.75	1392.3	1.208875	11973	24.87242	
0.455696		0.6939	0.656717	384.06	1382.616	1.186523	11973	25.34097	
0.467532		0.6939	0.673775	382.33	1376.388	1.222851	11973	24.58817	
0.467532		0.6939	0.673775	381.84	1374.624	1.22442	11973	24.55665	
mean	0.466396	0.6939	0.672137	383.364	1380.11	1.21664	11973	24.71919	
500	0.545455	0.6939	0.786071	461.89	1662.804	1.180919	11973	25.46124	
	0.553846	0.6939	0.798164	462	1663.2	1.198801	11973	25.08143	
	0.529412	0.6939	0.762951	464.2	1671.12	1.140482	11973	26.36399	
	0.545455	0.6939	0.786071	464.2	1671.12	1.175042	11973	25.58857	
	0.545455	0.6939	0.786071	462	1663.2	1.180638	11973	25.4673	
mean	0.543924	0.6939	0.783866	462.858	1666.289	1.175176	11973	25.59251	

BB	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi					SFC (Kg/kWh)	LHV (Kkal/Kg)	η_{th} (%)
		mf (kg/h)	ρ (Kg/L)	FC (L/h)	P = V . I	E			
					(Watt)	(KWh)			
E 89.4 Teknik dist 40	0	0.474121	0.8	0.592651	0	0	0	5721.706	0
		0.444774	0.8	0.555967	0	0	0	5721.706	0
		0.474308	0.8	0.592885	0	0	0	5721.706	0
		0.468628	0.8	0.585785	0	0	0	5721.706	0
		0.471204	0.8	0.589005	0	0	0	5721.706	0
	mean	0.466607	0.8	0.583259	0	0	0	5721.706	0
	100	0.504202	0.8	0.630252	96.75	348.3	5.211387	5721.706	12.07323
		0.500695	0.8	0.625869	96.75	348.3	5.175146	5721.706	12.15778
		0.508618	0.8	0.635773	96.75	348.3	5.257036	5721.706	11.9684
		0.499099	0.8	0.623874	96.75	348.3	5.158644	5721.706	12.19667
		0.489596	0.8	0.611995	98.56	354.8	4.967493	5721.706	12.66601
	mean	0.500442	0.8	0.625553	97.112	349.6032	5.153941	5721.706	12.21242
	200	0.570523	0.8	0.713154	191.25	688.5	2.983127	5721.706	21.09139
		0.575724	0.8	0.719655	191.25	688.5	3.01032	5721.706	20.90087
		0.566394	0.8	0.707992	191.25	688.5	2.961537	5721.706	21.24515
		0.566127	0.8	0.707658	191.25	688.5	2.96014	5721.706	21.25518
		0.566929	0.8	0.708661	191.25	688.5	2.964335	5721.706	21.22509
	mean	0.569139	0.8	0.711424	191.25	688.5	2.975892	5721.706	21.14354
	300	0.617708	0.8	0.772135	285.44	1027.584	2.164054	5721.706	29.07427
		0.622407	0.8	0.778008	283.21	1019.556	2.197686	5721.706	28.62934
		0.623053	0.8	0.778816	283.21	1019.556	2.199968	5721.706	28.59964
0.601906		0.8	0.752383	284.16	1022.976	2.118194	5721.706	29.70375	
0.620262		0.8	0.775327	283.21	1019.556	2.190113	5721.706	28.72833	
mean	0.617067	0.8	0.771334	283.846	1021.846	2.174003	5721.706	28.94707	
400	0.678861	0.8	0.848576	372.96	1342.656	1.820198	5721.706	34.56673	
	0.679117	0.8	0.848896	372.96	1342.656	1.820885	5721.706	34.5537	
	0.678733	0.8	0.848416	371.28	1336.608	1.828089	5721.706	34.41752	
	0.685062	0.8	0.856327	369.6	1330.56	1.853522	5721.706	33.94526	
	0.675422	0.8	0.844278	371.28	1336.608	1.819172	5721.706	34.58623	
mean	0.679439	0.8	0.849299	371.616	1337.818	1.828373	5721.706	34.41389	
500	0.725953	0.8	0.907441	455.52	1639.872	1.593679	5721.706	39.4799	
	0.734244	0.8	0.917805	455.52	1639.872	1.611882	5721.706	39.03407	
	0.745033	0.8	0.931291	455.52	1639.872	1.635566	5721.706	38.46882	
	0.747198	0.8	0.933998	455.52	1639.872	1.640319	5721.706	38.35736	
	0.756303	0.8	0.945378	455.52	1639.872	1.660306	5721.706	37.89561	
mean	0.741746	0.8	0.927183	455.52	1639.872	1.62835	5721.706	38.64715	

BB	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi					SFC (Kg/KWh)	LHV (Kkal/Kg)	η_{th} (%)
		mf (kg/h)	ρ (Kg/L)	FC (L/h)	P = V . I	E			
					(Watt)	(KWh)			
E 95%	0	0.389731	0.797	0.488998	0	0	0	6080.05	0
		0.388359	0.797	0.487277	0	0	0	6080.05	0
		0.391326	0.797	0.490998	0	0	0	6080.05	0
		0.385438	0.797	0.483611	0	0	0	6080.05	0
		0.372333	0.797	0.467168	0	0	0	6080.05	0
	mean	0.385437	0.797	0.48361	0	0	0	6080.05	0
	100	0.432108	0.797	0.542169	95.89	345.204	4.506293	6080.05	13.13941
		0.444424	0.797	0.557621	94.08	338.688	4.723893	6080.05	12.53416
		0.444011	0.797	0.557103	96.32	346.752	4.60975	6080.05	12.84452
		0.449577	0.797	0.564087	95.89	345.204	4.688465	6080.05	12.62887
		0.454563	0.797	0.570342	94.08	338.688	4.831662	6080.05	12.25459
	mean	0.444937	0.797	0.558264	95.252	342.9072	4.672013	6080.05	12.68031
	200	0.549234	0.797	0.689127	188.16	677.376	2.918975	6080.05	20.28453
		0.567484	0.797	0.712025	187.32	674.352	3.029491	6080.05	19.54455
		0.541972	0.797	0.680015	185.92	669.312	2.915082	6080.05	20.31162
		0.568158	0.797	0.712871	188.16	677.376	3.019549	6080.05	19.6089
		0.539323	0.797	0.676692	188.16	677.376	2.866302	6080.05	20.65729
	mean	0.553234	0.797	0.694146	187.544	675.1584	2.94988	6080.05	20.08138
	300	0.61439	0.797	0.770878	275.28	991.008	2.231872	6080.05	26.52932
		0.596012	0.797	0.747819	278.75	1003.5	2.138158	6080.05	27.69208
0.613601		0.797	0.769889	278.75	1003.5	2.201261	6080.05	26.89824	
0.6		0.797	0.752823	278.75	1003.5	2.152466	6080.05	27.508	
0.60634		0.797	0.760778	278.75	1003.5	2.17521	6080.05	27.22038	
mean	0.606068	0.797	0.760437	278.056	1001.002	2.179793	6080.05	27.1696	
400	0.64303	0.797	0.806813	367.4	1322.64	1.750218	6080.05	33.8301	
	0.646507	0.797	0.811176	369.07	1328.652	1.751721	6080.05	33.80108	
	0.650317	0.797	0.815956	367.4	1322.64	1.770053	6080.05	33.45101	
	0.648553	0.797	0.813743	367.4	1322.64	1.765251	6080.05	33.54199	
	0.643896	0.797	0.807899	369.07	1328.652	1.744644	6080.05	33.93817	
mean	0.646461	0.797	0.811118	368.068	1325.045	1.756377	6080.05	33.71247	
500	0.675106	0.797	0.847059	453.33	1631.988	1.489215	6080.05	39.75923	
	0.658678	0.797	0.826446	455.52	1639.872	1.445991	6080.05	40.94773	
	0.679905	0.797	0.853081	455.52	1639.872	1.492591	6080.05	39.66929	
	0.695732	0.797	0.872939	455.52	1639.872	1.527336	6080.05	38.76686	
	0.68412	0.797	0.858369	455.52	1639.872	1.501845	6080.05	39.42488	
mean	0.678708	0.797	0.851579	455.082	1638.295	1.491396	6080.05	39.7136	

BB	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi					SFC (Kg/kWh)	LHV (Kkal/Kg)	η_{th} (%)
		mf (kg/h)	ρ (Kg/L)	FC (L/h)	P = V . I	E			
					(Watt)	(KWh)			
E 90%	0	0.427087	0.8015	0.53286	0	0	0	5760.1	0
		0.435072	0.8015	0.542823	0	0	0	5760.1	0
		0.42912	0.8015	0.535396	0	0	0	5760.1	0
		0.424324	0.8015	0.529412	0	0	0	5760.1	0
		0.422707	0.8015	0.527395	0	0	0	5760.1	0
	mean	0.427662	0.8015	0.533577	0	0	0	5760.1	0
	100	0.459459	0.8015	0.573248	96.75	348.3	4.748926	5760.1	13.16064
		0.470548	0.8015	0.587084	96.75	348.3	4.863545	5760.1	12.85049
		0.490048	0.8015	0.611413	96.75	348.3	5.065091	5760.1	12.33915
		0.468257	0.8015	0.584226	96.75	348.3	4.839866	5760.1	12.91336
		0.482025	0.8015	0.601403	98.56	354.816	4.890673	5760.1	12.77921
	mean	0.474067	0.8015	0.591475	97.112	349.6032	4.88162	5760.1	12.80857
	200	0.570012	0.8015	0.711181	191.25	688.5	2.980454	5760.1	20.96959
		0.554885	0.8015	0.692308	191.25	688.5	2.901358	5760.1	21.54127
		0.555526	0.8015	0.693107	191.25	688.5	2.904709	5760.1	21.51641
		0.554245	0.8015	0.69151	191.25	688.5	2.898014	5760.1	21.56612
		0.55832	0.8015	0.696594	191.25	688.5	2.919323	5760.1	21.4087
	mean	0.558598	0.8015	0.69694	191.25	688.5	2.920771	5760.1	21.40042
	300	0.611573	0.8015	0.763035	285.44	1027.584	2.142561	5760.1	29.17019
		0.6147	0.8015	0.766937	283.21	1019.556	2.170473	5760.1	28.79507
		0.617859	0.8015	0.770878	283.21	1019.556	2.181627	5760.1	28.64784
		0.613915	0.8015	0.765957	284.16	1022.976	2.160455	5760.1	28.92859
		0.594928	0.8015	0.742268	283.21	1019.556	2.10066	5760.1	29.75204
	mean	0.610595	0.8015	0.761815	283.846	1021.846	2.151155	5760.1	29.05875
	400	0.651332	0.8015	0.812641	372.96	1342.656	1.746385	5760.1	35.78759
0.65488		0.8015	0.817068	372.96	1342.656	1.755898	5760.1	35.59371	
0.634991		0.8015	0.792254	371.28	1336.608	1.710276	5760.1	36.54318	
0.635831		0.8015	0.793301	369.6	1330.56	1.720321	5760.1	36.32979	
0.659369		0.8015	0.822669	371.28	1336.608	1.775935	5760.1	35.19211	
mean	0.647281	0.8015	0.807586	371.616	1337.818	1.741763	5760.1	35.88928	
500	0.691942	0.8015	0.863309	455.52	1639.872	1.519017	5760.1	41.14433	
	0.675738	0.8015	0.843091	455.52	1639.872	1.483442	5760.1	42.131	
	0.68602	0.8015	0.85592	455.52	1639.872	1.506015	5760.1	41.49953	
	0.670088	0.8015	0.836043	455.52	1639.872	1.471104	5760.1	42.48621	
	0.692274	0.8015	0.863724	455.52	1639.872	1.519745	5760.1	41.1246	
mean	0.683213	0.8015	0.852417	455.52	1639.872	1.499852	5760.1	41.67713	

BB	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi					SFC (Kg/kWh)	LHV (Kkal/Kg)	η_{th} (%)
		mf (kg/h)	ρ (Kg/L)	FC (L/h)	P = V . I	E			
					(Watt)	(KWh)			
E 85%	0	0.481609	0.81606	0.590164	0	0	0	5440.15	0
		0.499969	0.81606	0.612662	0	0	0	5440.15	0
		0.505474	0.81606	0.619408	0	0	0	5440.15	0
		0.508801	0.81606	0.623485	0	0	0	5440.15	0
		0.471408	0.81606	0.577664	0	0	0	5440.15	0
	mean	0.493452	0.81606	0.604676	0	0	0	5440.15	0
	100	0.525737	0.81606	0.644238	101.25	364.5	5.19246	5440.15	12.74437
		0.554305	0.81606	0.679245	99	356.4	5.59904	5440.15	11.81893
		0.539049	0.81606	0.66055	98.56	354.816	5.469245	5440.15	12.09941
		0.536685	0.81606	0.657654	99	356.4	5.421065	5440.15	12.20695
		0.550978	0.81606	0.675169	98.56	354.816	5.590283	5440.15	11.83744
	mean	0.541351	0.81606	0.663371	99.274	357.3864	5.454418	5440.15	12.14142
	200	0.605042	0.81606	0.741419	190.4	685.44	3.177742	5440.15	20.82443
		0.606736	0.81606	0.743494	192.64	693.504	3.149585	5440.15	21.01059
		0.578766	0.81606	0.70922	193.5	696.6	2.991038	5440.15	22.1243
		0.609758	0.81606	0.747198	192.64	693.504	3.165274	5440.15	20.90645
		0.591348	0.81606	0.724638	190.4	685.44	3.105818	5440.15	21.30667
	mean	0.59833	0.81606	0.733194	191.916	690.8976	3.117891	5440.15	21.23449
	300	0.623475	0.81606	0.764007	285.44	1027.584	2.184261	5440.15	30.29613
		0.615378	0.81606	0.754085	286.72	1032.192	2.146269	5440.15	30.83241
		0.621892	0.81606	0.762066	288.96	1040.256	2.152172	5440.15	30.74784
		0.613579	0.81606	0.75188	286.72	1032.192	2.139993	5440.15	30.92283
		0.654594	0.81606	0.802139	286.72	1032.192	2.283041	5440.15	28.98531
	mean	0.625784	0.81606	0.766835	286.912	1032.883	2.181147	5440.15	30.3569
	400	0.648525	0.81606	0.794702	369.07	1328.652	1.757186	5440.15	37.65945
0.656642		0.81606	0.804649	371.28	1336.608	1.76859	5440.15	37.41662	
0.665869		0.81606	0.815957	371.28	1336.608	1.793443	5440.15	36.89811	
0.663763		0.81606	0.813375	369.6	1330.56	1.795896	5440.15	36.8477	
0.691251		0.81606	0.847059	371.28	1336.608	1.861805	5440.15	35.54328	
mean	0.66521	0.81606	0.815148	370.502	1333.807	1.795384	5440.15	36.87303	
500	0.738145	0.81606	0.904523	455.52	1639.872	1.620444	5440.15	40.83735	
	0.732257	0.81606	0.897308	455.52	1639.872	1.607519	5440.15	41.16569	
	0.742623	0.81606	0.91001	455.52	1639.872	1.630275	5440.15	40.5911	
	0.721113	0.81606	0.883652	455.52	1639.872	1.583055	5440.15	41.80185	
	0.718644	0.81606	0.880626	455.52	1639.872	1.577634	5440.15	41.9455	
mean	0.730556	0.81606	0.895224	455.52	1639.872	1.603786	5440.15	41.2683	

BB	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi			P = V . I (Watt)	E (KWh)	SFC (Kg/KWh)	LHV (Kkal/Kg)	η_{th} (%)
		m_f (kg/h)	ρ (Kg/L)	FC (L/h)					
		E 80%	0	0.610864	0.8284	0.737403	0	0	0
		0.610864	0.8284	0.737403	0	0	0	5120.2	0
		0.598603	0.8284	0.722601	0	0	0	5120.2	0
		0.592891	0.8284	0.715706	0	0	0	5120.2	0
		0.596448	0.8284	0.72	0	0	0	5120.2	0
	mean	0.601934	0.8284	0.726623	0	0	0	5120.2	0
	100	0.665679	0.8284	0.803571	101.25	364.5	6.574604	5120.2	10.69414
		0.641342	0.8284	0.774194	101.25	364.5	6.334242	5120.2	11.09995
		0.634519	0.8284	0.765957	101.25	364.5	6.266855	5120.2	11.2193
		0.64916	0.8284	0.783631	101.25	364.5	6.411455	5120.2	10.96627
		0.640515	0.8284	0.773196	101.25	364.5	6.326079	5120.2	11.11427
	mean	0.646243	0.8284	0.78011	101.25	364.5	6.382647	5120.2	11.01879
	200	0.700714	0.8284	0.845865	195.75	704.7	3.579639	5120.2	19.64158
		0.704688	0.8284	0.850662	191.25	688.5	3.684644	5120.2	19.08183
		0.687469	0.8284	0.829875	191.25	688.5	3.594608	5120.2	19.55978
		0.682435	0.8284	0.823799	191.25	688.5	3.568287	5120.2	19.70407
		0.69646	0.8284	0.840729	191.25	688.5	3.641619	5120.2	19.30728
	mean	0.694353	0.8284	0.838186	192.15	691.74	3.613759	5120.2	19.45891
	300	0.744443	0.8284	0.898652	284.48	1024.128	2.616857	5120.2	26.86802
		0.736355	0.8284	0.888889	283.21	1019.556	2.600033	5120.2	27.04186
		0.727376	0.8284	0.878049	285.44	1027.584	2.548261	5120.2	27.59127
		0.741113	0.8284	0.894632	285.44	1027.584	2.596389	5120.2	27.07982
		0.732018	0.8284	0.883652	283.21	1019.556	2.584717	5120.2	27.20211
	mean	0.736261	0.8284	0.888775	284.356	1023.682	2.589251	5120.2	27.15662
	400	0.767037	0.8284	0.925926	373.49	1344.564	2.053702	5120.2	34.23562
		0.787286	0.8284	0.95037	371.28	1336.608	2.120465	5120.2	33.15771
		0.788952	0.8284	0.952381	371.28	1336.608	2.124953	5120.2	33.08768
		0.771801	0.8284	0.931677	373.49	1344.564	2.066458	5120.2	34.02429
		0.783563	0.8284	0.945875	371.28	1336.608	2.110436	5120.2	33.31527
	mean	0.779728	0.8284	0.941246	372.164	1339.79	2.095203	5120.2	33.56411
	500	0.856473	0.8284	1.033889	457.71	1647.756	1.871214	5120.2	37.5744
		0.847709	0.8284	1.023309	455.52	1639.872	1.86097	5120.2	37.78125
		0.82246	0.8284	0.992829	455.52	1639.872	1.805541	5120.2	38.94111
		0.83396	0.8284	1.006711	455.52	1639.872	1.830786	5120.2	38.40413
		0.83583	0.8284	1.008969	457.71	1647.756	1.826112	5120.2	38.50244
	mean	0.839286	0.8284	1.013141	456.396	1643.026	1.838924	5120.2	38.24067

BB	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi			P = V . I (Watt)	E (KWh)	SFC (Kg/KWh)	LHV (Kkal/Kg)	η_{th} (%)
		m_f (kg/h)	ρ (Kg/L)	FC (L/h)					
		E 75%	0	0.737234	0.847	0.870406	0	0	0
		0.734747	0.847	0.86747	0	0	0	4800.25	0
		0.766131	0.847	0.904523	0	0	0	4800.25	0
		0.732629	0.847	0.864969	0	0	0	4800.25	0
		0.752889	0.847	0.888889	0	0	0	4800.25	0
	mean	0.744726	0.847	0.879251	0	0	0	4800.25	0
	100	0.793236	0.847	0.936524	101.25	364.5	7.834431	4800.25	9.572628
		0.793649	0.847	0.937012	101.25	364.5	7.838511	4800.25	9.567646
		0.797385	0.847	0.941423	96.75	348.3	8.241705	4800.25	9.099585
		0.802421	0.847	0.947368	99	356.4	8.105263	4800.25	9.252766
		0.771949	0.847	0.911392	101.25	364.5	7.624192	4800.25	9.836596
	mean	0.791728	0.847	0.934744	99.9	359.64	7.92882	4800.25	9.465844
	200	0.811821	0.847	0.958466	188.16	677.376	4.314525	4800.25	17.38224
		0.847	0.847	1	192.64	693.504	4.396802	4800.25	17.05696
		0.80369	0.847	0.948867	192.64	693.504	4.171979	4800.25	17.97614
		0.788314	0.847	0.930714	192.64	693.504	4.092164	4800.25	18.32676
		0.80624	0.847	0.951877	192.64	693.504	4.185217	4800.25	17.91929
	mean	0.811413	0.847	0.957985	191.744	690.2784	4.232137	4800.25	17.73228
	300	0.847	0.847	1	285.44	1027.584	2.967349	4800.25	25.27377
		0.824108	0.847	0.972973	285.44	1027.584	2.88715	4800.25	25.97582
		0.794476	0.847	0.937989	285.44	1027.584	2.783339	4800.25	26.94465
		0.80624	0.847	0.951877	285.44	1027.584	2.824552	4800.25	26.5515
		0.801156	0.847	0.945875	285.44	1027.584	2.806741	4800.25	26.71999
	mean	0.814596	0.847	0.961743	285.44	1027.584	2.853826	4800.25	26.29315
	400	0.886911	0.847	1.04712	373.49	1344.564	2.374658	4800.25	31.58185
		0.867729	0.847	1.024474	369.07	1328.652	2.351124	4800.25	31.89798
		0.856036	0.847	1.010668	369.6	1330.56	2.316115	4800.25	32.38013
		0.86087	0.847	1.016375	373.49	1344.564	2.304933	4800.25	32.53721
		0.83266	0.847	0.983069	373.49	1344.564	2.229403	4800.25	33.63954
	mean	0.860841	0.847	1.016341	371.828	1338.581	2.315246	4800.25	32.40734
	500								
	mean								

BB	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi			P = V . I (Watt)	E (KWh)	SFC (Kg/KWh)	LHV (Kkal/Kg)	η th (%)
		m _f (kg/h)	ρ (Kg/L)	FC (L/h)					
		E 70%	0	0.80251					
		0.778645	0.85824	0.907258	0	0	0	4480.3	0
		0.770106	0.85824	0.897308	0	0	0	4480.3	0
		0.775908	0.85824	0.904068	0	0	0	4480.3	0
		0.80628	0.85824	0.939457	0	0	0	4480.3	0
	mean	0.78669	0.85824	0.916631	0	0	0	4480.3	0
	100	0.852086	0.85824	0.99283	103.04	370.944	8.269469	4480.3	9.716677
		0.842329	0.85824	0.981461	105.75	380.7	7.965289	4480.3	10.08774
		0.856337	0.85824	0.997783	103.5	372.6	8.273788	4480.3	9.711605
		0.855389	0.85824	0.996678	103.5	372.6	8.264625	4480.3	9.722372
		0.854915	0.85824	0.996126	103.04	370.944	8.296927	4480.3	9.68452
	mean	0.852211	0.85824	0.992976	103.766	373.5576	8.21402	4480.3	9.784583
	200	0.914102	0.85824	1.065089	191.78	690.408	4.766409	4480.3	16.85793
		0.93287	0.85824	1.086957	192.64	693.504	4.842554	4480.3	16.59285
		0.915185	0.85824	1.066351	190.4	685.44	4.806643	4480.3	16.71682
		0.895555	0.85824	1.043478	192.64	693.504	4.648851	4480.3	17.28422
		0.899204	0.85824	1.04773	189.55	682.38	4.743887	4480.3	16.93796
	mean	0.911383	0.85824	1.061921	191.402	689.0472	4.761669	4480.3	16.87795
	300	0.988376	0.85824	1.151631	285.44	1027.584	3.462641	4480.3	23.20534
		0.980223	0.85824	1.142132	285.44	1027.584	3.434079	4480.3	23.39835
		0.96552	0.85824	1.125	287.67	1035.612	3.356346	4480.3	23.94025
		0.978981	0.85824	1.140684	285.44	1027.584	3.429726	4480.3	23.42804
		0.984597	0.85824	1.147228	286.72	1032.192	3.434	4480.3	23.39888
	mean	0.979539	0.85824	1.141335	286.142	1030.111	3.423358	4480.3	23.47417
	400								
	mean								
	500								
	mean								

B 100%

E 95%

E 90%

Voleme	m fluida	ρ	Voleme	m fluida	ρ	Voleme	m fluida	ρ
(L)	(Kg)	(Kg/L)	(L)	(Kg)	(Kg/L)	(L)	(Kg)	(Kg/L)
0.1	0.06948	0.6948	0.1	0.07977	0.7977	0.1	0.08019	0.8019
0.1	0.06934	0.6934	0.1	0.07975	0.7975	0.1	0.08015	0.8015
0.1	0.06935	0.6935	0.1	0.07928	0.7928	0.1	0.08021	0.8021
0.1	0.06945	0.6945	0.1	0.07975	0.7975	0.1	0.08021	0.8021
0.1	0.06933	0.6933	0.1	0.07995	0.7995	0.1	0.07999	0.7999
mean	0.06939	0.6939	mean	0.0797	0.797	mean	0.08015	0.8015

E 85%

E 80%

E 75%

Voleme	m fluida	ρ	Voleme	m fluida	ρ	Voleme	m fluida	ρ
(L)	(Kg)	(Kg/L)	(L)	(Kg)	(Kg/L)	(L)	(Kg)	(Kg/L)
0.1	0.08118	0.8118	0.1	0.08316	0.8316	0.1	0.08472	0.8472
0.1	0.08161	0.8161	0.1	0.0831	0.831	0.1	0.0846	0.846
0.1	0.08165	0.8165	0.1	0.08297	0.8297	0.1	0.0849	0.849
0.1	0.08184	0.8184	0.1	0.08271	0.8271	0.1	0.08463	0.8463
0.1	0.08175	0.8175	0.1	0.08226	0.8226	0.1	0.08465	0.8465
mean	0.081606	0.81606	mean	0.08284	0.8284	mean	0.0847	0.847

E 70%

Aquadest

E 90 tek dis 40

Voleme	m fluida	ρ	Voleme	m fluida	ρ	Voleme	m fluida	ρ
(L)	(Kg)	(Kg/L)	(L)	(kg)	(Kg/L)	(L)	(Kg)	(Kg/L)
0.1	0.08576	0.8576	0.1	0.09805	0.9805	0.1	0.08019	0.8019
0.1	0.08565	0.8565	0.1	0.09779	0.9779	0.1	0.08015	0.8015
0.1	0.08603	0.8603	0.1	0.09794	0.9794	0.1	0.08021	0.8021
0.1	0.08557	0.8557	0.1	0.09805	0.9805	0.1	0.08021	0.8021
0.1	0.08611	0.8611	0.1	0.09785	0.9785	0.1	0.07999	0.7999
mean	0.085824	0.85824	mean	0.097936	0.97936	mean	0.08015	0.8015

	%vol	% vol	(Kkal/Kg)	(Kkal/Kg)	(Kkal/Kg)
	Etanol	Water	LHV E 100	LHV water	LHV camp
E95	0.95	0.05	6400	1	6080.05
E90	0.9	0.1	6400	1	5760.1
E85	0.85	0.15	6400	1	5440.15
E80	0.8	0.2	6400	1	5120.2
E75	0.75	0.25	6400	1	4800.25
E70	0.7	0.3	6400	1	4480.3
E 90 teknis distilat 40	0.894	0.106	6400	1	5721.706