



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA KINERJA MOTOR OTTO DENGAN
PEMANFAATAN GAS BUANG SEBAGAI SUMBER
PEMANAS “*COMPACT DISTILLATOR*”**

SKRIPSI

JAROT PRAKOSO

0806388012

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

DEPOK

DESEMBER 2010



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA KINERJA MOTOR OTTO DENGAN
PEMANFAATAN GAS BUANG SEBAGAI SUMBER
PEMANAS “*COMPACT DISTILLATOR*”**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

JAROT PRAKOSO

0806388012

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

KEKHUSUSAN TEKNIK MESIN

DEPOK

DESEMBER 2010

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Jarot Prakoso

NPM : 0806388012

Tanda Tangan :

Tanggal : Januari 2011

PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : JAROT PRAKOSO
NPM : 0806388012
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : *ANALISA KINERJA MOTOR OTTO DENGAN
PEMANFAATAN GAS BUANG SEBAGAI
SUMBER PEMANAS “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. H. Bambang Sugiarto M. Eng ()
Penguji: Prof. Ir. Yulianto S. Nugroho, M.Sc., Ph.D. ()
Penguji: Dr. Ir. Danardono A. S. DEA. ()
Penguji: Dr. Ir. Adi Surjosatyo, M.Eng. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 8 Januari 2011

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT., karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- 1) Prof. Dr. Ir. H. Bambang Sugiarto M. Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.
- 2) Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral.
- 3) Panji Restu dan Andrinaldi yang telah bekerjasama dengan baik selama pengerjaan skripsi ini.
- 4) Sahabat PPSE Mesin 2008 yang telah banyak membantu memberikan dukungan dan semangat hinggaterselesainya pengerjaan skripsi ini.
- 5) Kerabat dan rekan kerja yang telah mendukung penuh untuk menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap semoga Allah SWT. berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 8 Januari 2011

Penulis

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : JAROT PRAKOSO
NPM : 0806388012
Program Studi : 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:

ANALISA KINERJA MOTOR OTTO DENGAN PEMANFAATAN GAS BUANG SEBAGAI SUMBER PEMANAS “COMPACT DISTILLATOR”

beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, 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 : 8 Januari 2011

Yang menyatakan

(Jarot Prakoso)

ABSTRAK

Nama : JAROT PRAKOSO
Program Studi : TEKNIK MESIN
Judul : ANALISA KINERJA MOTOR OTTO DENGAN PEMANFAATAN GAS BUANG SEBAGAI SUMBER PEMANAS “*COMPACT DISTILLATOR*”

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).

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

Tantangan yang dihadapi dalam pengembangan kendaraan berbahan bakar ethanol 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.

Kata kunci:

Ethanol, konsumsi bahan bakar, unjuk kerja motor, pengembangan, emisi gas buang

ABSTRACT

Name : JAROT PRAKOSO
Study Program : MECHANICAL ENGINEERING
Title : OTTO ENGINE PERFORMANCE ANALYSIS BY
UTILIZING THE EXHAUST GAS AS A HEATING
SOURCE OF COMPACT DISTILLATOR

The increased rate of current use of motor vehicles resulted in increased consumption of fuel, especially gasoline, which is the main fuel in land transportation sector. This will give the impact of the decreasing supply of petroleum reserves and lead to a significant environmental impact by increasing toxic gas in the air, especially carbon monoxide (CO), hydrocarbons (HC), and sulfur oxides (SO_x).

In 1983, testing the performance of bio-ethanol vehicles have been carried out at 100 four-wheeled vehicles and 32 motorcycles. The results showed no impairment in motor performance was significant, but it happened a few leaks in the fuel tank packing.

Currently, vehicle fuel ethanol with 99.5% degree of purification has been used on several vehicles and other land transportation. And the results obtained in the vehicle with ethanol fuel in the form of reduced vehicle exhaust emissions compared with gasoline-fueled vehicles.

Challenges faced in the development of ethanol-fueled vehicles is how to improve the ability of ethanol to give a positive effect on reducing exhaust emissions and increase engine performance by utilizing the remaining exhaust gas vehicles to be able to process the ethanol fuel with low grade levels into fuel ethanol with high grade levels.

Keywords:

Ethanol, fuel consumption, engine performance, development, emissions

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN.....	3
1.4 MANFAAT PENELITIAN.....	3
1.5 BATASAN PENELITIAN.....	3
1.6 METODOLOGI PENELITIAN	4
1.7 SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II DASAR TEORI	7
2.1 MOTOR OTTO	7
2.1.1 Siklus Kerja Motor Otto.....	7
2.2 PENGERTIAN <i>BIOETHANOL</i>	11
2.2.1 Pembuatan Ethanol Secara Fermentasi.....	12
2.2.2 <i>Bioethanol</i> Sebagai Bahan Bakar	14
2.2.3 Penggunaan <i>Bioethanol</i> Pada Mesin Pembakaran Dalam	15
2.3 PARAMETER KINERJA MOTOR	17
2.4 POLUTAN PADA ALIRAN GAS BUANG	18
2.4.1 Karbon Monoksida (CO)	19
2.4.2 Hidrokarbon (HC).....	19
2.4.3 Nitrogen Oksida (NO _x).....	20

2.4.4	Udara Berlebih (<i>Excess Air</i>).....	20
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN.....	22
3.1	PENELITIAN.....	22
3.2	LOKASI DAN PERALATAN PENGUJIAN.....	22
3.2.1	Tempat Pengujian.....	22
3.2.2	Peralatan Pengujian.....	22
3.3	RANGKAIAN SKEMATIK PERALATAN PENGUJIAN.....	28
3.4	PROSEDUR PENGUJIAN.....	29
3.4.1	Tujuan Prosedur Pengujian.....	29
3.4.2	Ruang lingkup pengujian.....	29
3.4.3	Tahapan Pengujian.....	29
BAB IV	ANALISA PERHITUNGAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	33
4.1	HASIL PENGUJIAN KONSUMSI BAHAN BAKAR.....	33
4.1.1	Laju aliran massa bahan bakar (m_f).....	33
4.1.2	<i>Fuel Consumption (FC)</i> dan Laju Produksi Distilasi.....	35
4.1.3	Specific Fuel Consumption (SFC).....	37
4.2	EFISIENSI TERMAL BAHAN BAKAR.....	38
4.3	KONDISI GAS BUANG YANG TERUKUR.....	39
4.3.1	Oksigen (O_2).....	39
4.3.2	Karbon Dioksida (CO_2).....	40
4.3.3	Karbon Monoksida (CO).....	41
4.3.4	Hidro Karbon (HC).....	42
4.3.5	Nitrogen Oksida (NO_x).....	44
4.3.6	Temperatur.....	46
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1	KESIMPULAN.....	49
5.2	SARAN.....	50
	DAFTAR PUSTAKA.....	51
	LAMPIRAN.....	51

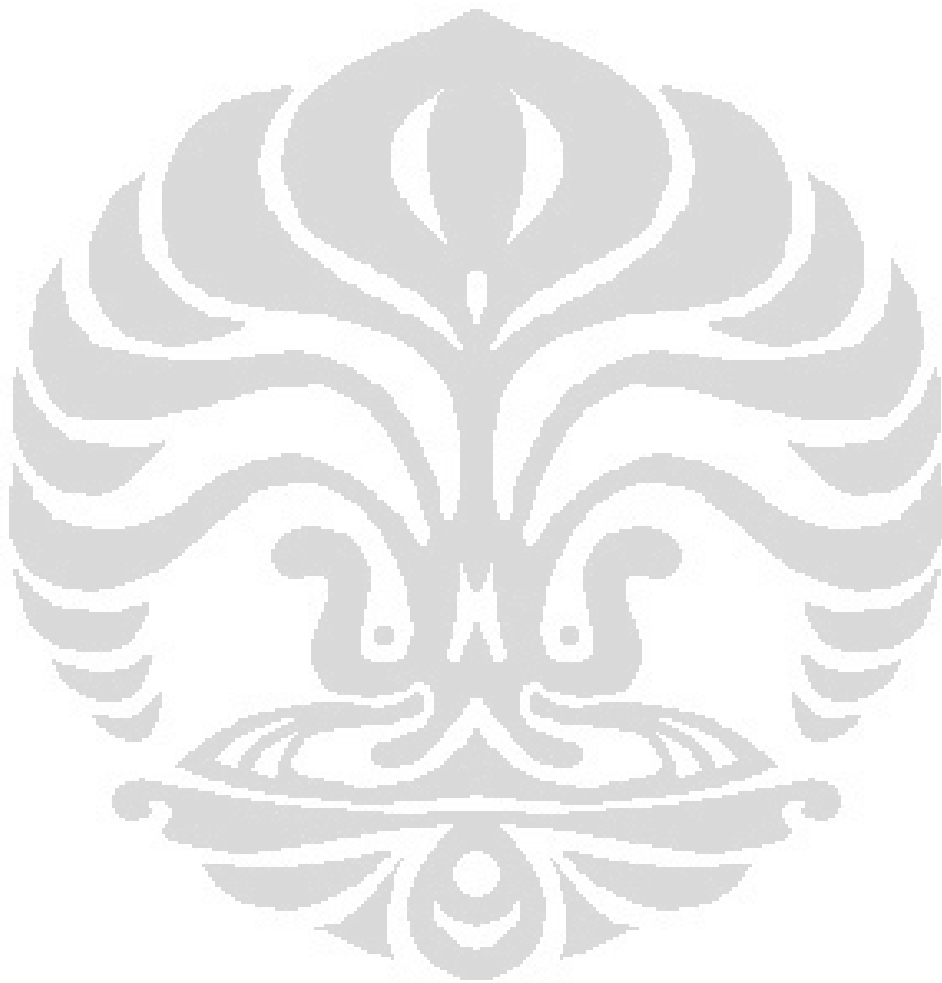
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konversi Biomassa Menjadi <i>Bioethanol</i>	13
Tabel 3.1 Spesifikasi Generator Set Sumura ET1500	23
Tabel 3.2 Spesifikasi Gas Analyzer.....	24
Tabel 3.3 Spesifikasi Multimeter dan <i>Thermocouple</i>	25
Tabel 3.4 Spesifikasi timbangan digital.....	25
Tabel 3.5 Spesifikasi tube level.....	26
Tabel 3.6 Spesifikasi gelas ukur.....	26
Tabel 3.7 Spesifikasi pipet tetes.....	26
Tabel 3.8 Spesifikasi alkohol meter.....	27
Tabel 3.9 Spesifikasi lampu panel.....	27
Tabel 3.10 Spesifikasi stop watch	27
Tabel 3.11 Analisa Bahaya Pekerjaan	29

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 empat langkah	9
Gambar 2.3 Diagram Alir Fermentasi Ethanol dan Berbagai Bahan Baku	14
Gambar 3.1 Diagram pengukuran arus dan tegangan panel lampu	28
Gambar 3.2 Ilustrasi rangkaian compact distillator pada motor generator set.....	28
Gambar 4.1 Grafik laju aliran massa bahan bakar dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan beban	34
Gambar 4.2 Grafik laju konsumsi bahan bakar dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan beban.....	35
Gambar 4.3 Grafik laju konsumsi bahan bakar terhadap laju produksi distilasi...	36
Gambar 4.4 Grafik <i>Spesific Fuel Consumption</i> dengan variasi konsentrasi bioethanol terhadap perubahan beban.....	37
Gambar 4.5 Grafik efisiensi thermal dengan variasi konsentrasi bioethanol terhadap perubahan beban.....	38
Gambar 4.6 Grafik kandungan konsentrasi oksigen pada gas buang dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan beban	40
Gambar 4.7 Grafik kandungan konsentrasi CO ₂ dalam gas buang dengan variasi konsentrasi alkohol terhadap perubahan beban.....	41
Gambar 4.8 Grafik kandungan konsentrasi CO dalam gas buang dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan	42
Gambar 4.9 Grafik kandungan konsentrasi HC dalam gas buang dengan variasi konsentrasi bioethanol terhadap perubahan beban	43
Gambar 4.10 Grafik kandungan konsentrasi NO _x dalam gas buang dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan beban	45
Gambar 4.11 Grafik temperatur gas buang dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan beban.....	46

DAFTAR LAMPIRAN



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, 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.

Oleh karena itu, dalam penulisan skripsi ini akan dibahas tentang **“ANALISA KINERJA MOTOR OTTO DENGAN PEMANFAATAN GAS BUANG SEBAGAI SUMBER PEMANAS “COMPACT DISTILLATOR”** untuk mendapatkan gambaran pemanfaatan bio-ethanol sebagai bahan bakar kendaraan bermotor (*fuel internal combustion motor vehicles*).

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 lanjutan pemanfaatan panas gas buang motor pembakaran dalam berbahan bakar *bioethanol* yang digunakan sebagai sumber energi panas pada proses distilasi *bioethanol* untuk meningkatkan konsentrasi *bioethanol* dari *Low Grade Bioethanol* menjadi *High Grade Bioethanol* pada alat *Compact Distillator*, yang kemudian *bioethanol* hasil distilasi tersebut akan dicampur dengan bensin dan digunakan sebagai bahan bakar motor *Otto* serta dilakukan pengujian untuk mengetahui dampak penggunaan campuran *bioethanol*-bensin terhadap kinerja motor *Otto* pada variasi beban yang diberikan.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Dengan terlaksananya tujuan penelitian ini diharapkan dapat membantu mendorong minat industri untuk mengembangkan rancangan *compact distillator* pada motor pembakaran dalam yang lebih handal serta efisien, sehingga dihasilkan produk yang ramah lingkungan dengan harga yang ekonomis. Disamping itu, dengan mengembangkan penggunaan *low grade bioethanol* diharapkan dapat mengurangi konsumsi bahan bakar minyak (BBM) di dalam negeri dan mendorong program diversifikasi (penganeka ragam) energi, serta mendorong terciptanya pemanfaatan energi yang berwawasan lingkungan, mendorong terciptanya lapangan kerja di daerah, serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi daerah.

1.5 BATASAN PENELITIAN

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

Penelitian dilakukan pada generator set berbahan bakar *bioethanol* yang telah dimodifikasi pada bagian *exhaust muffler* untuk dihubungkan pada perangkat *compact distillator* sebagai sumber energi pemanas.

Penelitian hanya membahas mengenai unjuk kerja motor pembakaran dalam berbahan bakar campuran *bioethanol*-bensin pada saat panas gas buang motor digunakan sebagai pemanas *compact distillator* untuk meningkatkan kadar konsentrasi ethanol.

Analisa dilakukan dengan membandingkan data hasil unjuk kerja motor berbahan bakar *bioethanol* dengan memanfaatkan panas gas buang yang dimanfaatkan sebagai pemanas *compact distillator* terhadap data hasil unjuk kerja motor berbahan bakar *bioethanol* tanpa memanfaatkan panas gas buang.

Pengambilan data hanya dilakukan terhadap perubahan laju konsumsi bahan bakar serta analisa kandungan gas buang sisa pembakaran setelah dimanfaatkan sebagai sumber energi pemanas *compact distillator*.

1.6 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 memaksimalkan 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 campuran *bioethanol*-bensin 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* dioperasikan 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 untuk mengetahui nilai kandungan yang terdapat pada gas buang yang dihasilkan. Interval waktu pengukuran data dilakukan dengan menggunakan alat ukur waktu (*stop watch*) untuk mempertahankan konsistensi pengambilan data. Variasi beban genset pada penelitian ini memanfaatkan peralatan panel lampu yang merupakan hasil penelitian terdahulu.

1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

Skripsi ini disusun menjadi 5 bagian pokok, yaitu:

- BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, permasalahan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batas-batas penelitian, 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

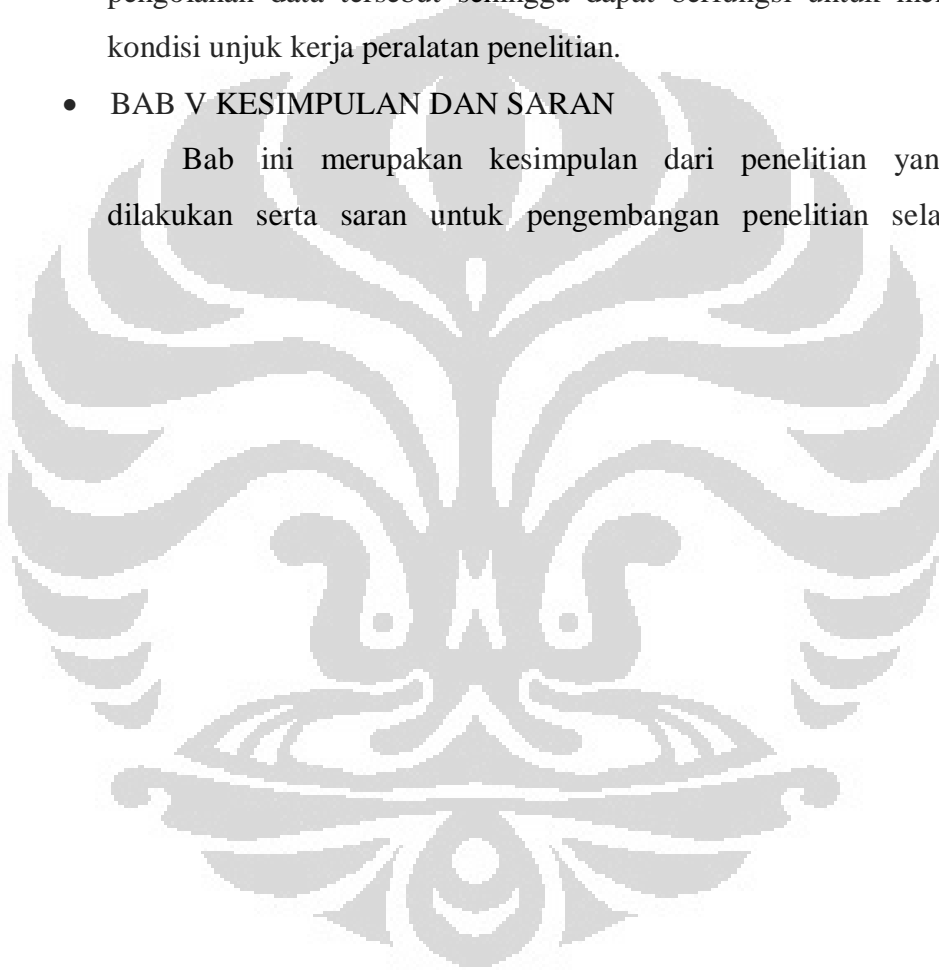
Bagian ini memaparkan urutan proses instalasi alat uji, persiapan pengujian, tahapan pengujian, serta prosedur pengambilan data.

- **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 berfungsi untuk mengetahui kondisi unjuk kerja peralatan penelitian.

- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

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

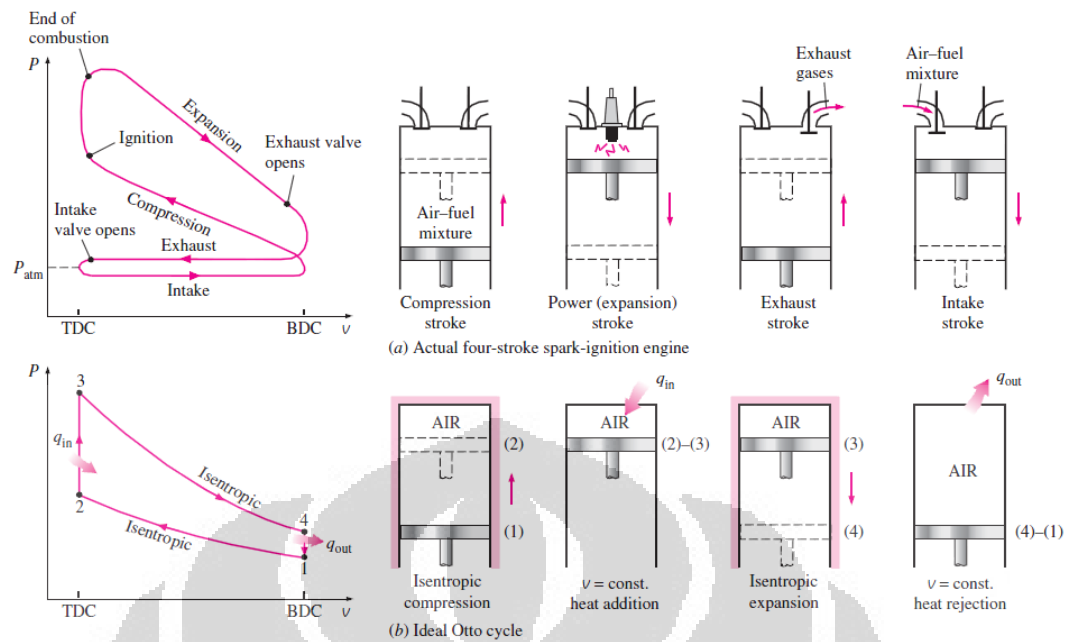
3. Torak

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.

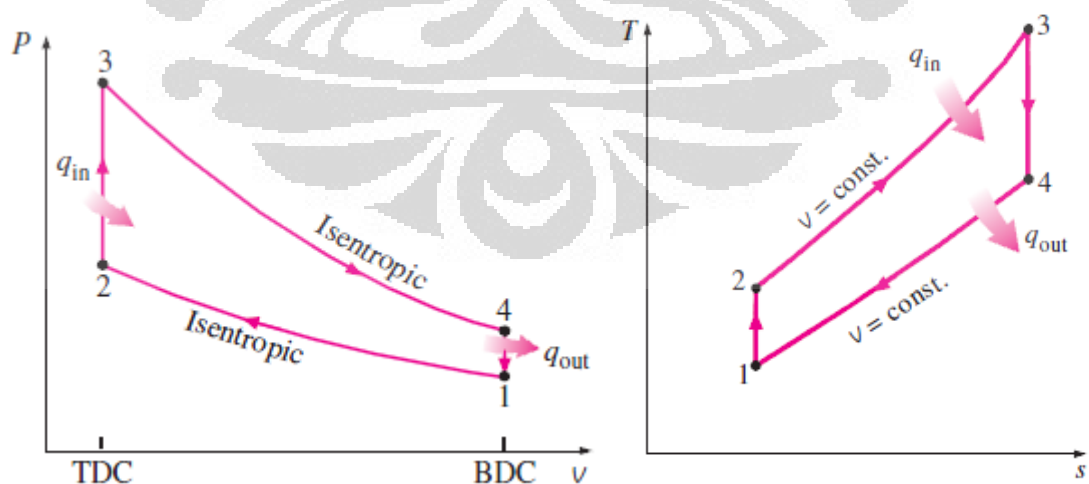
Pada mesin 4 langkah, torak bergerak bolak-balik dalam silinder dari Titik Mati Atas (TMA) menuju Titik Mati Bawah (TMB) sebanyak 4 kali atau 2 putaran engkol untuk memenuhi 1 siklus kerja. Jarak yang ditempuh torak selama gerakan bolak-balik disebut dengan *stroke* atau langkah torak. Langkah-langkah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

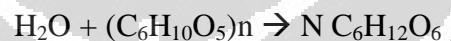
Tekanan tinggi hasil dari proses pembakaran campuran udara-bahan bakar mengakibatkan torak terdorong menjauhi TMA. Dorongan ini merupakan kerja keluaran dari siklus mesin otto. Dengan Bergeraknya torak menuju TMB, volume silinder meningkat sehingga temperatur dan tekanan dalam ruang bakar turun.

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)

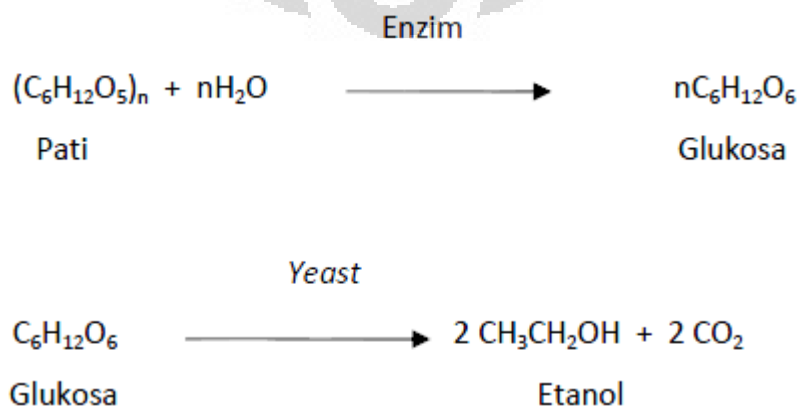
Digunakan terutama untuk kepentingan farmasi dan konsumsi misal untuk minuman keras.

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

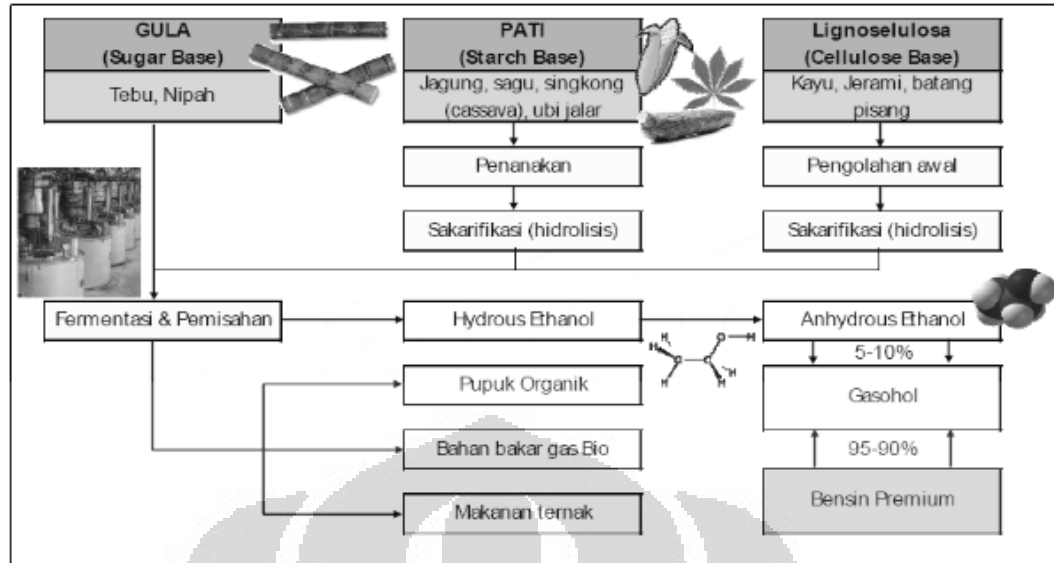
- Bahan-bahan lignoselulosa (lignosellulosic material) :

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.

Tabel 2.1 Konversi Biomassa Menjadi *Bioethanol*

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 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 10% 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 kemungkinan

penggunaan rasio kompresi yang tinggi pada mesin Otto. Korelasi antara efisiensi dengan rasio kompresi berimplikasi pada fakta bahwa mesin Otto berbahan bakar ethanol (sebagian atau seluruhnya) memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar gasoline (Yuksel dkk, 2004), (Al-Baghdadi, 2003). Untuk rasio campuran ethanol:gasoline mencapai 60:40 tercatat peningkatan efisiensi hingga 10 Yuksel dkk, 2004).

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

Rendahnya emisi NO, yang dalam kondisi atmosfer akan membentuk NO₂ yang bersifat racun, dipercaya sebagai akibat relatif rendahnya temperatur puncak pembakaran ethanol di dalam silinder. Pada rasio kompresi 7, penurunan emisi NO_x tersebut bisa mencapai 33% dibandingkan terhadap emisi NO_x yang dihasilkan pembakaran gasolin pada rasio kompresi yang sama (Al-Baghdadi, 2003). Dari susunan molekulnya, ethanol memiliki rantai karbon yang lebih pendek dibandingkan gasolin (rumus molekul ethanol adalah C₂H₅OH, sedangkan gasolin memiliki rantai C₆-C₁₂ (Wikipedia) dengan perbandingan antara atom H dan C adalah 2:1 (Rostrup-Nielsen, 2005)). Pendeknya rantai atom karbon pada ethanol menyebabkan emisi UHC pada pembakaran ethanol relatif lebih rendah dibandingkan dengan gasolin, yakni berselisih hingga 130 ppm (Yuksel dkk, 2004).

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

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

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:

Konsumsi Bahan Bakar / Fuel Consumption (FC)

$$BFC = \frac{V_f \times 3600}{t \times 1000} \dots\dots\dots (2.1)$$

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)

$$\dot{m}_f = \frac{BFC \times \rho_f}{3600 \times 1000} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

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

BFC = konsumsi bahan bakar (L/jam)

ρ_f = massa jenis bahan bakar (kg/m^3)

Laju Aliran Massa Udara (\dot{m}_a)

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

AFR = rasio massa udara-bahan bakar (kg udara per kg bahan bakar)

\dot{m}_a = laju aliran massa udara (kg/s)

BFC = konsumsi bahan bakar (L/jam)

ρ_f = massa jenis bahan bakar (kg/m^3)

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

2.4.1 Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida selalu terdapat di dalam gas buang pada saat proses penguraian dan hanya ada pada knalpot kendaraan. 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.

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.

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.

2.4.2 Hidrokarbon (HC)

Emisi hidrokarbon yang tidak terbakar merupakan hal berkaitan langsung dengan pembakaran yang tidak sempurna. Bentuk emisi hidrokarbon dipengaruhi oleh banyak variabel desain dan operasi. Salah satunya dapat disebabkan karena penyalaan yang tidak stabil (*misfire*). Oksidasi dari hidrokarbon merupakan proses rantai dengan hasil lanjutan berupa aldehid. Beberapa jenis aldehid bersifat stabil dan keluar bersama gas buang. Sumber utama dari pembentukan hidrokarbon adalah *wall quenching* yang diamati pada saat api menjalar ke arah dinding, terdapat lapisan tipis yang tidak terjadi reaksi kimia kecuali terjadinya pemceahan 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, 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.

2.4.3 Nitrogen Oksida (NO_x)

Komponen utama dari NO_x adalah nitrogen oksida (NO) yang dapat dikonversikan lagi menjadi nitrogen dioksida (NO₂) dan nitrogen tetraoksida (N₂O₄). Oksida-oksida nitrogen (NO_x) biasanya dihasilkan dari proses pembakaran pada suhu tinggi dari bahan bakar gas, minyak atau batu bara. Suhu yang tinggi pada ruang bakar akan menyebabkan sebagian N₂ bereaksi dengan O₂. Jika terdapat N₂ dan O₂ pada temperatur lebih dari 1800 °C, akan terjadi reaksi pembentukan gas NO sebagai berikut:



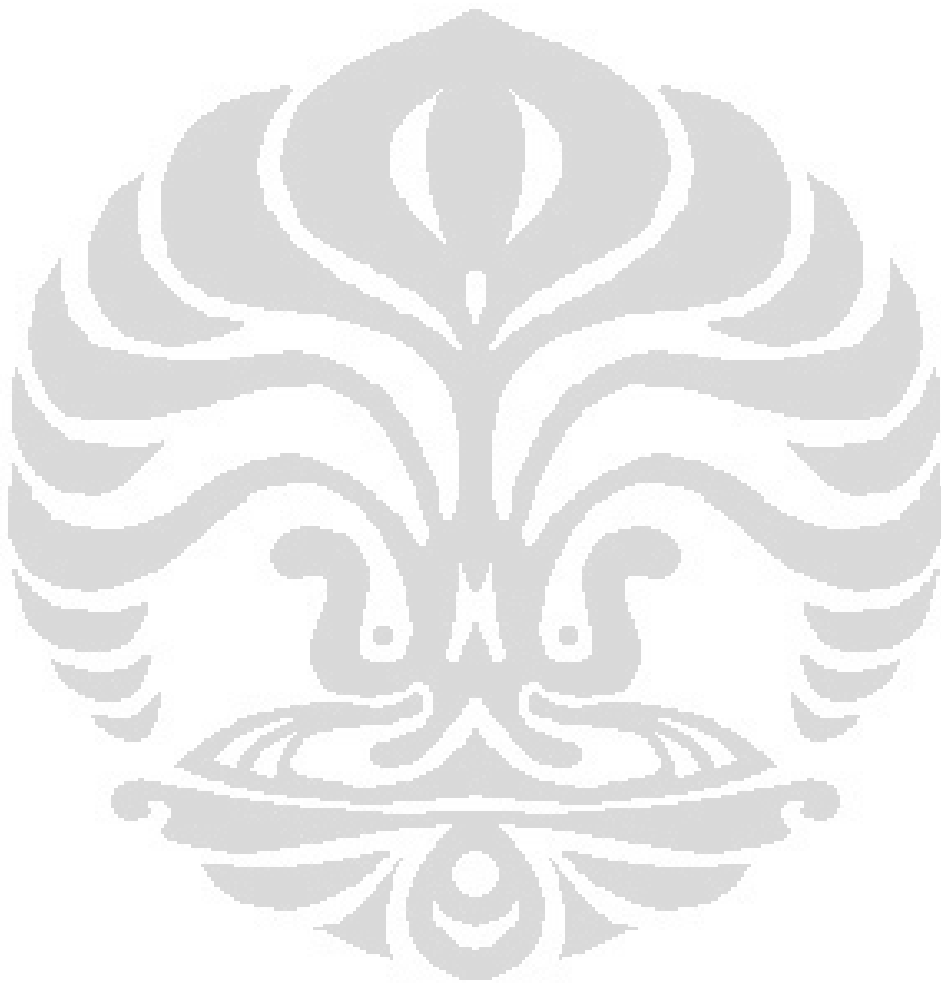
Di udara, NO mudah berubah menjadi NO₂. Komposisi NO_x di dalam gas buang terdiri dari 95% NO, 3-4% NO₂, dan sisanya adalah N₂O serta N₂O₃.

Tidak seperti gas polutan lainnya yang mempunyai daya destruktif yang tinggi terhadap kesehatan manusia, NO merupakan gas inert dan hanya bersifat racun. Sama halnya dengan CO, NO mempunyai afinitas yang tinggi terhadap oksigen dibandingkan dengan hemoglobin dalam darah. Dengan demikian pemaparan terhadap NO dapat mengurangi kemampuan darah membawa oksigen sehingga tubuh kekurangan oksigen dan mengganggu fungsi metabolisme. Namun NO₂ dapat menimbulkan iritasi terhadap paru-paru.

2.4.4 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 PENELITIAN

Agar tujuan penelitian dapat tercapai maka dalam penelitian ini digunakan metode penelitian eksperimental, yaitu metode yang dapat dipakai untuk menguji pengaruh unjuk kinerja motor berbahan bakar *bioethanol* dengan memanfaatkan panas gas buang sebagai sumber energi pemanas *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, bahan bakar bensin, beban (*load*), dan pengukuran gas buang yang dihasilkan serta laju konsumsi bahan bakar terhadap laju produksi distilasi *bioethanol*.

3.2 LOKASI DAN PERALATAN PENGUJIAN

3.2.1 Tempat Pengujian

Pengujian unjuk kinerja mesin dilaksanakan di Laboratorium Termodinamika Terapan Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang berada di lantai I Gedung Departemen Mesin Kampus Baru UI Depok.

3.2.2 Peralatan Pengujian

Peralatan pengujian yang digunakan pada penelitian ini antara lain sebagai berikut:

Spesifikasi Bahan Bakar

1. Bahan bakar premium

Bahan bakar premium tanpa timbal dengan nilai kalor spesifik 8.308 Kkal/liter digunakan pada motor otto sebagai data pembanding unjuk kinerja motor bakar.

2. Bahan bakar *bioethanol*

Bahan bakar *bioethanol* yang digunakan berasal dari hasil fermentasi tebu dengan kadar konsentrasi 95% dan memiliki nilai kalor spesifik sebesar 5.023,3 Kkal/liter pada tingkat konsentrasi 100%.

3. Bahan campuran larutan *bioethanol*

Bahan campuran larutan *bioethanol* ini menggunakan *distillite water/aquades* dengan nilai kalor spesifik 0,979 Kkal/liter. 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*.

4. Motor Generator Set Sumura ET 1500

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

Tabel 3.1 Spesifikasi Generator Set Sumura ET1500

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 timbal
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 3.2 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 dities	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 3.3 Spesifikasi Multimeter dan *Thermocouple*

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 Termo 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 kadar konsentrasi ethanol yang dihasilkan.

Tabel 3.4 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.

Tabel 3.5 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

Gelas ukur ini digunakan untuk menentukan konsentrasi *bioethanol* berdasarkan perbandingan volume ethanol terhadap *distilite water*.

Tabel 3.6 Spesifikasi gelas ukur

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

10. Pipet tetes

Pipet tetes digunakan sebagai alat ukur untuk mengukur densitas bahan bakar berdasarkan volume.

Tabel 3.7 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 3.8 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 3.9 Spesifikasi lampu panel

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

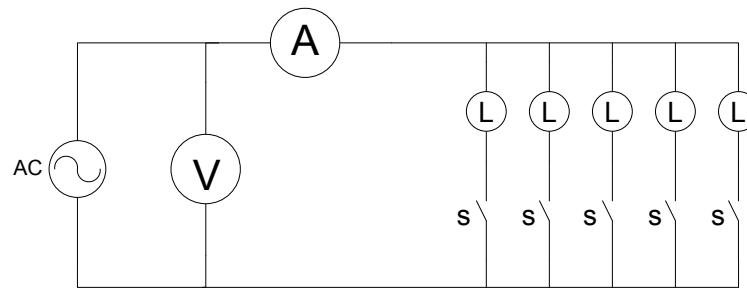
13. Stop watch

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

Tabel 3.10 Spesifikasi stop watch

Merek	Alba
Jenis	Sport Timer
Ketelitian	0.01 S
Negara Pembuat	China

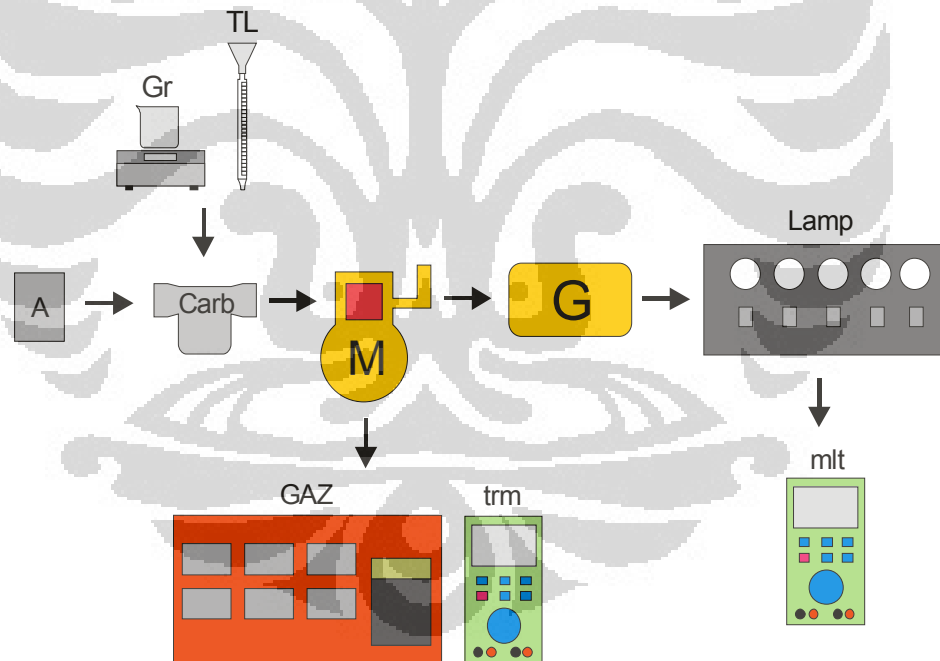
3.3 RANGKAIAN SKEMATIK PERALATAN PENGUJIAN



Gambar 3.1 Diagram pengukuran arus dan tegangan panel lampu

Keterangan:

- V = Pengukuran tegangan yang dihasilkan dengan multimeter
- A = Pengukuran arus yang dihasilkan dengan multimeter
- L = Lampu panel yang dirangkai secara parallel
- S = Saklar pemutus arus & tegangan
- AC = Daya yang dihasilkan dari motor-generator set



Gambar 3.2 Ilustrasi rangkaian compact distillator pada motor generator set

Keterangan:

- | | |
|----------------------------|--|
| K = Compact distillatory | TL = Tube Level |
| A = Intake Air Cleaner | Carb = Karburator motor |
| M = Motor Otto 4 langkah | Trm = Termokopel |
| G = Generator | Mlt = Multimeter |
| Gr = Penampung bahan bakar | Lamp = Panel lampu + timbangan digital |

3.4 PROSEDUR PENGUJIAN

3.4.1 Tujuan Prosedur Pengujian

Pembuatan prosedur pengujian bertujuan agar proses pengujian yang berupa pemasangan dan pengaturan alat uji, pengukuran dan pencatatan data dapat terlaksana dengan aman dan hasil pengujian yang diperoleh dapat sesuai dengan yang diharapkan.

3.4.2 Ruang lingkup pengujian

Pengujian peralatan dilakukan berdasarkan metode-metode yang dianjurkan pada langkah pengujian berikut. Pemasangan dan pengaturan alat uji harus dilakukan dengan baik dan benar untuk mengurangi terjadinya kerugian-kerugian yang tidak diharapkan.

3.4.3 Tahapan Pengujian

Persiapan Pengujian

Sebelum pelaksanaan pengujian alat, perlu dilakukan persiapan untuk meyakinkan agar setiap langkah pengujian diikuti dengan benar untuk menghasilkan proses pengujian sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini akan mempengaruhi kehandalan kinerja peralatan serta kualitas data yang diperoleh. Langkah persiapan dapat dimulai dari diskusi kelompok sebelum pelaksanaan pengujian dan analisa bahaya yang dapat terjadi serta tindakan pencegahannya sehingga resiko kemungkinan terjadinya bahaya dapat dihindari.

Tabel 3.11 Analisa Bahaya Pekerjaan

<u>Analisa Bahaya Pekerjaan</u>	
Potensi bahaya	Tindakan pencegahan
<u>Mobilisasi menuju lokasi pengujian:</u> - Kecelakaan berkendara	- Ikuti peraturan berkendara kampus Kecepatan maksimum: FT-UI = 5km/jam UI = 30 km/jam
<u>Pelaksanaan pengujian:</u> - Listrik (Tersengat listrik)	- Matikan aliran listrik pada saat persiapan dan pengaturan alat uji.

<p>- Panas (Kulit terbakar)</p> <p>- Kimia (Iritasi kulit, kontak dengan mata, gangguan pernapasan)</p> <p>- Bising (Suara motor-generator set)</p> <p>- Gravitasi (Kaki terjatuh peralatan)</p> <p>- Gerak (Tersandung, terpeleset)</p>	<p>Pastikan tubuh bebas dari air pada saat menghubungkan aliran listrik.</p> <p>- Lakukan pengukuran temperatur peralatan dahulu sebelum/sesudah pengaturan alat. Gunakan sarung tangan dan pakaian lengan panjang. Hindari penempatan bahan bakar yang dekat dengan sumber panas.</p> <p>- Ikuti petunjuk yang tertera pada MSDS (<i>Material Safety Data Sheet</i>). Cuci tangan dengan sabun setelah melakukan pengujian. Bilas dengan aliran air bersih bila bahan bakar terkena mata. Gunakan alat pelindung pernapasan (masker)</p> <p>- Gunakan pelindung pendengaran pada saat pengujian.</p> <p>- Gunakan sepatu pada saat pengujian.</p> <p>- Perhatikan arah langkah, jaga kerapihan peralatan dan segera bersihkan jalan dari bahan bakar dan cairan yang tertumpah.</p>
--	--

Pelaksanaan Pengujian

1. Persiapan dan pengaturan peralatan kerja
2. Pengaturan komposisi bahan bakar *bioethanol*
 - Masukkan *bioethanol* dengan kadar 95% ke dalam gelas ukur sesuai dengan volume yang akan diujikan. Lalu tambahkan aquades/air distilasi ke dalam gelas ukur tersebut untuk menurunkan kadar *bioethanol* dari 95% menjadi *low grade ethanol* (sesuai dengan konsentrasi sampel yang akan diujikan). Masukkan alkohol meter ke dalam gelas ukur untuk mengukur konsentrasi campuran *bioethanol*. Tambahkan air distilasi atau *bioethanol* dengan pipet tetes bila konsentrasinya belum sesuai dengan konsentrasi sampel yang diujikan. Lakukan pengukuran campuran *bioethanol* tersebut dengan timbangan digital untuk mengetahui nilai densitas sampel.
3. Persiapan dan pengaturan kondisi motor-generator set
 - Lakukan pengecekan kondisi minyak pelumas genset.
Tambahkan minyak pelumas bila kurang dari level minimum. Ganti minyak pelumas bila kualitasnya sudah menurun.
 - Lakukan pengecekan kondisi busi.
Ganti busi bila pengapian yang terjadi sudah lemah.
 - Operasikan motor-generator set tanpa beban dan lakukan pengaturan karburator dengan memutar screw hingga tercapai campuran udara-bahan bakar yang sesuai berdasarkan putaran motor maksimum.
 - Lakukan pengaturan bukaan katup gas hingga mencapai putaran optimum 3600 rpm. Setelah itu biarkan engine beroperasi tanpa beban selama kurang lebih 10 menit.
4. Pengaturan Gas Analyzer
 - Tekan saklar power untuk mengoperasikan gas analyzer dan biarkan beroperasi selama 15 menit.
 - *Autozero* (kalibrasi otomatis) akan terulang dengan selang waktu tertentu secara otomatis.
 - Masukkan probe sensor kurang lebih 20cm ke dalam lubang gas buang.
 - Tekan tombol **ON** untuk memulai pengukuran data.

- Setelah selesai pengambilan data, tekan tombol **OFF** untuk menghentikan proses pengambilan data.
 - Sekarang kondisi peralatan sudah dalam keadaan *standby* dan siap digunakan untuk pengukuran gas buang berikutnya.
5. Pengaturan penggunaan Thermocouple pada Multimeter
- Pasang kabel thermocouple pada multimeter.
 - Putar switch pengaturan Multimeter pada satuan °C.
 - Posisikan bagian sensor thermocouple pada sisi keluaran lubang gas buang.
 - Lakukan pengukuran dan pencatatan data pada saat nilai pembacaan sudah stabil dan tidak fluktuasi.
6. Pengukuran laju konsumsi bahan bakar
- Wadah penampungan bahan bakar yang telah diberi saluran menuju ruang bakar, diposisikan di atas timbangan digital. Hal ini dilakukan agar data pengukuran laju konsumsi bahan bakar terhadap perubahan massa dapat lebih teliti. Pencatatan data pengukuran dilakukan berdasarkan banyaknya waktu yang dibutuhkan setiap perubahan massa 10 gram.
- Pengukuran laju konsumsi bahan bakar dengan timbangan digital dapat diverifikasi dengan menggunakan tube level. Metode pengukurannya hampir sama, hanya saja yang diukur adalah perubahan volume bahan bakar terhadap waktu.
7. Pengukuran Daya yang dihasilkan
- Pengukuran dilakukan dengan menghubungkan multimeter yang dirangkai secara paralel terhadap panel lampu untuk mencatat besarnya nilai tegangan yang dihasilkan. Sedangkan untuk mengukur besarnya nilai arus listrik yang dihasilkan, multimeter dirangkai secara seri terhadap panel lampu.
8. Pengukuran komposisi gas buang
- Pengukuran dilakukan dengan mencatat nilai yang tampil pada layar gas analyzer setiap melakukan perubahan beban.

BAB IV

ANALISA PERHITUNGAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 HASIL PENGUJIAN KONSUMSI BAHAN BAKAR

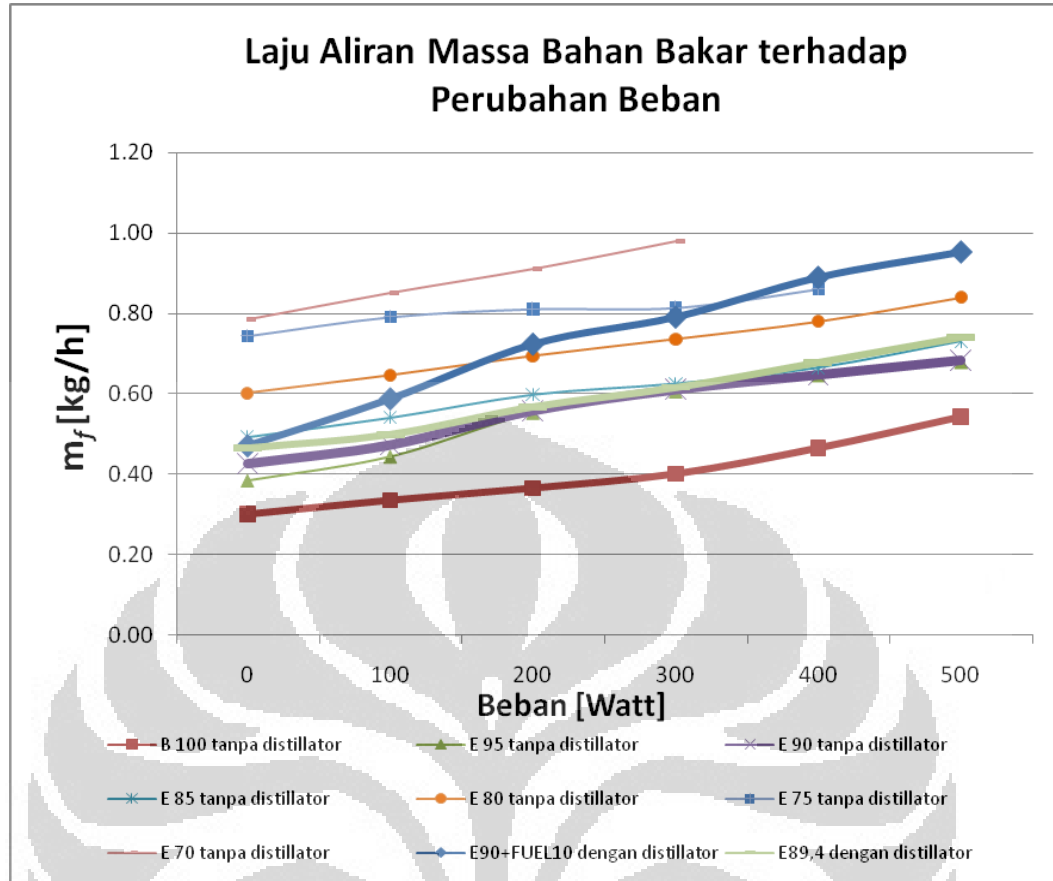
Penggunaan bahan bakar *bioethanol* pada motor Otto 4 langkah ini bertujuan untuk mengurangi atau mengkonversi penggunaan bahan bakar minyak. Sedangkan pemanfaatan panas gas buang pada motor Otto 4 langkah untuk pemanasan distillator *bioethanol* ini digunakan agar mampu mengolah *low grade ethanol* 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 (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 motor 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.

$$m_f = \frac{gr}{s} \times \frac{3600}{1000}$$



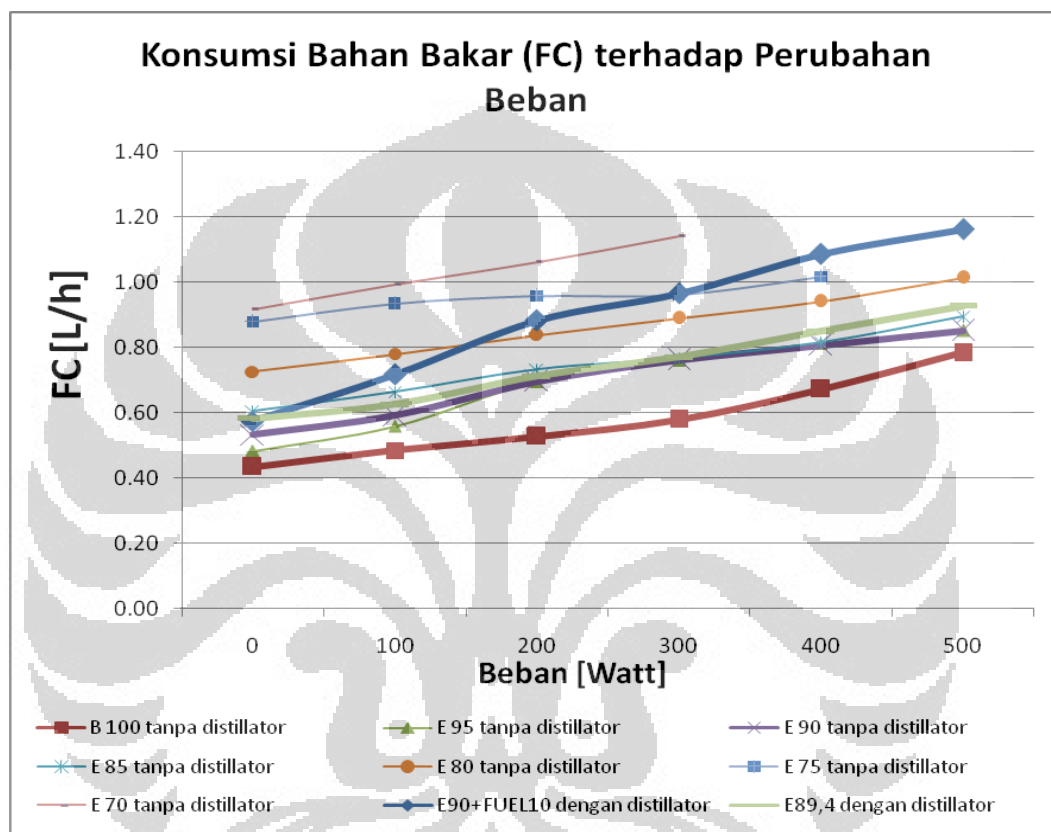
Gambar 4.1 Grafik laju aliran massa bahan bakar dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan beban

Pada grafik di atas menunjukkan hubungan laju aliran massa bahan bakar dengan menggunakan *compact distillator* dan tanpa *compact distillator* dengan memberikan variasi pembebanan dari 0-500 Watt pada putaran motor 3600 rpm. Grafik tersebut memperlihatkan peningkatan laju aliran massa bahan bakar dengan bertambahnya pembebanan. Laju aliran massa bahan bakar bensin terlihat lebih rendah dibanding dengan laju aliran massa *bioethanol*. Penambahan bensin 10% pada campuran *bioethanol* dengan kadar 90% memperlihatkan peningkatan laju aliran massa bahan bakar yang paling tinggi. Pada *bioethanol* dengan kadar 70% dan 75%, motor hanya mampu beroperasi hingga beban 300 Watt dan 400 Watt. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah kadar ethanol yang digunakan sebagai bahan bakar maka semakin rendah daya yang dihasilkan, karena kandungan air didalam campuran *bioethanol* tersebut sangat tinggi.

4.1.2 Fuel Consumption (FC) dan Laju Produksi Distilasi

Harga FC bisa kita dapatkan dari pengukuran laju aliran bahan bakar dalam liter per satuan waktu yang dibutuhkan (L/h). Pada penelitian ini, harga FC didapatkan dari nilai m_f terhadap massa jenis bahan bakar yang digunakan.

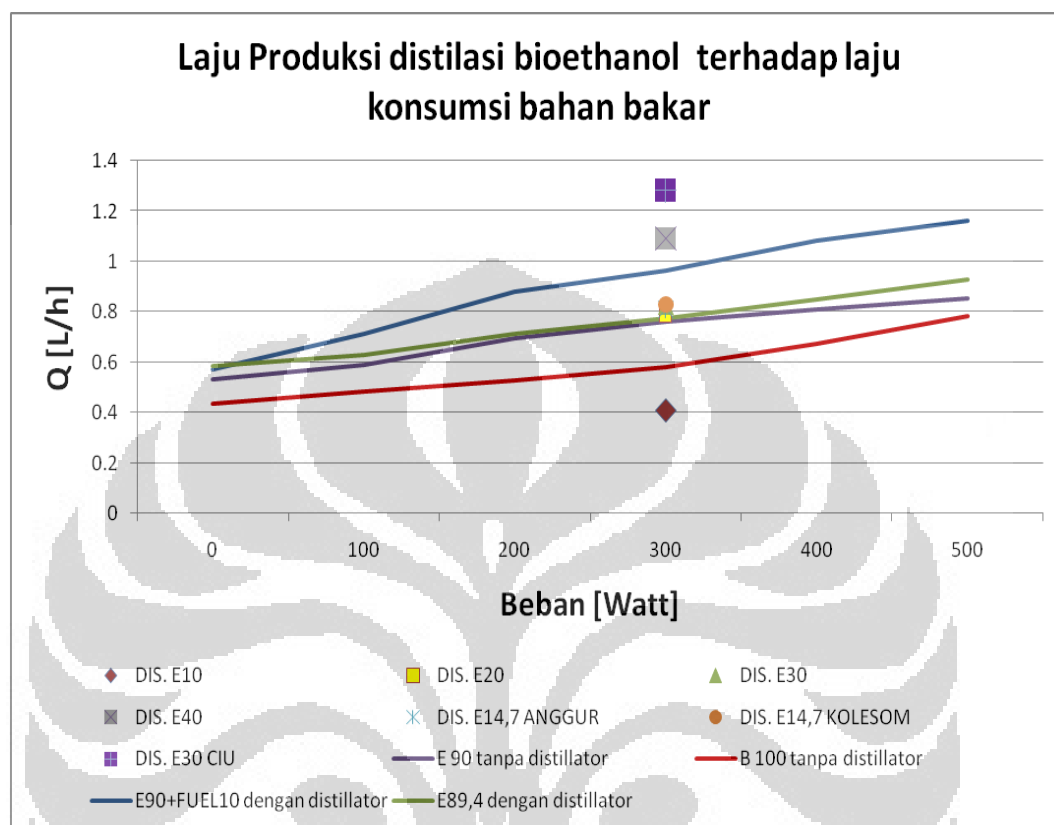
$$FC = \frac{mf}{\rho}$$



Gambar 4.2 Grafik laju konsumsi bahan bakar dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan beban

Grafik tersebut memperlihatkan kecenderungan data yang serupa dengan grafik laju konsumsi bahan bakar pada Gambar 4.1. Perbedaan grafik terlihat dari besarnya nilai FC yang sangat dipengaruhi oleh nilai massa jenis masing-masing bahan bakar. Laju konsumsi bahan bakar paling rendah dicapai dengan penggunaan bahan bakar bensin. Hal ini dikarenakan bahan bakar bensin yang memiliki rapat jenis paling rendah dibandingkan bioethanol. Semakin rendah nilai konsentrasi bioethanol maka semakin tinggi rapat jenis bahan bakar tersebut. Hal tersebut dikarenakan kandungan air yang terdapat dalam campuran bioethanol tersebut memiliki massa jenis yang tertinggi. Penambahan bensin 10% pada campuran bioethanol 90%, menunjukkan peningkatan laju konsumsi bahan bakar

yang cukup signifikan. Hal tersebut dikarenakan terdapatnya tiga massa jenis massa bahan bakar yang berbeda pada campuran tersebut, sehingga menghasilkan nilai massa jenis bahan bakar campuran menjadi semakin besar.

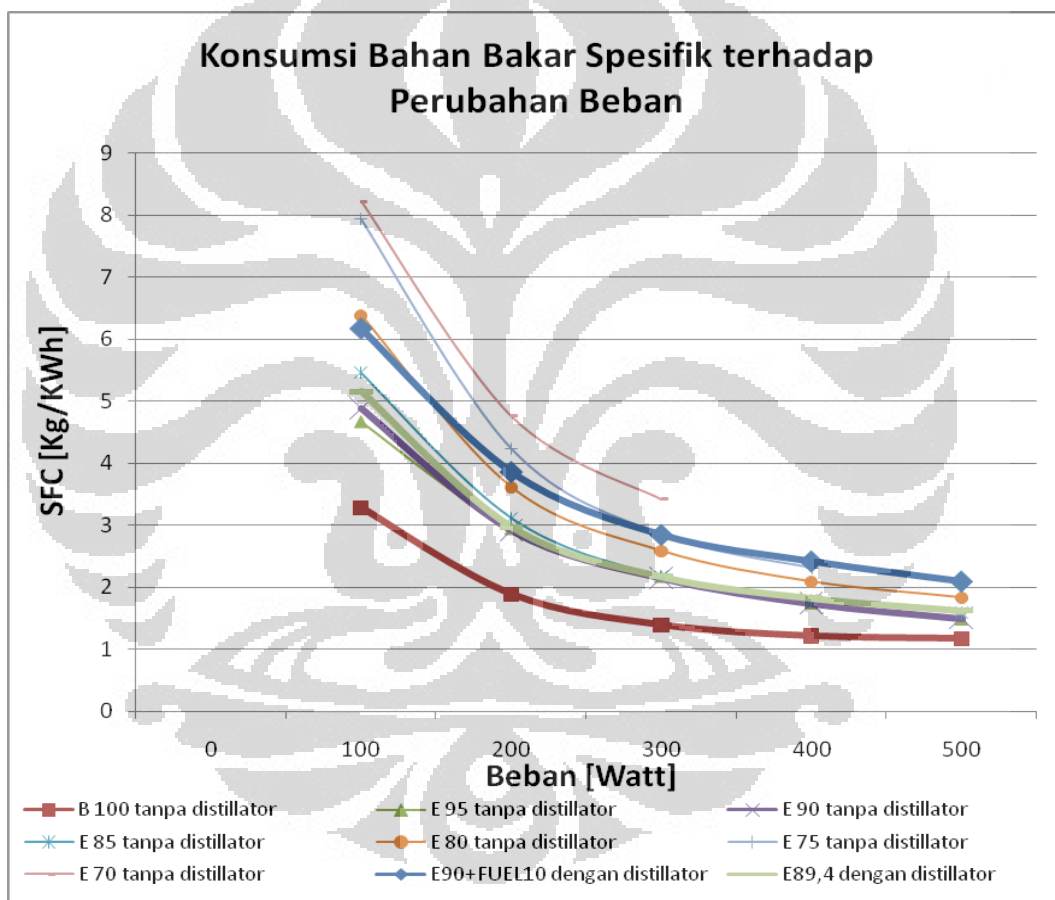


Gambar 4.3 Grafik laju konsumsi bahan bakar terhadap laju produksi distilasi. Grafik di atas memperlihatkan hubungan laju produksi distilasi yang dihasilkan alat *compact distillator* terhadap laju konsumsi bahan bakar pada pembebanan 300 Watt. Bioethanol dengan nilai konsentrasi 10% merupakan produk hasil distilasi yang mengkonsumsi waktu paling lama. Hal tersebut dikarenakan kandungan air pada campuran E10 memang sangat besar, sehingga penggunaan bahan bakar bensin yang memiliki laju konsumsi bahan bakar paling rendah pun belum bisa mencapai laju produksi distilasi bioethanol dengan konsentrasi 10% pada beban 300 Watt. Pada produk distilasi bioethanol dengan konsentrasi minimal 14.7%, laju produksi *compact distillator* dapat dicapai dengan menggunakan bahan bakar motor bioethanol konsentrasi 89.4% dan 90%. Pada bahan bakar campuran bioethanol 90% dengan bensin 10% hanya mampu mencapai laju produksi distilasi bioethanol dengan konsentrasi minimal 30 %.

4.1.3 Specific Fuel Consumption (SFC)

Specific Fuel Consumption didefinisikan sebagai perbandingan antara laju aliran massa bahan bakar terhadap daya yang dihasilkan motor-generator. *Specific Fuel Consumption* (SFC) dapat menggambarkan tingkat efisiensi bahan bakar yang disuplai ke motor untuk mendapatkan daya yang dihasilkan. Nilai *specific fuel consumption* diperoleh dari besarnya laju aliran massa bahan bakar (m_f) yang terukur untuk menghasilkan daya tiap satuan waktu dengan satuan SI Kg/KWh.

$$SFC = \frac{m_f}{E} \times 3600s$$



Gambar 4.4 Grafik *Specific Fuel Consumption* dengan variasi konsentrasi bioethanol terhadap perubahan beban

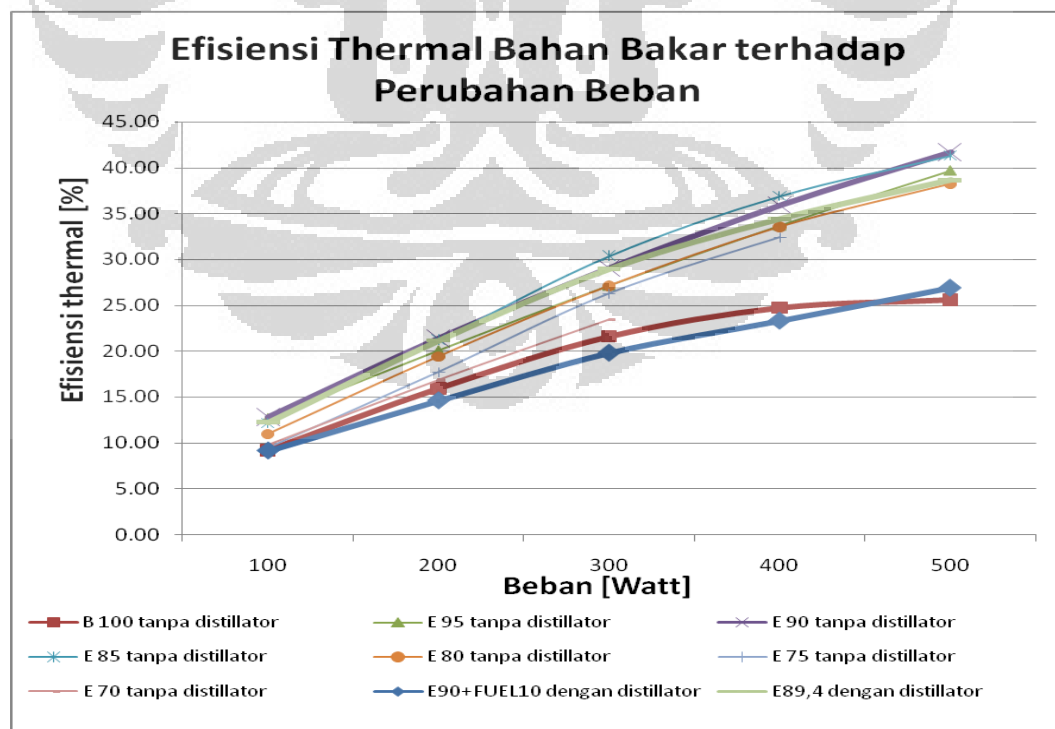
Pada grafik tersebut terlihat terjadinya penurunan konsumsi bahan bakar spesifik terhadap penambahan pembebanan. Kecenderungan data yang diperoleh memiliki urutan pola bahan bakar yang sama dengan grafik sebelumnya. Untuk menghasilkan daya keluaran yang sama, konsumsi bahan bakar spesifik bensin lebih rendah dibandingkan dengan konsumsi bahan bakar spesifik campuran

bioethanol. Semakin besar perbedaan nilai konsumsi bahan bakar spesifik pada beban tinggi terhadap beban rendah, menunjukkan semakin rendah tingkat efisiensi bahan bakar tersebut. Dalam hal ini dapat terlihat bahwa besarnya nilai perbedaan konsumsi bahan bakar spesifik bioethanol terhadap bensin menunjukkan tingkat efisiensi bahan bakar bioethanol yang lebih rendah dibandingkan bensin. Semakin rendah nilai konsentrasi bioethanol bahan bakar tersebut, maka semakin rendah pula nilai efisiensi bahan bakarnya.

4.2 EFISIENSI TERMAL BAHAN BAKAR

Efisiensi Thermal, η_{th} , merupakan ukuran pemakaian bahan bakar oleh motor. Efisiensi thermal ini menunjukkan besarnya daya yang dikeluarkan motor-generator oleh sejumlah panas yang dihasilkan tiap pembakaran bahan bakar. Sehingga untuk meningkatkan efisiensi thermal, daya keluaran motor dapat ditingkatkan dengan mempercepat laju aliran bahan bakar atau dengan menggunakan bahan bakar dengan nilai pembakaran yang tinggi. Persamaan Efisiensi Thermal diberikan di bawah ini.

$$\eta_{th} = \frac{E}{mf.LHV} \times 100\%$$



Gambar 4.5 Grafik efisiensi thermal dengan variasi konsentrasi bioethanol terhadap perubahan beban

Perbedaan nilai efisiensi thermal setiap jenis bahan bakar pada penelitian ini ditunjukkan pada grafik di atas. Besarnya nilai efisiensi thermal sangat dipengaruhi oleh besarnya nilai kalor bahan bakar (LHV). Semakin tinggi nilai kalor (LHV) suatu jenis bahan bakar, maka semakin rendah efisiensi thermal bahan bakar tersebut. Nilai efisiensi thermal bahan bakar tertinggi dicapai oleh bahan bakar bioethanol dengan konsentrasi 90%. Ini berarti bahwa tingkat konsentrasi bioethanol bahan bakar juga mempengaruhi nilai (LHV). Semakin besar nilai konsentrasi bioethanol bahan bakar, maka nilai kalor bahan bakar tersebut akan semakin rendah sehingga efisiensi thermal yang dicapai bahan bakar tersebut semakin meningkat. Penambahan bensin 10 %vol pada campuran bioethanol 90 %vol, menyebabkan penurunan nilai efisiensi thermal. Hal ini memperlihatkan bahwa nilai kalor bensin (LHV) sangat mempengaruhi efisiensi thermal campuran bioethanol-bensin. Grafik di atas memperlihatkan nilai efisiensi thermal yang dihasilkan bahan bakar campuran bensin-bioethanol 90%, memiliki pola kecenderungan yang hampir sama dengan nilai efisiensi thermal bahan bakar bensin.

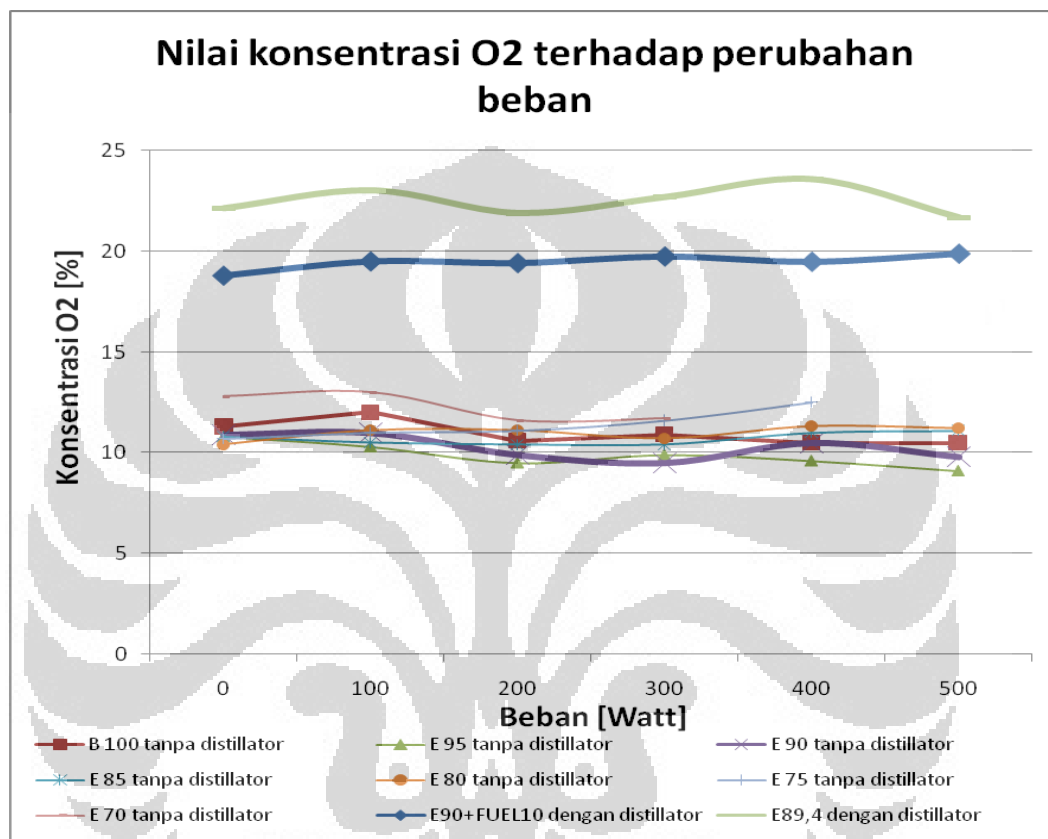
4.3 KONDISI GAS BUANG YANG TERUKUR

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

4.3.1 Oksigen (O₂)

Grafik berikut ini menunjukkan nilai konsentrasi oksigen yang dihasilkan setiap jenis bahan bakar. Pada grafik tersebut memperlihatkan secara jelas perbedaan yang besar pada penggunaan bahan bakar bioethanol dengan pemasangan *compact distillator*. Pemasangan *compact distillator* dapat menghasilkan nilai konsentrasi oksigen yang tinggi. Nilai konsentrasi oksigen tertinggi dihasilkan oleh penggunaan bahan bakar bioethanol dengan kadar 89.4% dengan pemasangan *compact distillator*. Penambahan bensin 10% pada campuran

bioethanol 90% menurunkan nilai konsentrasi oksigen sisa pembakaran. Hal tersebut sangat baik bagi lingkungan, dan terjadinya peningkatan konsentrasi oksigen setelah pemasangan *compact distillator* kemungkinan berasal dari sifat oksigenat bahan bakar bioethanol tersebut yang bereaksi setelah terjadinya penurunan temperatur pada gas buang.

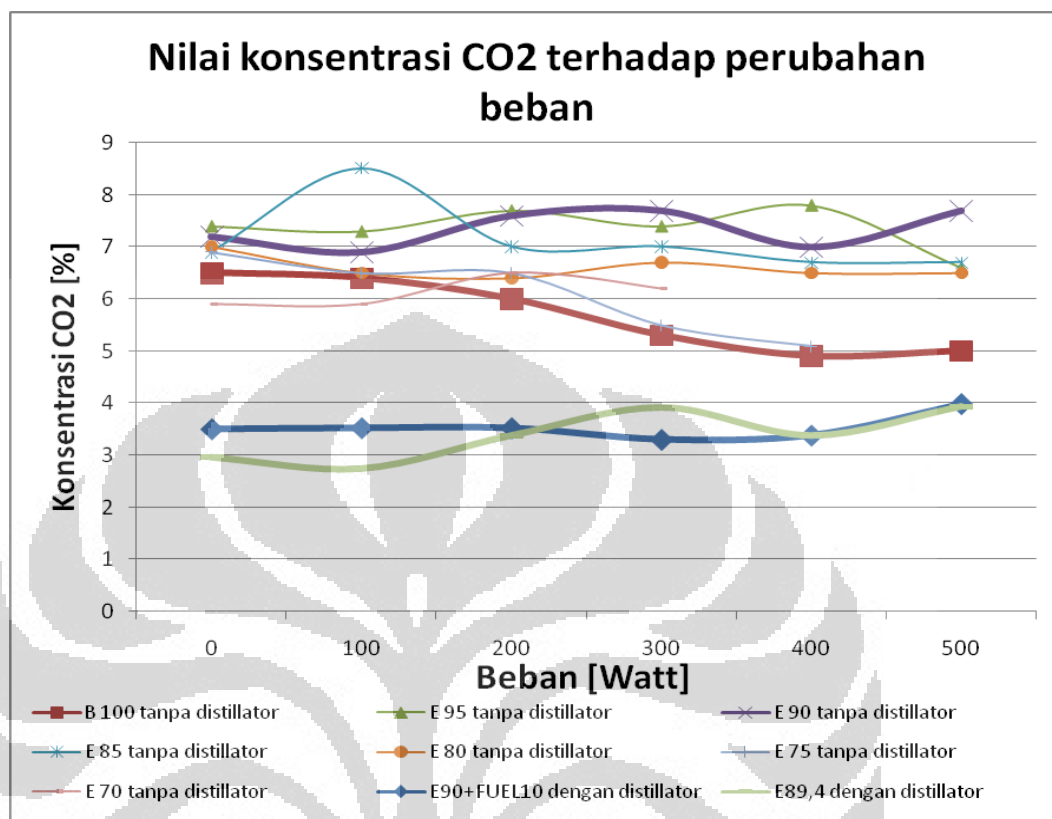


Gambar 4.6 Grafik kandungan konsentrasi oksigen pada gas buang dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan beban

4.3.2 Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon dioksida merupakan salah satu unsur yang dapat digunakan untuk mengetahui tingkat kesempurnaan pembakaran. Semakin tinggi nilai konsentrasi karbon dioksida, maka semakin sempurna pembakaran yang dihasilkan. Karbon dioksida sangat baik untuk membantu proses fotosintesis tumbuhan sehingga menghasilkan oksigen. Pada grafik di bawah dapat diketahui besarnya nilai konsentrasi karbon dioksida pada motor tanpa pemasangan *compact distillator* lebih tinggi dibandingkan motor dengan pemasangan *compact distillator*. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa penurunan konsentrasi karbon dioksida yang

dihasilkan oleh motor dengan pemasangan *compact distillator* terjadi karena adanya kemungkinan penumpukan karbon pada bagian *tube evaporator*.

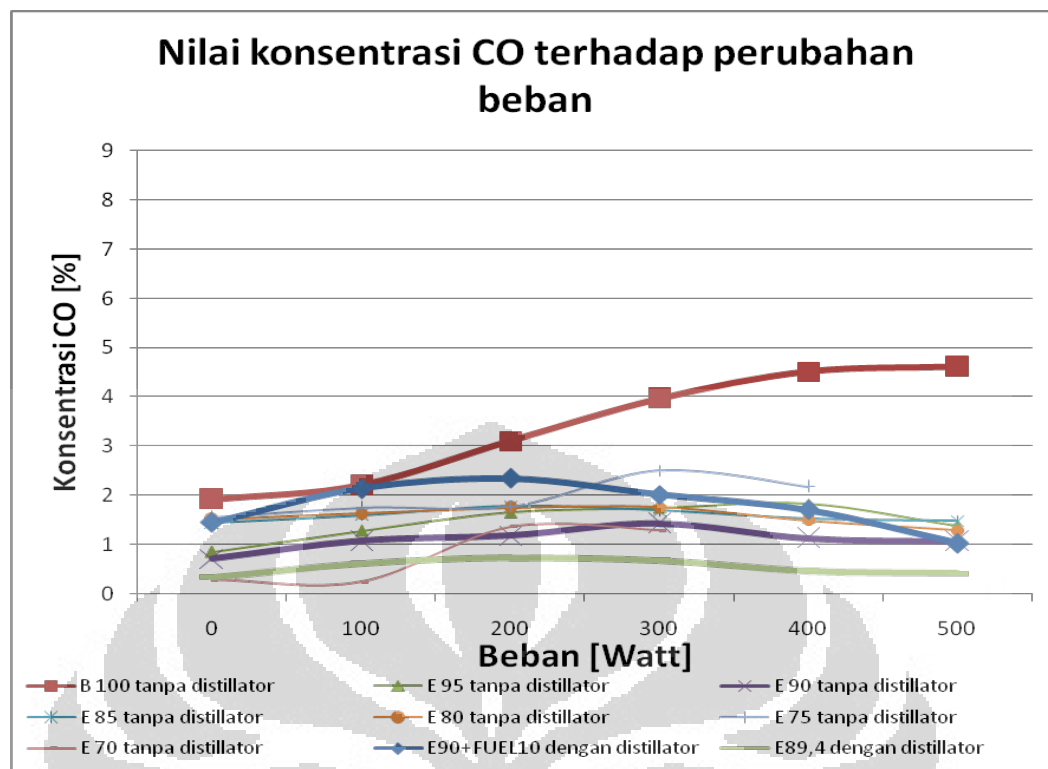


Gambar 4.7 Grafik kandungan konsentrasi CO₂ dalam gas buang dengan variasi konsentrasi alkohol terhadap perubahan beban

4.3.3 Karbon Monoksida (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.



Gambar 4.8 Grafik kandungan konsentrasi CO dalam gas buang dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan

Pada data hasil penelitian yang ditunjukkan grafik di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa konsentrasi karbon monoksida tidak dipengaruhi oleh pemasangan *compact distillator*. Namun penggunaan bahan bakar bioethanol sangat berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi karbon monoksida yang dihasilkan sisa pembakaran. Semakin tinggi konsentrasi bioethanol bahan bakar, maka semakin besar pula penurunan konsentrasi karbon monoksida yang dihasilkan.

4.3.4 Hidro Karbon (HC)

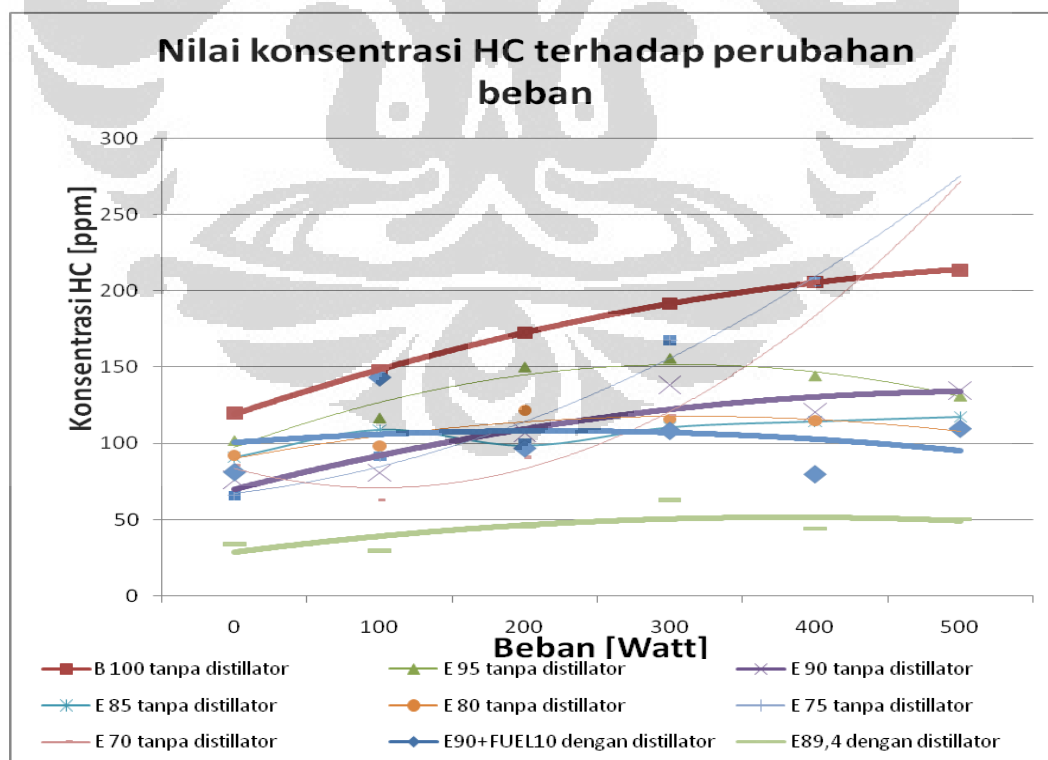
Emisi hidrokarbon yang tidak terbakar merupakan hal berkaitan langsung dengan pembakaran yang tidak sempurna. Bentuk emisi hidrokarbon dipengaruhi oleh banyak variable disain dan operasi. Salah satunya dapat disebabkan karena penyalaan yang tidak stabil (*misfire*). Oksidasi dari hidrokarbon merupakan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

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, 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.

Hidrokarbon di udara akan bereaksi dengan bahan-bahan lain dan akan membentuk ikatan baru yang disebut plicyclic aromatic hidrocarbon (PAH) yang banyak dijumpai di daerah industri dan padat lalu lintas. Bila PAH ini masuk dalam paru-paru akan menimbulkan luka dan merangsang terbentuknya sel-sel kanker.

Pada grafik dibawah menunjukkan bahan bakar bensin masih berada diurutan teratas penyumbang polusi hidro karbon dengan kecenderungan data yang semakin meningkat dengan bertambahnya pembebanan. Sedangkan pada bahan bakar campuran bioethanol tidak terlihat adanya peningkatan konsentrasi hidro karbon yang cukup signifikan dengan bertambahnya pembebanan.



Gambar 4.9 Grafik kandungan konsentrasi HC dalam gas buang dengan variasi konsentrasi bioethanol terhadap perubahan beban

4.3.5 Nitrogen Oksida (NO_x)

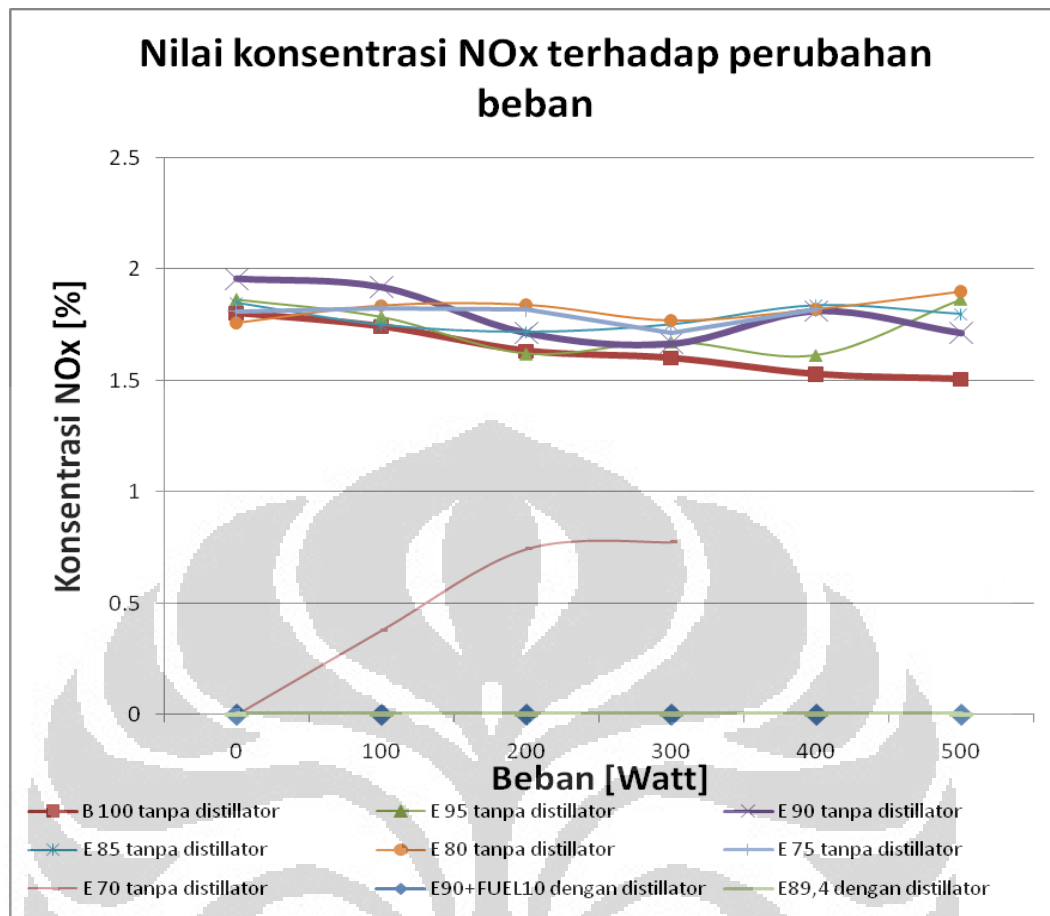
Di udara, NO mudah berubah menjadi NO₂. Komposisi NO_x di dalam gas buang terdiri dari 95% NO, 3-4% NO₂, dan sisanya adalah N₂O serta N₂O₃. Tidak seperti gas polutan lainnya yang mempunyai daya destruktif yang tinggi terhadap kesehatan manusia, NO merupakan gas inert dan hanya bersifat racun. Sama halnya 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 NO₂ dapat menimbulkan iritasi terhadap paru-paru.

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

Pada sangat konsentrasi tinggi, dimana mungkin hanya dialami pada kecelakaan industri yang fatal, paparan NO₂ 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.

NO₂ 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 Mg/m³, 1 ppm) mempengaruhi kesehatan orang bilamana, orang dengan asma atau penyakit paru-paru yang akut lebih rentan pada konsentrasi lebih rendah.



Gambar 4.10 Grafik kandungan konsentrasi NOx dalam gas buang dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan beban

Grafik di atas menggambarkan nilai konsentrasi NOx yang dihasilkan tanpa pemasangan *distillator* sangat tinggi dibandingkan dengan pemasangan *distillator* yang dapat menghilangkan nilai konsentrasi NOx pada gas buang. Hal ini dikarenakan terjadinya pembakaran bahan bakar di ruang 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 bioetanol tidak terlalu banyak.

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

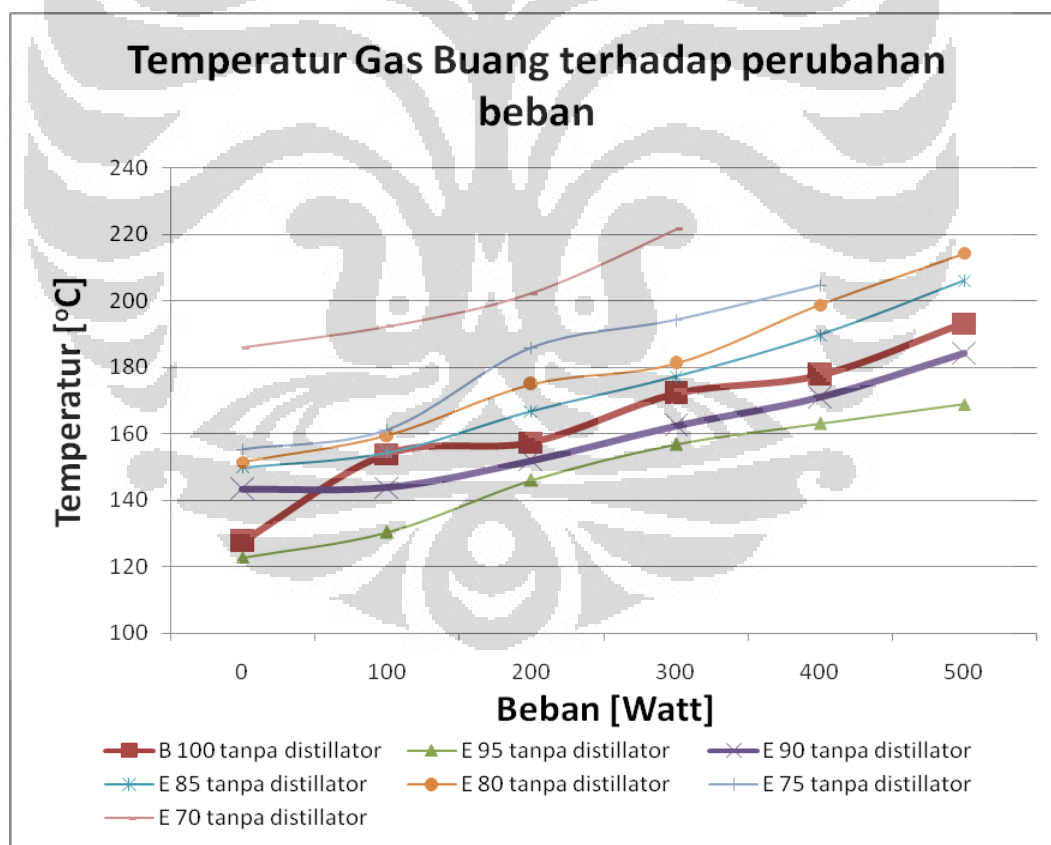
1. Bahan bakar dibakar pada temperatur tinggi dengan sejumlah udara sesuai dengan persamaan stoikiometri, misalnya dengan 90 -95% udara. Pembakaran NO dibatasi tidak dengan adanya kelebihan udara.

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%. NO₂ pada manusia dapat meracuni paru-paru, kadar 100 ppm dapat menimbulkan kematian, 5 ppm setelah 5 menit menimbulkan sesak nafas.

4.3.6 Temperatur

Temperatur gas buang menggambarkan nilai efisiensi dari proses pembakaran. Kalor yang terkandung dalam bahan bakar digunakan untuk menghasilkan daya pada proses pembakaran. Semakin besar perubahan kalor yang digunakan untuk menghasilkan daya, maka semakin rendah temperatur pada gas buang yang dihasilkan. Pemanfaatan panas gas buang motor sebagai sumber pemanas *compact distillator* dapat menurunkan temperatur gas buang motor sehingga dapat menurunkan pemanasan global dan ramah lingkungan.



Gambar 4.11 Grafik temperatur gas buang dengan variasi konsentrasi ethanol terhadap perubahan beban

Pada grafik nilai temperatur gas buang bioethanol kadar 95% dan 90% terlihat lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar bensin, hal ini cukup wajar karena nilai kalor bahan bakar etanol lebih rendah dari bahan bakar bensin. Namun pada ethanol dengan 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. Peningkatan kecenderungan temperatur gas buang terhadap penambahan beban terjadi karena peningkatan laju konsumsi bahan bakar yang digunakan untuk menghasilkan daya tersebut.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada motor generator set 4 langkah berbahan bakar campuran *bioethanol*-bensin dengan mengoptimalkan gas buang sebagai sumber energi untuk pemanas distilator, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemanfaatan *bioethanol* dengan kadar rendah (*low grade ethanol*) dapat digunakan sebagai bahan bakar karena laju distilasi yang dihasilkan dapat mencapai laju konsumsi bahan bakar pada beban 300 Watt.
2. Laju konsumsi bahan bakar dengan pemasangan *compact distillator* pada motor sebanding dengan laju konsumsi bahan bakar tanpa pemasangan alat distilasi pada konsentrasi campuran ethanol 90%. Hal tersebut menunjukkan tidak terjadinya perubahan yang signifikan terhadap kinerja motor dengan pemasangan alat distilasi.
3. Pencampuran bahan bakar ethanol 90% dengan bensin 10% dapat meningkatkan laju konsumsi bahan bakar motor seperti terlihat pada grafik.
4. Perbandingan data laju konsumsi bahan bakar dengan laju produksi distilasi yang dihasilkan menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar ethanol 90% dapat mencapai laju produksi distilasi pada konsentrasi ethanol diatas 10%.

Sedangkan pencampuran bahan bakar ethanol 90% dengan bensin 10% hanya mampu mencapai laju produksi distilasi pada konsentrasi bahan distilasi diatas 14,7%.

Pada konsentrasi bahan distilasi ethanol 10%, laju produksi yang dihasilkan sangat kecil sekali sehingga laju konsumsi bahan bakar tidak dapat mencapainya walaupun dengan penggunaan bahan bakar bensin. Hal ini disebabkan banyaknya kandungan air pada campuran bahan distilasi tersebut.

5. Efisiensi termal bahan bakar etanol secara keseluruhan lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar bensin.

Karakter trend efisiensi thermal bahan bakar campuran *bioethanol* 90% dengan bensin 10% hampir sama dengan efisiensi thermal bensin.

6. Penggunaan alat distilasi pada motor berbahan bakar campuran *bioethanol* dapat menurunkan emisi gas buang yang cukup signifikan dibandingkan dengan motor tanpa pemasangan alat distilasi.

Kondisi gas buang motor berbahan bakar campuran bioetanol dengan air distilasi ataupun dengan bensin dapat menurunkan emisi gas buang dan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar bensin.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian mengenai ANALISA KINERJA MOTOR OTTO DENGAN PEMANFAATAN GAS BUANG SEBAGAI SUMBER PEMANAS “*COMPACT DISTILLATOR*”, maka dapat ditarik beberapa saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut sebagai berikut:

1. Perlu adanya pencatatan data dokumentasi tentang kondisi peralatan uji sebelum dan setelah dilakukan penelitian. Hal ini bertujuan untuk membantu analisa lebih dalam mengenai perubahan-perubahan yang terjadi pada peralatan uji terutama pada komponen motor. Sehingga dampak pengujian terhadap kinerja motor dapat dianalisa lebih baik lagi.
2. Perlu dilakukan analisa lebih dalam mengenai properties bahan bakar yang akan diujikan, bila perlu melibatkan ahli kimia untuk membantu mengetahui lebih spesifik lagi perubahan yang terjadi terhadap bahan bakar uji setelah dilakukan distilasi maupun konsentrasi bahan bakar campuran.
3. Perlu dilakukan pemasangan alat ukur yang lebih stabil pada peralatan uji agar data pengukuran yang didapatkan lebih baik hasilnya.

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.
- [www. Wikipedia.com](http://www.Wikipedia.com), Alcohol Fuels.
- www.afdc.doe.gov.
- www.energi.lipi.go.id
- www.ethanol.org

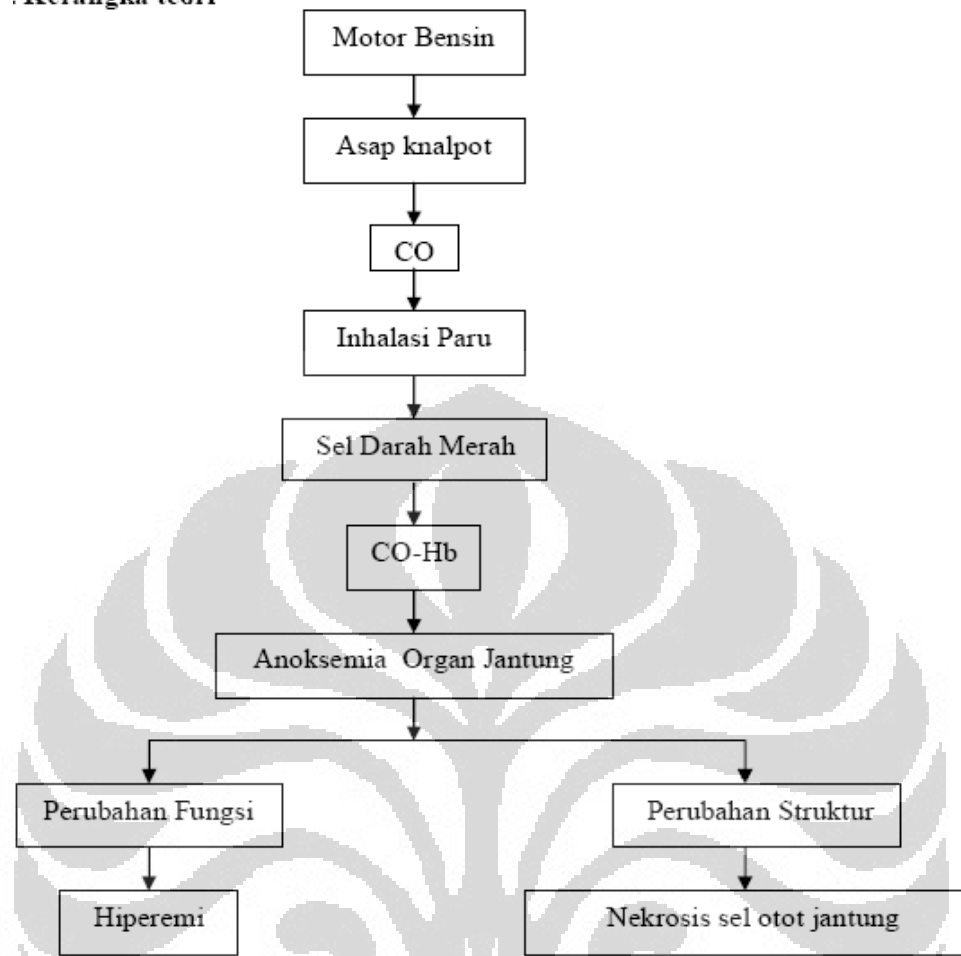
LAMPIRAN

Tabel 1. Efek pajanan gas CO¹³

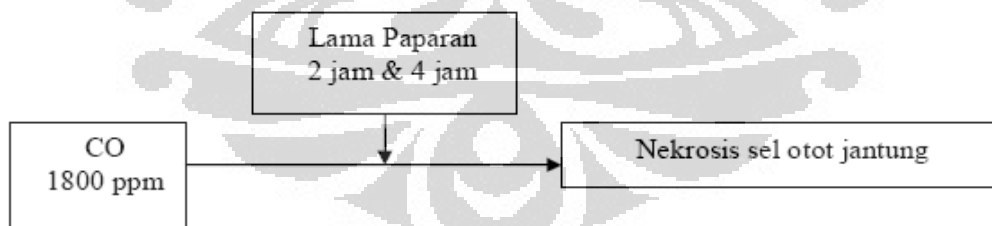
Konsentrasi rata-rata 8 jam (ppm)	Konsentrasi COHb di dalam darah (%)	Gejala
25 – 50	2,5 – 5	Tidak ada gejala
50 – 100	5 – 10	Aliran darah meningkat sakit kepala ringan
100 – 250	10 – 20	Tegang daerah dahi, sakit kepala, penglihatan agak terganggu
250 – 450	20 – 30	Sakit kepala sedang, berdenyut- denyut, dahi (<i>throbbing temple</i>), wajah merah dan mual
450 – 650	30 – 40	Sakit kepala berat, vertigo, mual, muntah, lemas, mudah terganggu
650 – 1000	40 – 50	pingsan pada saat bekerja 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.

Laju Produksi Distilasi Bioethanol dengan Compact Distillator

Kadar Awal	T(°C)	Volume diambil (mL)	Waktu (Min)	Q Disitlat (mL/min)	Kadar Volume Out(%)
<i>Etanol Teknik feed 10%</i>	87.0	10	1.64	6.09	40.0
	92.6	20	3.08	6.49	
	92.6	30	4.23	7.10	
	98.8	40	5.69	7.03	
	98.9	50	6.89	7.26	
<i>Etanol Teknik feed 20%</i>	80.4	10	0.76	13.09	66.1
	83.7	20	1.52	13.19	
	87.0	30	2.29	13.09	
	89.3	40	3.06	13.08	
	96.0	50	3.83	13.04	
<i>Etanol Teknik feed 30%</i>	80.8	10	0.64	15.58	86.7
	81.5	20	1.47	13.64	
	88.2	30	2.27	13.24	
	90.4	40	3.09	12.94	
	92.1	50	3.80	13.16	
<i>Etanol Teknik feed 40%</i>	86.5	10	0.69	14.49	89.4
	89.3	20	1.02	19.67	
	91.0	30	1.50	20.00	
	92.6	40	2.06	19.43	
	98.2	50	2.88	17.39	
Kadar Awal	T(°C)	Volume diambil (mL)	Waktu (Min)	Q Disitlat (mL/det)	Kadar Volume Out(%)
<i>Ethanol Anggur feed 14.7%</i>	90.5	10	0.75	13.33	84.0
	90.9	20	1.48	13.56	
	92.0	30	2.21	13.58	
	95.0	40	2.93	13.64	
	95.4	50	3.71	13.48	
<i>Ethanol Anggur Kolosom 14.7%</i>	92.2	10	0.69	14.46	87.0
	93.3	20	1.48	13.48	
	94.1	30	1.83	16.44	
	95.5	40	3.23	12.37	
	96.2	50	4.06	12.32	
<i>Ethanol CIU 14.7%</i>	90.2	10	0.38	26.67	87.0
	92.9	20	0.96	20.87	
	93.0	30	1.08	27.69	
	93.5	40	2.46	16.27	
	94.5	50	3.27	15.31	

Data Pengukuran Laju konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang

Bahan bakar	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi		Daya		Emisi						
		t (s)	m (gr)	V (Volt)	I (A)	rpm	Temp. (°C)	NOx (%)	O ₂ (%)	Hc (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)
E90+FUEL10	0	77.72	10	223	0	3600	87.6	0.000	18.3	51	1.32	3.4
		76.72	10	223	0		86.1	0.000	18.5	71	1.68	3.7
		76.44	10	224	0		84.9	0.000	18.5	86	1.43	3.6
		75.44	10	223	0		85.5	0.000	19.1	90	1.30	3.5
		75.90	10	224	0		85.6	0.000	19.6	109	1.50	3.3
		mean	76.44	10	223.4		0	85.94	0.000	18.80	81.40	1.45
	100	59.03	10	223	0.43	3600	94.3	0.000	18.6	127	2.51	4.1
		62.60	10	224	0.42		96.2	0.000	19.6	126	2.14	3.8
		60.91	10	224	0.43		96.7	0.000	19.6	124	2.01	3.2
		62.06	10	223	0.43		97	0.000	19.8	159	1.97	3.2
		61.75	10	224	0.42		98	0.000	19.9	181	2.05	3.3
		mean	61.27	10	223.6		0.426	96.44	0.000	19.50	143.40	2.14
	200	48.06	10	224	0.84	3600	97.5	0.000	18.5	55	2.43	3.6
		49.10	10	223	0.84		99.2	0.000	18.5	70	2.66	3.8
		49.78	10	224	0.83		100.5	0.000	19.8	97	2.06	3.6
		50.88	10	224	0.84		100.9	0.000	20.0	137	2.39	3.3
		50.97	10	224	0.84		101.6	0.000	20.3	126	2.18	3.3
		mean	49.76	10	223.800		0.838	99.94	0.000	19.42	97.00	2.34
	300	44.25	10	222	1.24	3600	102.5	0.000	20.2	86	2.07	3.6
		45.89	10	223	1.25		104.2	0.000	20.3	96	1.78	3.1
		45.00	10	223	1.25		105.5	0.000	19.2	124	2.27	3.5
		46.03	10	223	1.25		105.9	0.000	19.6	117	2.08	3.3
		46.34	10	223	1.25		106.6	0.000	19.4	119	1.86	3.0
		mean	45.50	10	222.800		1.248	104.94	0.000	19.74	108.40	2.01
	400	40.35	10	220	1.67	3600	108	0.000	19.5	49	1.58	3.9
		40.35	10	221	1.67		109.7	0.000	19.3	78	1.94	3.7
		41.51	10	220	1.67		111	0.000	19.4	90	1.72	3.0
		39.90	10	220	1.67		111.4	0.000	19.7	93	1.52	3.2
40.12		10	221	1.67	112.1		0.000	19.5	90	1.75	3.1	
mean		40.45	10	220.400	1.670		110.44	0.000	19.48	80.00	1.70	3.38
500	38.50	10	219	2.07	3600	115	0.000	21.8	113	1.10	4.0	
	37.15	10	219	2.08		118	0.000	19.1	93	0.92	3.5	
	37.50	10	219	2.08		120	0.000	19.6	136	1.08	3.9	
	38.22	10	219	2.08		121	0.000	18.6	94	1.10	4.7	
	37.47	10	219	2.08		118	0.000	20.3	113	0.94	3.8	
	mean	37.77	10	219.000		2.078	118.4	0.000	19.88	109.80	1.03	3.98

Bahan bakar	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+FUEL10	0	0.4632012	0.82	0.56488	0	0	0	6381.39	0
		0.4692388	0.82	0.572242	0	0	0	6381.39	0
		0.4709576	0.82	0.574339	0	0	0	6381.39	0
		0.4772004	0.82	0.581952	0	0	0	6381.39	0
		0.4743083	0.82	0.578425	0	0	0	6381.39	0
	mean	0.47	0.82	0.57	0	0		6381.39	0.00
	100	0.6098594	0.82	0.743731	95.89	345.204	6.35999	6381.39	8.8701469
		0.5750799	0.82	0.701317	94.08	338.688	6.112669	6381.39	9.2290363
		0.591036	0.82	0.720776	96.32	346.752	6.136171	6381.39	9.1936885
		0.5800838	0.82	0.707419	95.89	345.204	6.049471	6381.39	9.3254501
		0.582996	0.82	0.710971	94.08	338.688	6.196811	6381.39	9.1037219
	mean	0.59	0.82	0.72	95.252	342.9072	6.17	6381.39	9.14
	200	0.7490637	0.82	0.913492	188.16	677.376	3.980993	6381.39	14.170846
		0.7331976	0.82	0.894143	187.32	674.352	3.914145	6381.39	14.412866
		0.723182	0.82	0.881929	185.92	669.312	3.889748	6381.39	14.503263
		0.7075472	0.82	0.862862	188.16	677.376	3.760348	6381.39	15.002344
		0.7062978	0.82	0.861339	188.16	677.376	3.753709	6381.39	15.028881
	mean	0.72	0.82	0.88	187.544	675.1584	3.86	6381.39	14.62
	300	0.8135593	0.82	0.992146	275.28	991.008	2.955388	6381.39	19.088537
		0.7844846	0.82	0.956689	278.75	1003.5	2.814295	6381.39	20.045535
		0.8	0.82	0.97561	278.75	1003.5	2.869955	6381.39	19.656768
		0.7820986	0.82	0.953779	278.75	1003.5	2.805735	6381.39	20.106689
		0.7768666	0.82	0.947398	278.75	1003.5	2.786966	6381.39	20.242102
	mean	0.79	0.82	0.97	278.056	1001.002	2.85	6381.39	19.83
	400	0.8921933	0.82	1.088041	367.4	1322.64	2.428398	6381.39	23.230973
		0.8921933	0.82	1.088041	369.07	1328.652	2.417409	6381.39	23.336569
		0.8672609	0.82	1.057635	367.4	1322.64	2.360536	6381.39	23.898828
		0.9022556	0.82	1.100312	367.4	1322.64	2.455786	6381.39	22.971892
0.8973081		0.82	1.094278	369.07	1328.652	2.431268	6381.39	23.203547	
mean	0.89	0.82	1.09	368.068	1325.045	2.42	6381.39	23.33	
500	0.9350649	0.82	1.140323	453.33	1631.988	2.062658	6381.39	27.350162	
	0.9690444	0.82	1.181761	455.52	1639.872	2.127337	6381.39	26.518624	
	0.96	0.82	1.170732	455.52	1639.872	2.107482	6381.39	26.768463	
	0.9419152	0.82	1.148677	455.52	1639.872	2.06778	6381.39	27.282417	
	0.9607686	0.82	1.171669	455.52	1639.872	2.109169	6381.39	26.747048	
mean	0.95	0.82	1.16	455.082	1638.295	2.09	6381.39	26.93	

BB	Beban Lampu (Watt)	Laju konsumsi		Daya		Emisi						31-Oct-10	
		t (s)	m (gr)	V (Volt)	I (A)	rpm	Temp. (°C)	NOx (%)	O ₂ (%)	Hc (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)	jam
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	6.5		
	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	10	223	0.87	3600	156.8	1.641	10.7	172	3.02	6.1	9:55
		99	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	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	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	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	
		t (s)	m (gr)	V (Volt)	I (A)	rpm	Temp. (°C)	NOx (%)	O ₂ (%)	Hc (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)	jam
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	7.4	
	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	7.3	
	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	7.7	
	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	7.2		
	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	6.9		
	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	7.6		
	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	
		t (s)	m (gr)	V (Volt)	I (A)	rpm	Temp. (°C)	NOx (%)	O ₂ (%)	Hc (ppm)	CO (%)	CO ₂ (%)	jam
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	6.9		
	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	8.5		
	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	7.0		
	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	21:05
		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	
	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	
	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	
	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	
	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	

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	
	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	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	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	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					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					3600							21:30
		mean											
	500					3600							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			
		0.3	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			P = V . I (Watt)	E (KWh)	SFC (Kg/KWh)	LHV (Kkal/Kg)	η_{th} (%)
		mf (kg/h)	ρ (Kg/L)	FC (L/h)					
		E 89.4 Teknik dist 40	0	0.474121	0.8	0.592651	0	0	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			P = V . I (Watt)	E (KWh)	SFC (Kg/KWh)	LHV (Kkal/Kg)	η_{th} (%)
		mf (kg/h)	ρ (Kg/L)	FC (L/h)					
		E 90%	0	0.427087	0.8015	0.53286	0	0	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	1.47104	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					SFC (Kg/KWh)	LHV (Kkal/Kg)	η_{th} (%)
		mf (kg/h)	ρ (Kg/L)	FC (L/h)	P = V . I	E			
					(Watt)	(KWh)			
E 75%	0	0.737234	0.847	0.870406	0	0	0	4800.25	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