

**STUDI KOMPARASI KINERJA MESIN BERBAHAN  
BAKAR SOLAR DAN CPO TANPA PEMANASAN  
AWAL**

**SKRIPSI**

Oleh :

**LUKMAN DERMANTO**  
**04 04 02 046 Y**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
GENAP 2007-2008**

**STUDI KOMPARASI KINERJA MESIN BERBAHAN  
BAKAR SOLAR DAN CPO TANPA PEMANASAN  
AWAL**

**SKRIPSI**

Oleh :

**LUKMAN DERMANTO**  
**04 04 02 046 Y**



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN**

**PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

**GENAP 2007-2008**

## **PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

### **STUDI KOMPARASI KINERJA MESIN BERBAHAN BAKAR SOLAR DAN CPO TANPA PEMANASAN AWAL**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Pendidikan S-1 Regular Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapat gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun perguruan Tinggi atau instansi manapun kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 10 Juli 2008

Lukman Dermanto

04 04 02 046 Y

## **PENGESAHAN**

Skripsi dengan judul:

### **STUDI KOMPARASI KINERJA MESIN BERBAHAN BAKAR SOLAR DAN CPO TANPA PEMANASAN AWAL**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 04 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 10 Juli 2008

Dosen Pembimbing

**Prof.DR.Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng**

NIP. 131 597 860

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena telah diberikan waktu dan kesehatan yang cukup untuk dapat menyelesaikan buku skripsi yang berjudul “**STUDI KOMPARASI PENGUJIAN UNJUK KERJA MESIN BERBAHAN BAKAR SOLAR DAN CPO TANPA PEMANASAN**” tepat pada waktunya.

Tujuan dari penulisan buku skripsi ini adalah untuk memenuhi prasyarat mata kuliah kerja tugas akhir/ skripsi yang ada pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Selain itu, penulisan skripsi ini juga bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan energi yang sedang terjadi saat ini, yaitu dengan memberikan alternatif bahan bakar yang dapat diperbaharui (renewable).

Selama mengerjakan skripsi, penulis banyak dibantu oleh keluarga, pembimbing yaitu Prof.DR.Ir.Bambang Sugiarto,M.Eng, serta rekan-rekan mahasiswa teknik mesin terutama Askha Kusuma Putra dan Reisal Rimtahi H, serta karyawan teknik mesin, yang dengan segala kerendahan hati membantu penulis dalam melakukan penelitian dan mengambil data yang diperlukan dalam menyelesaikan penulisan skripsi.

Sesuai dengan kata pepatah “ *tiada gading yang tak retak* “ penulis menyadari bahwa masih banyak kesalahan yang terjadi dalam penulisan skripsi ini. Penulis telah berusaha melakukan pembuatan laporan ini sebaik-baiknya namun penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Maka segala kesalahan dan kekeliruan harap dimaklumi. Akhir kata, kiranya laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pihak yang membutuhkan.

Depok, 28 Juli 2008

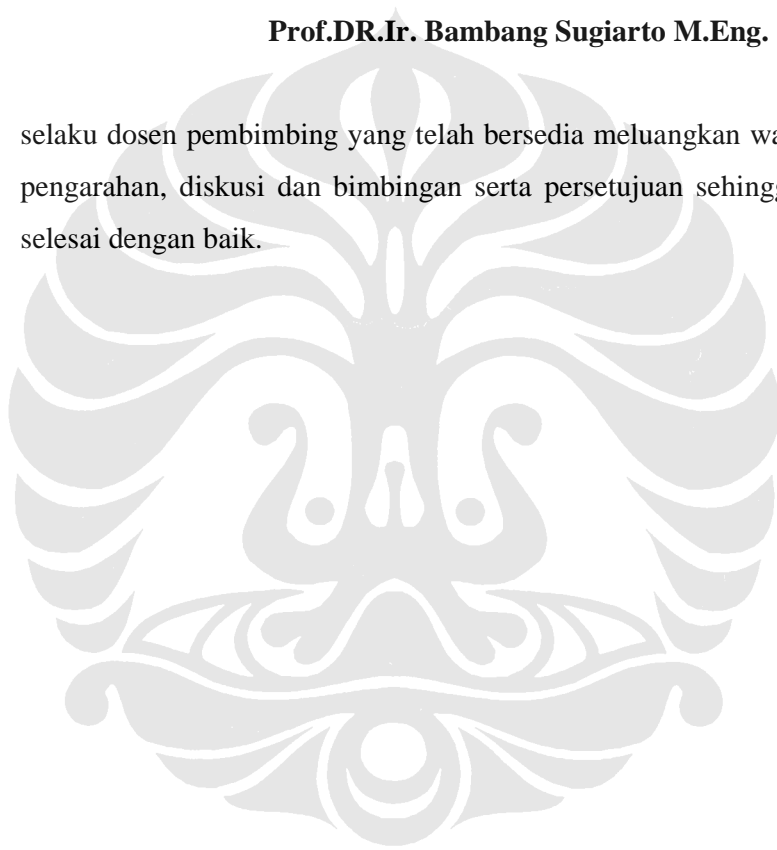
(Lukman Dermanto)

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

**Prof.DR.Ir. Bambang Sugiarto M.Eng.**

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



## DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	i
PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GRAFIK	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
DAFTAR SIMBOL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1. 1. LATAR BELAKANG	1
1. 2. PERUMUSAN MASALAH	4
1. 3. TUJUAN PENELITIAN	4
1. 4. BATASAN MASALAH	4
1. 5. METODOLOGI PENELITIAN	5
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1. PROSES PEMBAKARAN PADA MESIN DIESEL	7
2.1.1. Proses Pembakaran Pada Mesin Diesel 4-Langkah	8
2.1.1.1 <i>Persamaan-Persamaan Pada Siklus Diesel Ideal</i>	12
2.1.1.2 <i>Siklus Diesel Aktual</i>	15

2.2. BAHAN BAKAR MESIN DIESEL	16
2.2.1. Kerapatan ( <i>Density</i> )	18
2.2.2. Viskositas ( <i>Viscosity</i> )	18
2.2.3. Cloud Point	19
2.2.4. Titik Tuang ( <i>Pour Point</i> )	19
2.2.5. Titik Nyala ( <i>Flash Point</i> )	19
2.2.6. Fire point	19
2.2.7. Angka Setana ( <i>Cetane Number</i> )	20
2.2.8. Volatility (Kemudahan Menguap)	20
2.2.9. Kadar Air ( <i>Water Content</i> )	20
2.2.10. Kadar Belerang ( <i>Sulfur Content</i> )	20
2.3. BAHAN BAKAR BIOFUEL	21
2.3.1. Bahan Bakar Biodiesel	21
2.3.1.1 <i>Flash Point Bahan Bakar Biodiesel</i>	22
2.3.1.2 <i>Biodiesel Properties Dan Emisi Mesin</i>	22
2.3.2. Bahan Bakar CPO	23
2.4. PARAMETER UNJUK KERJA MESIN DIESEL	26
2.4.1 Laju Konsumsi Bahan Bakar (FC)	26
2.4.2. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)	27
2.4.3. Daya Listrik yang Dihasilkan	27
2.4.4. Jumlah Input Energi Bahan Bakar	27
2.4.5. Efisiensi Thermal ( $\eta_{th}$ )	28
2.4.6. Emisi Gas Buang	28
2.4.6.2. <i>Smoke Analyzer</i>	29
2.4.6.4.1. <i>Cara Kerja Smoke Analyzer</i>	31
2.4.6.4.2 <i>Tampilan Dari Smoke Analyzer</i>	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	34
3.1. SPESIFIKASI BAHAN BAKAR YANG DIGUNAKAN	34
3.2. PENGUJIAN UNJUK KERJA MESIN DIESEL	34
3.2.1. Tempat Pengujian Unjuk Kerja Mesin	34
3.2.2. Peralatan Pengujian	34
3.2.3. Skematik Diagram Peralatan Pengujian	41



3.2.4. Prosedur Pengujian Unjuk Kerja Mesin	42
3.2.4.1. <i>Persiapan Bahan Bakar</i>	42
3.2.4.2. <i>Prosedur Menjalankan Mesin Diesel</i>	43
3.2.4.2.1. <i>Prosedur Pengujian dengan Bahan Bakar Solar</i>	43
3.2.4.2.2. <i>Prosedur Pengujian Campuran Bahan Bakar CPO dengan Solar</i>	44
3.2.4.2.3. <i>Prosedur Pengujian dengan Bahan Bakar CPO</i>	46
3.2.4.3. <i>Prosedur Pengambilan Data</i>	47
3.2.4.4. <i>Prosedur Penggantian Bahan Bakar</i>	49
3.3. PENGUJIAN DENSITAS	50
3.3.1. Tempat Pengujian Densitas	51
3.3.2. Prosedur Pengujian Densitas	51
3.4. PENGUJIAN VISKOSITAS	53
3.4.1. Tempat Pengujian Viskositas	54
3.4.2. Prosedur Pengujian Viskositas	54
3.4.3. Kalkulasi Viscosity	56
3.4. PENGUJIAN CETANE NUMBER	56
3.4.1. Prosedur Pengujian Cetane Number	56
3.4.2. Kalkulasi Cetane Number	58
3.5. VARIASI PENGAMBILAN DATA PENGUJIAN	58
BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA	60
4.1 ANALISA CETANE NUMBER	60
4.2. ANALISA THERMAL EFFICIENCY	62
4.3. ANALISA SPECIFIC FUEL CONSUMPTION (SFC)	66
4.4. ANALISA TEMPERATUR GAS BUANG (°C)	69
4.5. ANALISA OPASITAS (KEPEKATAN GAS BUANG)	72
4.6. ANALISA DENSITAS	75
4.7. ANALISA VISKOSITAS	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1. KESIMPULAN	77

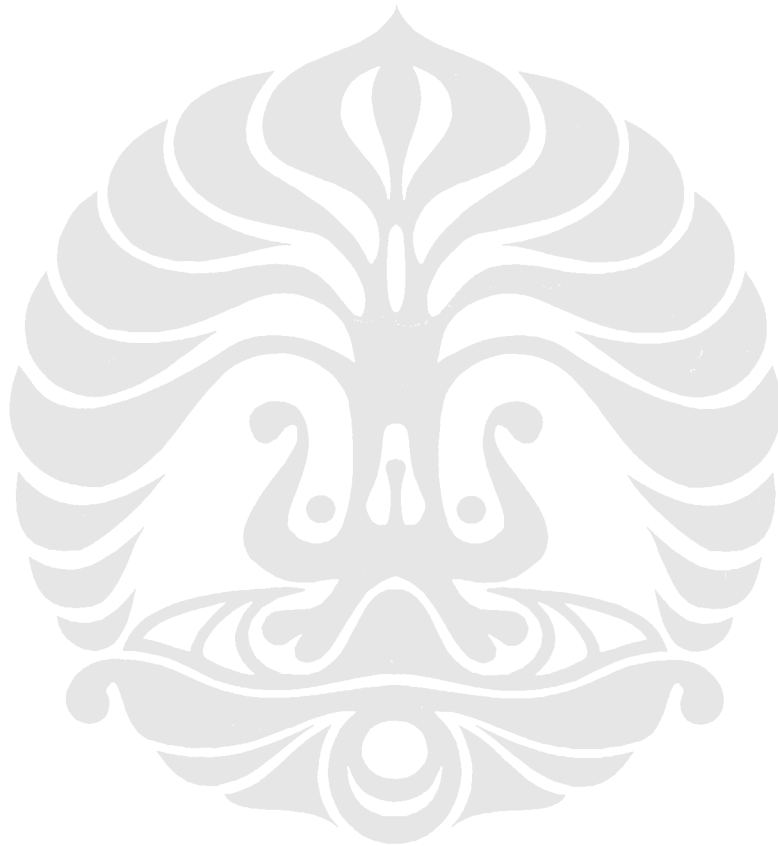
5.2. SARAN	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN	81



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1.</b> Siklus diesel	8
<b>Gambar 2.2.</b> Siklus diesel terbuka	9
<b>Gambar 2.3.</b> Seperangkat gas analyzer dan Penggunaan gas analyzer pada kendaraan	30
<b>Gambar 2.4.</b> Ionizer	31
<b>Gambar 2.5.</b> Ion Detector	31
<b>Gambar 2.6.</b> Gas analyzer dengan pancaran infra merah	34
<b>Gambar 2.7.</b> Portable smoke analyzer	30
<b>Gambar 2.8.</b> Diagram skematik smoke analyzer	31
<b>Gambar 2.9.</b> Aplikasi penggunaan smoke analyzer	31
<b>Gambar 2.10.</b> Contoh hasil pengujian smoke analyzer	32
<b>Gambar 2.11.</b> Hasil pengukuran smoke analyzer	32
<b>Gambar 3.1.</b> Mesin Diesel Genset Dong Feng	54
<b>Gambar 3.2.</b> CPO module	55
<b>Gambar 3.3.</b> Lamp board	56
<b>Gambar 3.4.</b> Multimeter	56
<b>Gambar 3.5.</b> Thermocouple	57
<b>Gambar 3.6.</b> Efek Seebeck	58
<b>Gambar 3.7.</b> Perbedaan tegangan antara kedua kawat karena perbedaan temperatur	58
<b>Gambar 3.8.</b> Portable smoke analyzer	59
<b>Gambar 3.9.</b> Diagram skematik smoke analyzer	59
<b>Gambar 3.10.</b> Aplikasi penggunaan smoke analyzer	59
<b>Gambar 3.11.</b> Diagram Skematik Peralatan Pengujian	60
<b>Gambar 3.12.</b> Instalasi Peralatan Pengambilan Data	61
<b>Gambar 3.13.</b> Peralatan Pengujian dengan CPO dan Campurannya	61

<b>Gambar 3.14.</b> Pengambilan Data Pada Malam Hari	63
<b>Gambar 3.15.</b> Pengambilan Data Dengan Pemanasan Bahan Bakar	68
<b>Gambar 3.16.</b> Instalasi Peralatan Pengujian Density	69
<b>Gambar 3.17.</b> Penentuan Pembacaan Skala Hydrometer	71
<b>Gambar 3.18.</b> Instalasi Peralatan Pengujian Density	73



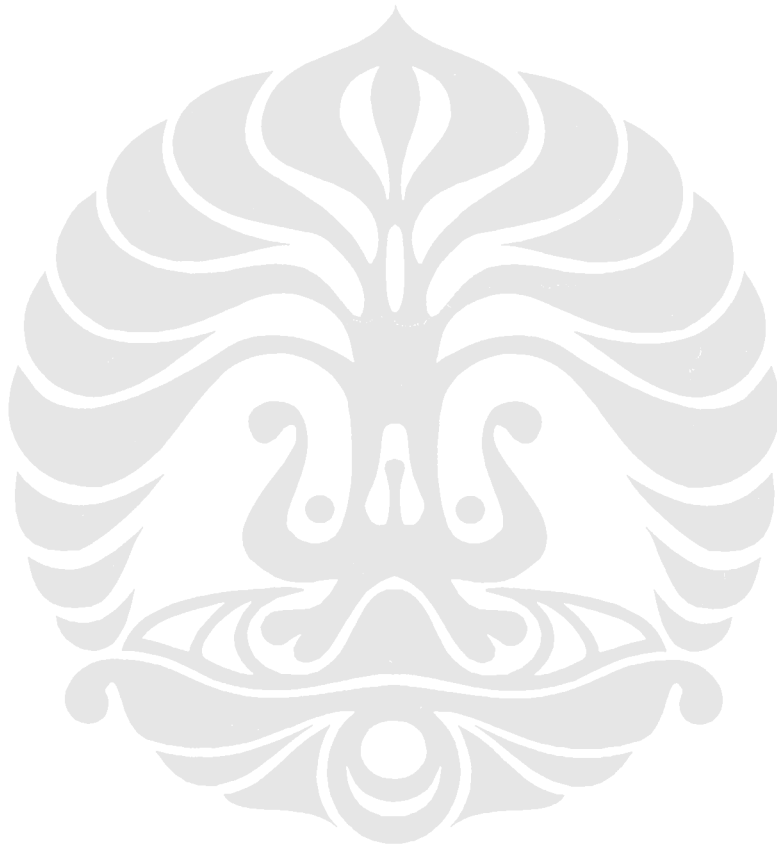
## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1.</b> Karakteristik Bahan Bakar Solar dan Minyak Diesel	17
<b>Tabel 2.2</b> Flash point biodiesel	22
<b>Table 2.3.</b> Biodiesel Fuel properties	22
<b>Table 2.4.</b> Hasil emisi engine	23
<b>Table 2.5</b> Bahan bakar potensial	23
<b>Tabel 2.6.</b> Karakteristik Minyak Sawit CPO dan Biodiesel	24
<b>Tabel 2.7.</b> Komponen-komponen pengukuran	32
<b>Tabel 3.1</b> Spesifikasi Mesin Diesel Genset	35
<b>Tabel 3.2.</b> Nilai cetane number terhadap konsentrasi CPO	58
<b>Tabel 4.1.</b> Nilai cetane number terhadap konsentrasi CPO	61
<b>Tabel 4.2.</b> Perubahan efisiensi termal terhadap penambahan konsentrasi	63
<b>Tabel 4.3.</b> Perubahan SFC terhadap peningkatan konsentrasi CPO	67
<b>Tabel 4.4.</b> Perubahan temperatur gas buang terhadap peningkatan konsentrasi CPO	70
<b>Tabel 4.5.</b> Perubahan opasitas terhadap peningkatan konsentrasi CPO	73

## DAFTAR GRAFIK

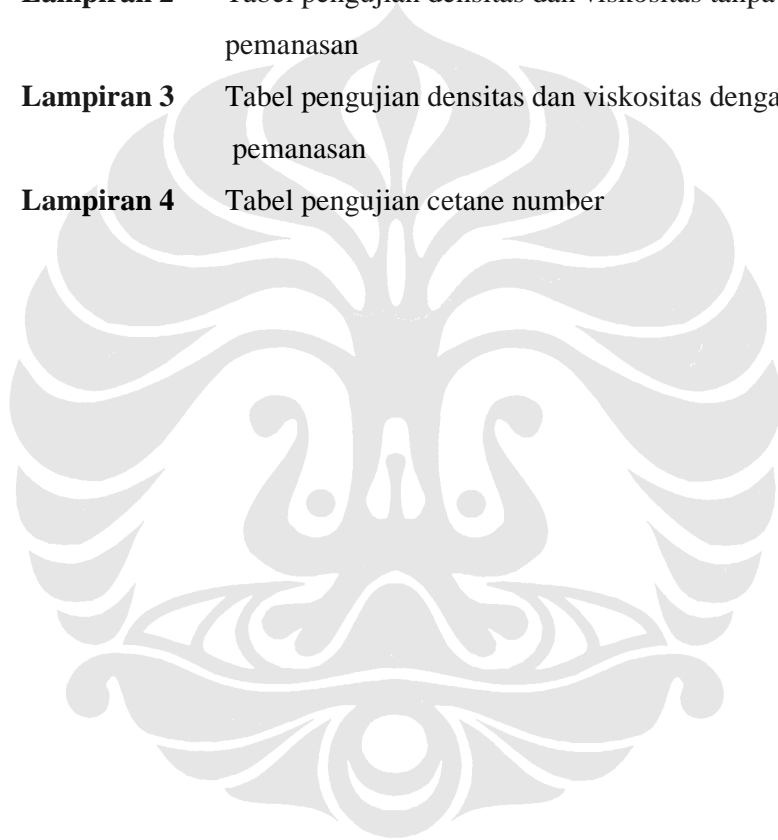
	Halaman
<b>Grafik 2.1.</b> Diagram P-V siklus diesel	9
<b>Grafik 2.2.</b> Tahap-tahap pembakaran pada CI engine	11
<b>Grafik 2.3.</b> Diagram P-V, T-V dan T-s dari siklus diesel	12
<b>Grafik 2.4.</b> Diagram P-V siklus Diesel ideal	12
<b>Grafik 2.5.</b> Siklus Diesel aktual	15
<b>Grafik 2.6.</b> Contoh lain penggambaran siklus diesel aktual	16
<b>Grafik 2.7.</b> Pengaruh Temperatur terhadap Densitas Bahan Bakar Nabati	25
<b>Grafik 2.8.</b> Pengaruh Temperatur terhadap Viskositas Bahan Bakar Nabati	25
<b>Grafik 2.9.</b> Pengaruh asap terhadap tenaga per satuan waktu yang dihasilkan mesin	30
<b>Grafik 4.1.</b> Konsentrasi CPO vs cetane number	60
<b>Grafik 4.2.</b> Perubahan efisiensi termal terhadap peningkatan konsentrasi	62
<b>Grafik 4.3.</b> Perubahan efisiensi termal terhadap peningkatan pembebanan	64
<b>Grafik 4.4.</b> Perubahan efisiensi termal terhadap peningkatan cetane number	65
<b>Grafik 4.5.</b> Perubahan SFC terhadap peningkatan konsentrasi CPO	66
<b>Grafik 4.6.</b> Perubahan SFC terhadap peningkatan pembebanan	68
<b>Grafik 4.7.</b> Perubahan SFC terhadap peningkatan cetane number	68
<b>Grafik 4.8.</b> Perubahan temperatur gas buang terhadap peningkatan konsentrasi CPO	69
<b>Grafik 4.9.</b> Perubahan temperatur gas buang terhadap peningkatan pembebanan	71
<b>Grafik 4.10.</b> Perubahan temperature gas buang terhadap peningkatan cetane number	71
<b>Grafik 4.11.</b> Perubahan opasitas terhadap peningkatan konsentrasi CPO	72
<b>Grafik 4.12.</b> Perubahan opasitas terhadap peningkatan pembebanan	74

<b>Grafik 4.13.</b> Perubahan opasitas terhadap peningkatan cetane number	74
<b>Grafik 4.14.</b> Perubahan densitas terhadap peningkatan konsentrasi	75
<b>Grafik 4.15.</b> Perubahan viskositas terhadap peningkatan konsentrasi CPO	76



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
<b>Lampiran 1</b> Tabel pengujian unjuk kerja mesin	82
<b>Lampiran 2</b> Tabel pengujian densitas dan viskositas tanpa pemanasan	91
<b>Lampiran 3</b> Tabel pengujian densitas dan viskositas dengan pemanasan	92
<b>Lampiran 4</b> Tabel pengujian cetane number	93





## DAFTAR SINGKATAN



ADO	Automotive Diesel Oil
BBM	Bahan Bakar Minyak
BSFC	Brake Spesific Fuel Consumption
BDC	Bottom Death Centre
CPO	Crude Palm Oil
FC	Fuel Consumption
FO	Fuel Oil
HHV	High Heating Value
LHV	Low Heating Value
MARKAL	Market Allocation
MFO	Marine Fuel Oil
TDC	Top Death Centre
TMA	Titik Mati Atas
TMB	Titik Mati Bawah
SFC	Spesific Fuel Consumption
SVO	Straight Vegetable Oil

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
E	Energi yang terukur	kWh
W	Daya yang dihasilkan	kW
t	Waktu	detik
$m_{bb}$	Jumlah bahan bakar	kg
$V_g$	Volume bahan bakar	L/hr
$\rho$	Berat jenis bahan bakar	kg/L
$r_c$	Rasio kompresi pada mesin	-
P	Tekanan	Pascal
v	Volume	Liter
R	Konstanta gas universal	kJ/kg.K
T	Temperatur	Kelvin
u	Energi dalam	kJ/kg
$c_v$	Specific heat at constant volume	kJ/kg.K
$c_p$	Specific heat at constant pressure	kJ/kg.K
h	Entalpi	kJ/kg
s	Entropi	J/mol K
k	Spesific heat ratio	-
$\beta$	Cut-off ratio	-
SFC	Spesific fuel consumption	kg/kWh
$Q_m$	Jumlah kalor masuk	kcal
LHV	Nilai kalor bawah bahan bakar	kcal/kg
$\eta_{th}$	Efisiensi thermal	%
$\eta_{bt}$	Efisiensi brake thermal	%
q	Kalor	Joule