

**STUDI PEMANFAATAN MINYAK KELAPA SAWIT
(CPO) SEBAGAI BAHAN BAKAR MESIN DIESEL
GENSET**

TESIS

Oleh

REISAL RIMTAHI HASOLOAN

06 06 00 30 26



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
PROGRAM PASCASARJANA BIDANG ILMU TEKNIK
UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

UNIVERSITAS INDONESIA

PENGESAHAN

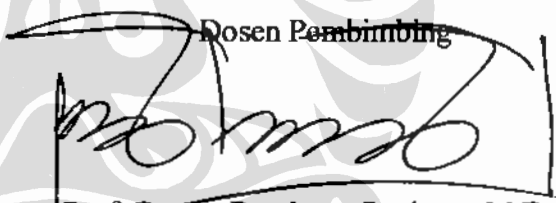
Tesis dengan judul :

STUDI PEMANFAATAN MINYAK KELAPA SAWIT (CPO) SEBAGAI BAHAN BAKAR MESIN DIESEL GENSET

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Kekhususan Konversi Energi Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Tesis ini telah diujikan pada sidang ujian tesis pada tanggal 7 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai tesis pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, Juli 2008

Dosen Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng
NIP 131 597 860

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga tesis ini dapat selesai dengan baik
2. Ir. Pardamen Siahaan, MBA, PT Fety Mina Jaya Pekanbaru Riau, Edison Siahaan dan Haji Aan yang telah memberikan bantuan pengadaan minyak kelapa sawit CPO yang digunakan untuk pengujian.
3. Manajemen PT PLN (Persero) Wilayah Riau serta Manajemen PT PLN (Persero) Kantor Pusat yang telah memberikan ijin serta pembiayaan untuk mengikuti studi S2 di Teknik Mesin UI.
4. Istri dan anak-anakku yang memberiku dorongan dan semangat untuk mengikuti studi S2 di Teknik Mesin UI.
5. Sanggul Siregar, Syarif, Askha dan Lukman yang telah membantu selama pelaksanaan pengujian.
6. Seluruh teman-teman S2 Teknik Mesin UI angkatan 2006.

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR ISTILAH/SIMBOL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 BATASAN MASALAH	4
1.5 METODOLOGI PENELITIAN	5
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 PROSES PEMBAKARAN PADA MESIN DIESEL	6
2.2. BAHAN BAKAR MESIN DIESEL	7

2.2.1 Berat Jenis (<i>Density</i>)	9
2.3.2 Viskositas (<i>Viscosity</i>)	9
2.3.3 Titik Tuang (<i>Pour Point</i>)	9
2.3.4 Titik Nyala (<i>Flash Point</i>)	10
2.3.5 Angka Setana (<i>Cetane Number</i>)	10
2.3.6 Kadar Air (<i>Water Content</i>)	10
2.3.7 Kadar Belerang (<i>Sulfur Content</i>)	11
2.3. BAHAN BAKAR BIOFUEL	11
2.3.1 Bahan Bakar Biodiesel	11
2.3.2 Bahan Bakar CPO	13
2.4. PARAMETER PERFORMA MESIN	16
2.4.1 Laju Konsumsi Bahan Bakar (FC)	16
2.4.2 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)	16
2.4.3 Daya Listrik yang Dihasilkan	17
2.4.4 Jumlah Input Energi Bahan Bakar	17
2.4.5 Efisiensi Thermal (η_{th})	17
2.2.6 Emisi Gas Buang	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 SPESIFIKASI BAHAN BAKAR YANG DIGUNAKAN	19
3.2 PENGUJIAN UNJUK KERJA MESIN DIESEL	19
3.2.1 Tempat Pengujian	19
3.2.2 Peralatan Pengujian	19
3.2.2.1 <i>Mesin Diesel Genset</i>	19
3.2.2.2 <i>CPO Module</i>	21
3.2.2.3 <i>Lamp Board</i>	21

3.2.3	Skematik Diagram Peralatan Pengujian	21
3.2.4	Prosedur Pengujian	23
3.2.4.1	<i>Persiapan Bahan Bakar</i>	23
3.2.4.2	<i>Prosedur Menjalankan Mesin</i>	23
3.2.4.2.1	<i>Prosedur Pengujian dengan Bahan Bakar</i>	
Solar		24
3.2.4.2.2	<i>Prosedur Pengujian Campuran Bahan</i>	
Bakar CPO dengan Solar		25
3.2.4.2.3	<i>Prosedur Pengujian dengan Bahan Bakar</i>	
CPO		26
3.2.4.3	<i>Prosedur Pengambilan Data</i>	27
3.2.4.4	<i>Prosedur Penggantian Bahan Bakar</i>	29
BAB IV	HASIL DAN ANALISA DATA	31
4.1	PENGARUH TEMPERATUR DAN PENCAMPURAN TERHADAP DENSITAS SERTA VISKOSITAS MINYAK KELAPA SAWIT	31
4.2	PENGARUH KONSENTRASI CPO TERHADAP ANGKA SETANA	35
4.3.	PENGARUH KONSENTRASI CPO TANPA PEMANASAN TERHADAP UNJUK KERJA MESIN	39
4.3.1	Specific Fuel Consumption (SFC)	39
4.3.2	Efisiensi Thermal	42
4.3.3	Opasitas	45
4.3.4	Temperatur Gas Buang	48

4.4	PENGARUH PEMANASAN CAMPURAN CPO TERHADAP UNJUK KERJA MESIN	50
4.4.1	Specific Fuel Consumption (SFC)	51
4.4.1.1	<i>Pengaruh Temperatur Pada Konsentrasi Konstan</i>	51
4.4.1.2	<i>Pengaruh Temperatur Pada Temperatur Konstan</i>	56
4.4.2	Efisiensi Thermal	59
4.4.2.1	<i>Pengaruh Temperatur Pada Konsentrasi Konstan</i>	60
4.4.2.2	<i>Pengaruh Temperatur Pada Temperatur Konstan</i>	65
4.4.3	Opasitas	71
4.4.3.1	<i>Pengaruh Temperatur Pada Konsentrasi Konstan</i>	71
4.4.3.2	<i>Pengaruh Temperatur Pada Temperatur Konstan</i>	76
4.4.4	Temperatur Gas Buang	81
4.4.3.1	<i>Pengaruh Temperatur Pada Konsentrasi Konstan</i>	82
4.4.3.2	<i>Pengaruh Temperatur Pada Temperatur Konstan</i>	85
4.5	KOMPARASI TINGKAT KEANDALAN 110 JAM OPERASI	88
4.5.1	Komparasi Unjuk Kerja Mesin	88
4.5.2	Komparasi Deposit Pada Ruang Bakar	96
4.5.3	Komparasi Keausan Mesin	97
	BAB V KESIMPULAN	99
	DAFTAR ACUAN	100
	DAFTAR PUSTAKA	101
	LAMPIRAN	103

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Reaksi transesterifikasi	13
Gambar 2.2 Pengaruh Temperatur terhadap Densitas Bahan Bakar Nabati	15
Gambar 2.3 Pengaruh Temperatur terhadap Viskositas Bahan Bakar Nabati	15
Gambar 3.1 Mesin diesel genset Dong Feng	20
Gambar 3.2 Diagram skematik peralatan pengujian bahan bakar CPO	22
Gambar 3.3 Gambar peralatan pengujian dengan CPO dan campurannya	22
Gambar 3.4 Diagram skematik peralatan pengujian bahan bakar solar	23
Gambar 3.5 Gambar peralatan pengujian dengan bahan bakar solar	23
Gambar 3.6 Pengambilan data Temperatur Udara Masuk Mesin	30
Gambar 4.1 Grafik pengaruh temperatur terhadap densitas CPO dan campurannya	31
Gambar 4.2 Grafik pengaruh konsentrasi terhadap densitas CPO dan campurannya	32
Gambar 4.3 Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas CPO dan campurannya	33
Gambar 4.4 Grafik pengaruh konsentrasi terhadap viskositas CPO dan campurannya	34
Gambar 4.5 Grafik pengaruh densitas terhadap viskositas CPO dan campurannya	34
Gambar 4.6 Grafik hubungan konsentrasi CPO terhadap angka setana	38
Gambar 4.7 Grafik hubungan SFC terhadap pembebanan pada variasi konsentrasi CPO	41

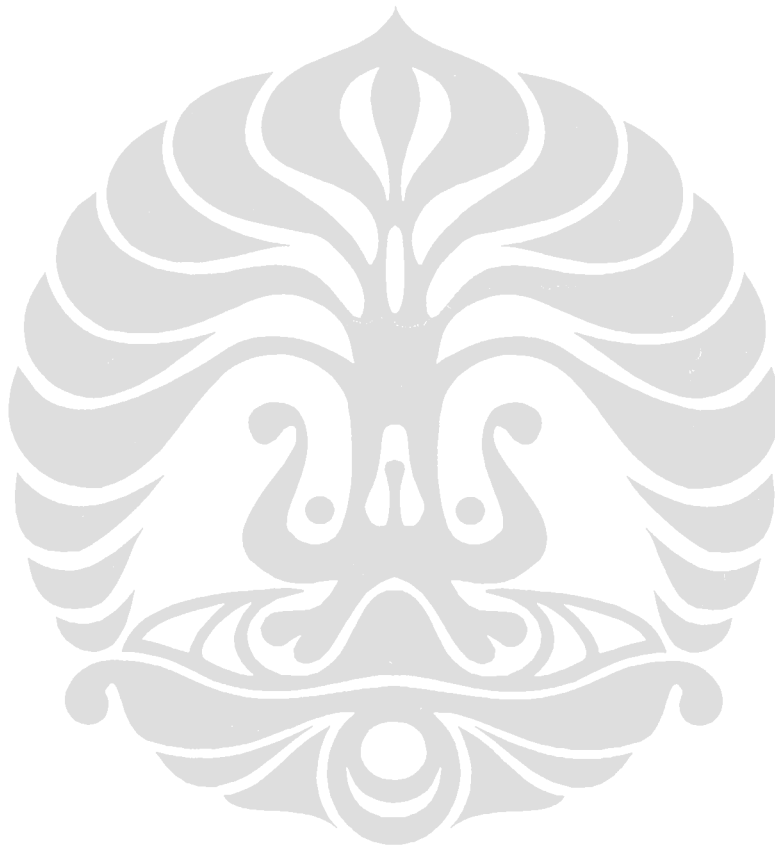
Gambar 4.8	Grafik hubungan SFC dengan konsentrasi CPO tanpa pemanasan	42
Gambar 4.9	Grafik hubungan efisiensi thermal terhadap pembebanan pada variasi konsentrasi CPO	43
Gambar 4.10	Grafik hubungan efisiensi thermal dengan konsentrasi CPO	44
Gambar 4.11	Grafik hubungan opasitas gas buang dengan beban	47
Gambar 4.12	Grafik hubungan opasitas gas buang dengan konsentrasi CPO	47
Gambar 4.13	Grafik hubungan temperatur gas buang dengan beban	49
Gambar 4.14	Grafik hubungan temperatur gas buang dengan konsentrasi CPO	49
Gambar 4.15	Grafik Hubungan Beban dan SFC pada Variasi Temperatur Bahan Bakar Campuran CPO 25%	52
Gambar 4.16	Grafik hubungan beban dan SFC pada variasi temperatur bahan bakar campuran CPO 50%	53
Gambar 4.17	Grafik hubungan beban dan SFC pada variasi temperatur bahan bakar campuran CPO 75%	54
Gambar 4.18	Grafik hubungan beban dan SFC pada variasi temperatur bahan bakar campuran CPO 100%	56
Gambar 4.19	Grafik hubungan beban dan SFC pada variasi konsentrasi campuran CPO untuk temperatur 60 °C	57
Gambar 4.20	Grafik hubungan beban dan SFC pada variasi konsentrasi campuran CPO untuk temperatur 70 °C	58
Gambar 4.21	Grafik hubungan beban dan SFC pada variasi konsentrasi campuran CPO untuk temperatur 80 °C	58
Gambar 4.22	Grafik hubungan beban dan SFC pada variasi konsentrasi campuran CPO untuk temperatur 90 °C	59

Gambar 4.23 Grafik hubungan beban dan efisiensi thermal pada variasi temperatur bahan bakar campuran CPO 25%	61
Gambar 4.24 Grafik hubungan beban dan efisiensi thermal pada variasi temperatur bahan bakar campuran CPO 50%	62
Gambar 4.25 Grafik hubungan beban dan efisiensi thermal pada variasi temperatur bahan bakar campuran CPO 75%	63
Gambar 4.26 Grafik hubungan beban dan efisiensi thermal pada variasi temperatur bahan bakar campuran CPO 100%	65
Gambar 4.27 Grafik hubungan beban dan efisiensi thermal pada variasi konsentrasi campuran CPO untuk temperatur 60 °C	66
Gambar 4.28 Grafik hubungan beban dan efisiensi thermal pada variasi konsentrasi campuran CPO untuk temperatur 70 °C	68
Gambar 4.29 Grafik hubungan beban dan efisiensi thermal pada variasi konsentrasi campuran CPO untuk temperatur 80 °C	69
Gambar 4.30 Grafik hubungan beban dan efisiensi thermal pada variasi konsentrasi campuran CPO untuk temperatur 90 °C	70
Gambar 4.31 Grafik hubungan beban dan opasitas pada variasi temperatur bahan bakar campuran CPO 25%	72
Gambar 4.32 Grafik hubungan beban dan opasitas pada variasi temperatur bahan bakar campuran CPO 50%	74
Gambar 4.33 Grafik hubungan beban dan opasitas pada variasi temperatur bahan bakar campuran CPO 75%	75
Gambar 4.34 Grafik hubungan beban dan opasitas pada variasi temperatur bahan bakar campuran CPO 100%	76
Gambar 4.35 Grafik hubungan beban dan opasitas gas buang pada variasi konsentrasi campuran CPO untuk temperatur 60 °C	77

Gambar 4.36	Grafik hubungan beban dan opasitas gas buang pada variasi konsentrasi campuran CPO untuk temperatur 70 °C	79
Gambar 4.37	Grafik hubungan beban dan opasitas gas buang pada variasi konsentrasi campuran CPO untuk temperatur 80 °C	80
Gambar 4.38	Grafik hubungan beban dan opasitas gas buang pada variasi konsentrasi campuran CPO untuk temperatur 90 °C	81
Gambar 4.39	Grafik hubungan beban dan temperatur gas buang pada variasi temperatur bahan bakar campuran CPO 25%	82
Gambar 4.40	Grafik hubungan beban dan temperatur gas buang pada variasi temperatur bahan bakar campuran CPO 50%	83
Gambar 4.41	Grafik hubungan beban dan temperatur gas buang pada variasi temperatur bahan bakar campuran CPO 75%	84
Gambar 4.42	Grafik hubungan beban dan temperatur gas buang pada variasi temperatur bahan bakar campuran CPO 100%	85
Gambar 4.43	Grafik hubungan beban dan temperatur gas buang pada variasi konsentrasi campuran CPO untuk temperatur 60 °C	86
Gambar 4.44	Grafik hubungan beban dan temperatur gas buang pada variasi konsentrasi campuran CPO untuk temperatur 70 °C	86
Gambar 4.45	Grafik hubungan beban dan temperatur gas buang pada variasi konsentrasi campuran CPO untuk temperatur 80 °C	87
Gambar 4.46	Grafik hubungan beban dan temperatur gas buang pada variasi konsentrasi campuran CPO untuk temperatur 90 °C	87
Gambar 4.47	Grafik hubungan beban dan SFC pada awal operasi dan setelah 110 jam operasi	90
Gambar 4.48	Grafik hubungan beban dan SFC CPO 100% pada awal operasi dan setelah 110 jam operasi	90

Gambar 4.49 Grafik hubungan beban dan efisiensi thermal pada awal operasi dan setelah 110 jam operasi	92
Gambar 4.50 Grafik hubungan beban dan efisiensi thermal 100% pada awal operasi dan setelah 110 jam operasi	92
Gambar 4.51 Grafik hubungan beban dan opasitas gas buang pada awal operasi dan setelah 110 jam operasi	93
Gambar 4.52 Grafik hubungan beban dan opasitas gas buang CPO 100% pada awal operasi dan setelah 110 jam operasi	94
Gambar 4.53 Grafik hubungan beban dan temperatur gas buang pada awal operasi dan setelah 110 jam operasi	95
Gambar 4.54 Grafik hubungan beban dan temperatur gas buang CPO 100% pada awal operasi dan setelah 110 jam operasi	95
Gambar 4.55 Deposit yang terjadi pada permukaan piston	96
Gambar 4.56 Deposit pada permukaan cylinder head	97
Gambar 4.57 Deposit pada kepala piston	98

Tabel 4.18	Kenaikan efisiensi thermal campuran CPO temperatur 80 °C	69
Tabel 4.19	Kenaikan efisiensi thermal campuran CPO temperatur 90 °C	71
Tabel 4.20	Hasil pengukuran keausan mesin	98



DAFTAR ISTILAH/SIMBOL

Simbol

W	Daya listrik yang dihasilkan
n	Kecepatan putar poros generator
m_{bb}	Jumlah konsumsi bahan bakar dalam satuan kg
V_g	Volume bahan bakar yang dikonsumsi selama t detik
t	Lama waktu konsumsi bahan bakar
E	Energi listrik yang dihasilkan
η_{th}	Efisiensi thermal
Q_m	Equivalen panas/heat konsumsi bahan bakar
ρ	Berat jenis bahan bakar
LHV	Nilai kalor bawah
FC	Konsumsi bahan bakar per satuan waktu
SFC	Konsumsi bahan bakar spesifik
CPO	Crude Palm Oil
SVO	Straight Vegetable Oil

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Hasil Pengujian Unjuk Kerja Mesin	104
Lampiran 2 Data Hasil Pengujian Cetane Number	136
Lampiran 3 Data Hasil Pengujian Density dan Viscosity	138
Lampiran 4 Data Hasil Kalibrasi Watthour meter	140

