

**PENGARUH BIODIESEL  
MINYAK KELAPA DAN MINYAK JAGUNG  
DENGAN PEREAKSI SPIRITUS MENGGUNAKAN  
PROSESSOR JENIS SUSUN TERHADAP  
KEANDALAN MESIN DIESEL**

**TESIS**

↳

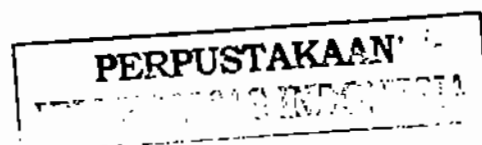
Oleh

**SANGGUL H. SIREGAR**  
**06 06 00 30 32**



T  
2-1-08

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



## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul :

**PENGARUH BIODIESEL  
MINYAK KELAPA DAN MINYAK JAGUNG  
DENGAN PEREAKSI SPIRITUS MENGGUNAKAN PROSESSOR  
JENIS SUSUN TERHADAP KEANDALAN MESIN DIESEL**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan Magister Teknik pada Kekhususan Konversi Energi Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tesis yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, Juli 2008



Sanggul H. Siregar

NPM. 0606003032

# PENGESAHAN

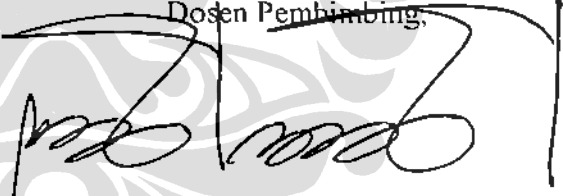
Tesis dengan judul :

**PENGARUH BIODIESEL  
MINYAK KELAPA DAN MINYAK JAGUNG  
DENGAN PEREAKSI SPIRITUS MENGGUNAKAN PROSESSOR  
JENIS SUSUN TERHADAP KEANDALAN MESIN DIESEL**

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 07 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

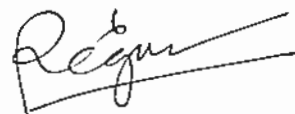
## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kasih, atas segala berkat dan kasihNya yang tidak terhingga kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Magister Teknik ini.

Usaha dan doa selalu mengiringi perjalanan dalam menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Mesin Universitas Indonesia ini, sulit untuk dilupakan. Demikian juga curahan ilmu dan wawasan yang diberikan para dosen di kampus ini membentuk suatu nilai tersendiri dalam membentuk kepribadian saya yang baru. Akhirnya dengan penuh rasa hormat saya ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam studi maupun dalam penyelesaian tesis ini. Bersama ini saya ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, M. Eng, selaku Pembimbing Tesis, yang telah menuntun saya secara sabar dan penuh perhatian sehingga saya dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. I Made K. Dhiputra Dipl. Ing, selaku Pembimbing Akademik yang telah membimbing saya sehingga dapat menyelesaikan pendidikan Program Pascasarjana ini dengan baik.
3. Kedua orang tua, mertua dan saudara-saudara yang telah memberikan doa, dorongan, motivasi serta kesabaran dari awal hingga selesainya studi ini.
4. Istriku, kedua anakku Michael J.P. dan Agnes V. yang telah memberikan doa, inspirasi dan semangat pantang menyerah.
5. Pihak Management PT PLN (Persero) Kantor Pusat Jakarta maupun Management PT PLN (Persero) Pembangkitan Sumatera Bagian Utara yang telah memberikan kesempatan studi serta dukungan untuk menyelesaikan studi di kampus Universitas Indonesia tercinta ini.
6. Seluruh dosen dan pegawai Jurusan Teknik Mesin Universitas Indonesia.
7. Ibu Oni dari laboratorium BTMP-BPPT dan Bapak Prayogi dari Lemigas yang mendampingi dalam pengujian laboratorium properties biodiesel.
8. Teman-teman Pasca Sarjana Teknik Mesin UI Angkatan 2005 dan 2006.
9. Yanuar Arifin Chandra, yang membantu dalam proses pembuatan biodiesel di Bandar Lampung.
10. Mas Syarif yang telah meluangkan waktunya untuk membantu dalam pengujian performa mesin.

Depok, Juli 2008



Sanggul H. Siregar

NPM. 0606003032

# DAFTAR ISI

	Halaman
JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR ISTILAH/SIMBOL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 BATASAN MASALAH	3
1.5 METODOLOGI PENELITIAN	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 BAHAN MESIN DIESEL	7
2.1.1 Pembakaran Mesin Diesel	8
2.1.2 Kemampuan Terbakar Sendiri (Auto Ignition)	9
2.2 ALTERNATIF PENINGKATAN KUALITAS MINYAK DIESEL	11
2.2.1 Biodiesel Sebagai Cetane Improver	12
2.2.2 Biodiesel Sebagai Campuran Minyak Diesel	14
2.2.3 Proses Transesterifikasi Biodiesel	15
2.3 KRITERIA PERFORMA BAHAN BAKAR	17
2.4 KRITERIA PERFORMA MESIN	18

2.4.1	Specific Fuel Consumption (SFC)	18
2.4.2	Brake Horse Power (BHP)	19
2.4.3	Efisiensi Thermal	19
2.4.4	Emisi Gas Buang	19
2.5	PROPERTIS BAHAN BAKAR DIESEL	20
2.5.1	Angka Setana (Cetane Number)	20
2.5.2	Density (Berat Jenis)	21
2.5.3	Viscosity (Viskositas)	21
2.5.4	Pour Point (Titik Tuang)	21
2.5.5	Flash Point (Titik Nyala)	21
2.5.6	Water Content (Kadar Air)	22
2.5.7	Sulfur Content (Kadar Belerang)	22
2.5.8	Cloud Point (Titik Embun)	22
2.5.9	Total Acid Number (TAN)	22
2.5.10	Free Glycerin (Glyserol Bebas)	23
2.6	LYFE CYCLE COST ANALYSIS PROSESSOR JENIS SUSUN	23
2.6.1	Biaya Awal (Initial Expenses)	24
2.6.2	Biaya Yang Akan Datang (Future Expenses)	25
2.6.3	Data Pendukung Lyfe Cycle Cost Analysis	25
2.6.4	Kelayakan Desain Peralatan	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		28
3.1	ALUR PENGUJIAN DAN PENELITIAN	28
3.2	PEMBUATAN BIODIESEL	29
3.3	PENGUJIAN KARAKTERISTIK BIODIESEL	31
3.4	PENGUJIAN CETANE NUMBER	32
3.5	PENGUJIAN PERFORMA BIODIESEL	32
3.3.1	Tempat Pengujian	32
3.3.2	Spesifikasi Peralatan Pengujian	32
3.3.3	Prosedur Pengujian dan Pengolahan Data	33
BAB IV HASIL DAN ANALISA		36
4.1	PENGARUH BIODIESEL KELAPA DAN JAGUNG	36

TERHADAP PENINGKATAN CETANE NUMBER	
4.2	PENGARUH BIODIESEL MINYAK KELAPA TERHADAP PERFORMA MESIN DAN EMISI GAS BUANG 37
4.2.1	Pengaruh Biodiesel Kelapa Terhadap Konsumsi Bahan Bakar pada Putaran 1500 rpm 38
4.2.2	Pengaruh Biodiesel Kelapa Terhadap Konsumsi Bahan Bakar pada Variasi Putaran, Throttle Valve Open 40 % 39
4.2.3	Pengaruh Biodiesel Kelapa Terhadap SFC pada Putaran 1500 rpm 41
4.2.4	Pengaruh Biodiesel Kelapa Terhadap SFC pada Variasi Putaran, Throttle Valve Open 40 % 43
4.2.5	Pengaruh Biodiesel Kelapa Terhadap Brake Horse Power pada Putaran 1500 rpm 44
4.2.6	Pengaruh Biodiesel Kelapa Terhadap Brake Horse Power Pada Variasi Putaran, Throttle Valve Open 40 % 45
4.2.7	Pengaruh Biodiesel Kelapa Terhadap Efisiensi Thermal pada Putaran 1500 rpm 47
4.2.8	Pengaruh Biodiesel Kelapa Terhadap Efisiensi Thermal Pada Variasi Putaran, Throttle Valve Open 40 % 49
4.2.9	Pengaruh Biodiesel Kelapa Terhadap Opasitas (%) pada Putaran 1500 rpm 50
4.2.8	Pengaruh Biodiesel Kelapa Terhadap Opasita (%) Pada Variasi Putaran, Throttle Valve Open 40 % 51
4.3	PENGARUH BIODIESEL MINYAK JAGUNG TERHADAP PERFORMA MESIN DAN EMISI GAS BUANG 53
4.3.1	Pengaruh Biodiesel Jagung Terhadap Konsumsi Bahan Bakar pada Putaran 1500 rpm 53
4.3.2	Pengaruh Biodiesel Jagung Terhadap Konsumsi Bahan Bakar pada Variasi Putaran, Throttle Valve Open 40 % 55
4.3.3	Pengaruh Biodiesel Jagung Terhadap SFC pada Putaran 1500 rpm 56
4.3.4	Pengaruh Biodiesel Jagung Terhadap SFC pada Variasi 57

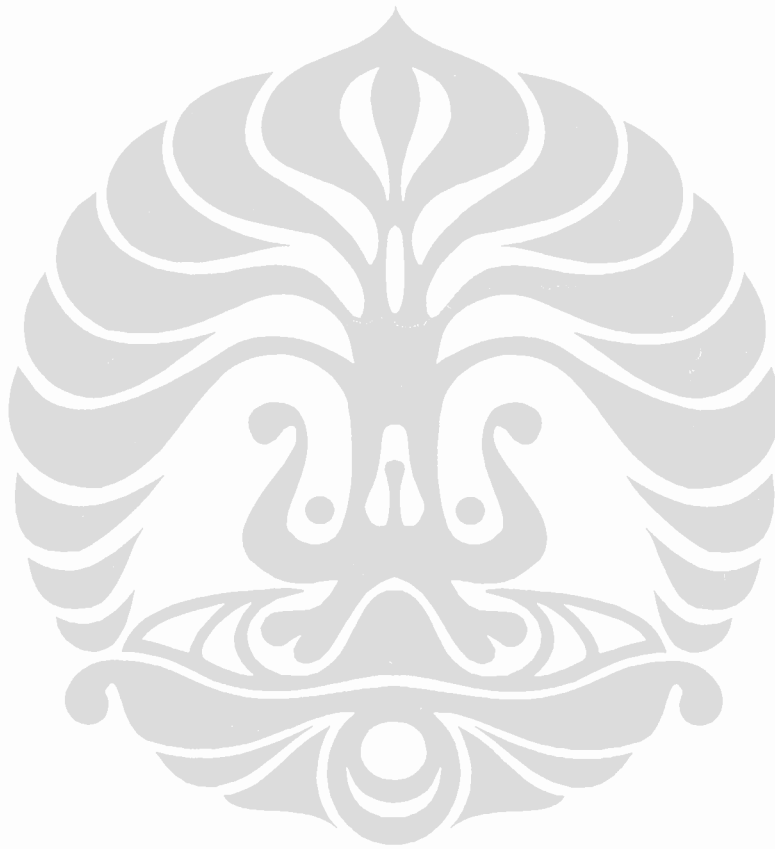
Putaran, Throttle Valve Open 40 %	
4.3.5 Pengaruh Biodiesel Jagung Terhadap Brake Horse Power pada Putaran 1500 rpm	59
4.3.6 Pengaruh Biodiesel Jagung Terhadap Brake Horse Power Pada Variasi Putaran, Throttle Valve Open 40 %	60
4.3.7 Pengaruh Biodiesel Jagung Terhadap Efisiensi Thermal pada Putaran 1500 rpm	62
4.3.8 Pengaruh Biodiesel Jagung Terhadap Efisiensi Thermal Pada Variasi Putaran, Throttle Valve Open 40 %	63
4.3.9 Pengaruh Biodiesel Jagung Terhadap Opasitas (%) pada pada Putaran 1500 rpm	64
4.3.10 Pengaruh Biodiesel Jagung Terhadap Opasita (%) pada Variasi Putaran, Throttle Valve Open 40 %	66
4.4 ANALISA PERFORMA DAN PROPERTIS BIODIESEL MINYAK KELAPA DAN MINYAK JAGUNG	67
4.4.1 Analisa Performa Mesin	67
4.4.2 Analisa Karakteristik Biodiesel Minyak Kelapa dan Minyak Jagung	70
4.5 ANALISA LYFE CYCLE COST ANALYSIS	72
BAB V KESIMPULAN	76
DAFTAR ACUAN	77
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN	81



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1.</b> Tahapan pembakaran	9
<b>Gambar 2.2.</b> Tahapan sebelum dan sesudah autoignition	10
<b>Gambar 2.3.</b> Reaksi Transesterifikasi	16
<b>Gambar 2.4.</b> Life Time Desain Alternatif	23
<b>Gambar 2.5.</b> Siklus Hidup Analisa Biaya LCCA	23
<b>Gambar 2.6.</b> Pengelompokan Biaya-Biaya LCCA	24
<b>Gambar 2.7.</b> Kondisi peralatan terhadap waktu (tahun)	26
<b>Gambar 3.1.</b> Alur Pengujian dan Penelitian	28
<b>Gambar 3.2.</b> Skema prosesor jenis susun	29
<b>Gambar 3.3.</b> Prosesor Biodiesel BDP-10FG-BV	29
<b>Gambar 4.1.</b> FC terhadap Throttle Valve Open (%)	38
<b>Gambar 4.2.</b> FC terhadap variasi putaran (rpm)	40
<b>Gambar 4.3.</b> SFC terhadap Throttle Valve Open (%)	41
<b>Gambar 4.4.</b> SFC terhadap variasi putaran (rpm)	43
<b>Gambar 4.5.</b> BHP terhadap Throttle Valve Open (%)	44
<b>Gambar 4.6.</b> BHP terhadap variasi putaran (rpm)	46
<b>Gambar 4.7.</b> Efisiensi Thermal terhadap Throttle Valve Open (%)	47
<b>Gambar 4.8.</b> Efisiensi Thermal terhadap variasi putaran (rpm)	49
<b>Gambar 4.9.</b> Opasitas terhadap Throttle Valve Open (%)	50
<b>Gambar 4.10.</b> Opasitas terhadap variasi putaran (rpm)	52
<b>Gambar 4.11.</b> FC terhadap Throttle Valve Open (%)	53
<b>Gambar 4.12.</b> FC terhadap variasi putaran (rpm)	55
<b>Gambar 4.13.</b> SFC terhadap Throttle Valve Open (%)	56
<b>Gambar 4.14.</b> SFC terhadap variasi putaran (rpm)	58
<b>Gambar 4.15.</b> BHP terhadap Throttle Valve Open (%)	59
<b>Gambar 4.16.</b> BHP terhadap variasi putaran (rpm)	61
<b>Gambar 4.17.</b> Efisiensi Thermal terhadap Throttle Valve Open (%)	62
<b>Gambar 4.18.</b> Efisiensi Thermal terhadap variasi putaran (rpm)	63
<b>Gambar 4.19.</b> Opasitas terhadap Throttle Valve Open (%)	65

<b>Gambar 4.20.</b> Opasitas terhadap variasi putaran (rpm)	66
<b>Gambar 4.21.</b> Life time desain prosessor jenis susun	72
<b>Gambar 4.22.</b> Present Value Tipe 2 Batch dan 3 Batch	74
<b>Gambar 4.23.</b> Desain Prosessor Jenis Susun Tipe 3 Batch dan 2 Batch	75

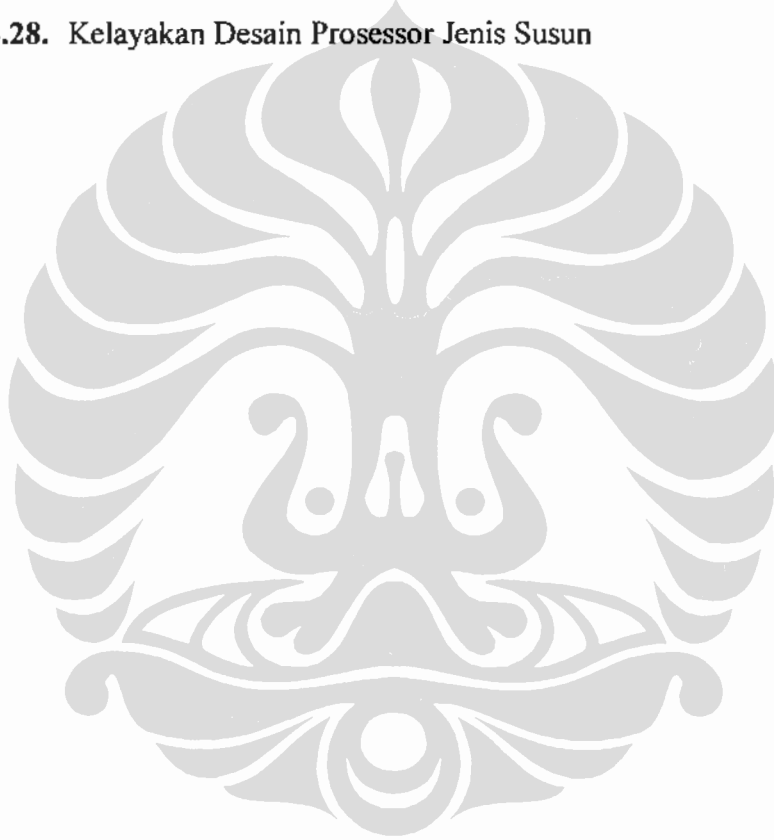


## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1.</b> Potensi masalah dengan biodiesel	14
<b>Tabel 2.2.</b> Tanaman penghasil biodiesel di Indonesia	17
<b>Tabel 2.3.</b> Standard Propertis Biodiesel	18
<b>Tabel 2.4.</b> Efek Biodiesel Pada Emisi Gas Buang	20
<b>Tabel 3.1.</b> Spesifikasi Processor Tipe BDP-10FG-BV	30
<b>Tabel 3.2.</b> Hasil pengujian laboratorium biodiesel kelapa dan jagung	31
<b>Tabel 3.3.</b> Hasil pengujian Cetane Number	32
<b>Tabel 4.1.</b> Hubungan Cetane Number terhadap persentase biodiesel	37
<b>Tabel 4.2.</b> Pengaruh persentase biodiesel kelapa pd FC (variasi TVO)	39
<b>Tabel 4.3.</b> Pengaruh persentase biodiesel kelapa pd FC (variasi RPM)	41
<b>Tabel 4.4.</b> Pengaruh persentase biodiesel kelapa pd SFC (variasi TVO)	42
<b>Tabel 4.5.</b> Pengaruh persentase biodiesel kelapa pd SFC (variasi RPM)	44
<b>Tabel 4.6.</b> Pengaruh persentase biodiesel kelapa pd BHP (variasi TVO)	45
<b>Tabel 4.7.</b> Pengaruh persentase biodiesel kelapa pd BHP (variasi RPM)	47
<b>Tabel 4.8.</b> Pengaruh persentase biodiesel kelapa pd $\eta_{th}$ (variasi TVO)	48
<b>Tabel 4.9.</b> Pengaruh persentase biodiesel kelapa pd $\eta_{th}$ (variasi RPM)	50
<b>Tabel 4.10.</b> Pengaruh persentase biodiesel kelapa pd opasitas (variasi TVO)	51
<b>Tabel 4.11.</b> Pengaruh persentase biodiesel kelapa pd opasitas (variasi RPM)	53
<b>Tabel 4.12.</b> Pengaruh persentase biodiesel jagung pd FC (variasi TVO)	54
<b>Tabel 4.13.</b> Pengaruh persentase biodiesel jagung pd FC (variasi RPM)	56
<b>Tabel 4.14.</b> Pengaruh persentase biodiesel jagung pd SFC (variasi TVO)	57
<b>Tabel 4.15.</b> Pengaruh persentase biodiesel jagung pd SFC (variasi RPM)	59
<b>Tabel 4.16.</b> Pengaruh persentase biodiesel jagung pd BHP (variasi TVO)	60
<b>Tabel 4.17.</b> Pengaruh persentase biodiesel jagung pd BHP (variasi RPM)	61
<b>Tabel 4.18.</b> Pengaruh persentase biodiesel jagung pd $\eta_{th}$ (variasi TVO)	63
<b>Tabel 4.19.</b> Pengaruh persentase biodiesel jagung pd $\eta_{th}$ (variasi RPM)	64
<b>Tabel 4.20.</b> Pengaruh persentase biodiesel jagung pd opasitas (variasi	66

TVO)

<b>Tabel 4.21.</b> Pengaruh persentase biodiesel jagung pd opasitas (variasi RPM)	67
<b>Tabel 4.22.</b> Perbandingan SFC biodiesel Kelapa dan Jagung	68
<b>Tabel 4.23.</b> Perbandingan BHP biodiesel Kelapa dan Jagung	69
<b>Tabel 4.24.</b> Perbandingan Efisiensi Thermal biodiesel Kelapa dan Jagung	69
<b>Tabel 4.25.</b> Perbandingan Opasitas biodiesel Kelapa dan Jagung	70
<b>Tabel 4.26.</b> Propertis Biodiesel Minyak Kelapa dan Minyak Jagung	71
<b>Tabel 4.27.</b> LCCA Proessor Jenis Susun	73
<b>Tabel 4.28.</b> Kelayakan Desain Proessor Jenis Susun	74



## DAFTAR ISTILAH/SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
T	Torsi mesin	N/m
L	Panjang lengan dinamometer	m
W	Beban pada dinamometer	kgf
n	Putaran poros	rpm
V <sub>g</sub>	Volume bahan bakar yang dikonsumsi	liter
t	Lama waktu konsumsi bahan bakar	detik
g	Gaya gravitasi	m/det <sup>2</sup>
F	Gaya penyeimbang	N
η <sub>th</sub>	Efisiensi thermal	%
Q <sub>r</sub>	Equivalen panas/heat dari konsumsi bahan bakar	MJ/hr
γ	Massa jenis bahan bakar	kg/m <sup>3</sup>
LHV	Nilai kalor bawah	MJ/kg
FC	Konsumsi bahan bakar per satuan waktu	L/hr
SFC	Konsumsi bahan bakar spesifik	L/kW.hr
BHP	Daya pengereman (Brake Horse Power)	kW
k <sup>-1</sup>	Opasitas	%
PV	Present Value	Rp.
Net Saving	Keuntungan Bersih	Rp.
BCR	Benefit Cost Ratio	%
PP	Payback Period	tahun
SL	Straight Line Depreciation (Nilai Sisa)	Rp.
B10 Kelapa	Solar 90% dengan biodiesel minyak kelapa 10%	
B20 Kelapa	Solar 80% dengan biodiesel minyak kelapa 20%	
B30 Kelapa	Solar 70% dengan biodiesel minyak kelapa 30%	
B10 Jagung	Solar 90% dengan biodiesel minyak jagung 10%	
B20 Jagung	Solar 80% dengan biodiesel minyak jagung 20%	
B30 Jagung	Solar 70% dengan biodiesel minyak jagung 30%	

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman	
<b>Lampiran 1</b>	Data Propertis Biodiesel Minyak Kelapa	81
<b>Lampiran 2</b>	Data Propertis Biodiesel Minyak Jagung	82
<b>Lampiran 3</b>	Data Pengujian Cetane Number	83
<b>Lampiran 4</b>	Data Pengujian Minyak Solar	84
<b>Lampiran 5</b>	Data Pengujian Biosolar	85
<b>Lampiran 6</b>	Data Pengujian B10 Kelapa	86
<b>Lampiran 7</b>	Data Pengujian B20 Kelapa	87
<b>Lampiran 8</b>	Data Pengujian B30 Kelapa	88
<b>Lampiran 9</b>	Data Pengujian B10 Jagung	89
<b>Lampiran 10</b>	Data Pengujian B20 Jagung	90
<b>Lampiran 11</b>	Data Pengujian B30 Jagung	91
<b>Lampiran 12</b>	LCCA Processor Jenis Susun dengan 2 batch	92
<b>Lampiran 13</b>	LCCA Processor Jenis Susun dengan 3 batch	93