



UNIVERSITAS INDONESIA

**STABILITAS OKSIDASI
BIODIESEL SAWIT-JATROPHA-CASTOR
DAN PENGARUHNYA TERHADAP KARAKTERISTIK
EMISI GAS BUANG**

TESIS

**SITI YUBAIDAH
0706173111**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM PASCA SARJANA BIDANG ILMU TEKNIK
DEPOK**

JULI 2009



UNIVERSITAS INDONESIA

**STABILITAS OKSIDASI
BIODIESEL SAWIT-JATROPHA-CASTOR
DAN PENGARUHNYA TERHADAP KARAKTERISTIK
EMISI GAS BUANG**

TESIS
Diajukan Sebagai Syarat
Untuk memperoleh Gelar Magister Teknik

SITI YUBAIDAH
0706173111

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM PASCA SARJANA BIDANG ILMU TEKNIK
DEPOK
JULI 2009

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Siti Yubaidah

NPM : 0706173111

Tanda Tangan :

Tanggal : Juli 2009



HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Siti Yubaidah
NPM : 0706173111
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tesis : Stabilitas Oksidasi Biodiesel Sawit-Jatropha-Castor dan Pengaruhnya Terhadap Karakteristik Emisi Gas Buang

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof.Dr.Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng (.....)

Penguji : Ir. Yulianto SN, M.Sc, Ph.D (.....)

Penguji : DR. Ir. R. Danardono AS, DEA. PE (.....)

Penguji : DR. Ir. Adi Surjasatyo, M.Eng (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juli 2009

UCAPAN TERIMA KASIH

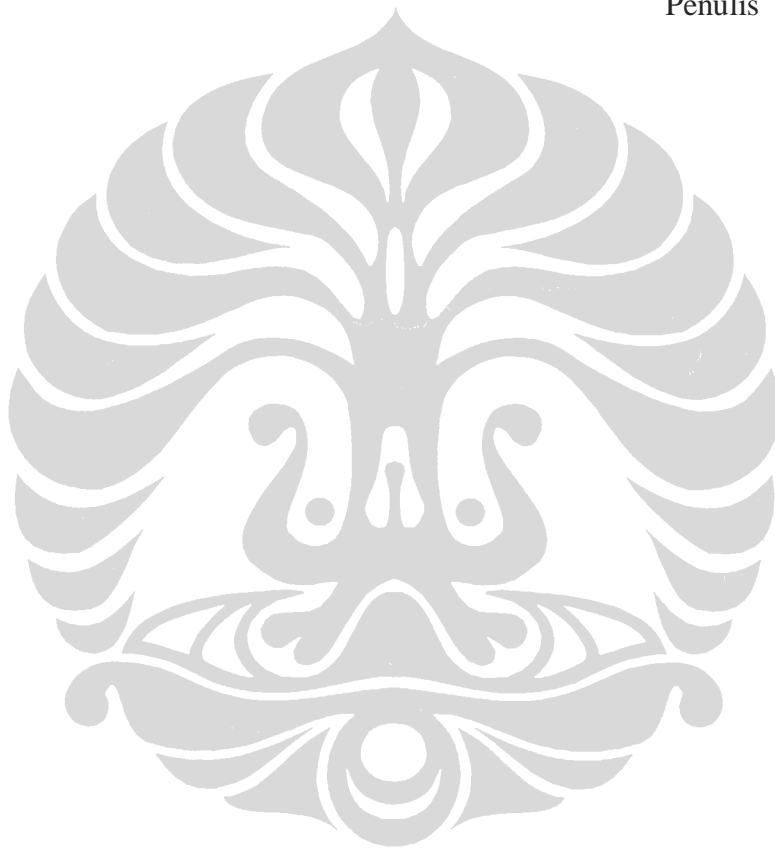
Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Program Studi Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari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

- (1) Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng , selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
- (2) Suamiku Ir. Hari Sudrajat, Anakku Choirunnisa Aurelia Putri Ramadhania dan M. Naufal Syauqi Alghifari yang selalu berdo'a dan mendampingi setiap saat.
- (3) Orang tua yang selalu berdo'a dan memberikan dukungan.
- (4) Prof. Dr. Prawoto, Muchlis, SE, MM, Dr. Lukman Shalahuddin dan BTMP-BPPT yang telah banyak menyediakan fasilitas dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan.
- (5) Ir. Rizqon Fajar, MSc, Ir B. Anang Nugroho, MT, Ir. Hari Sumartono, MT, Ir. Rudi CN, MT, Ir. M. Taufik. S, MT, Ir. Subhan Nafis dan Nadia Ayu Prasetyarni yang tiada kenal lelah membantu penulis selama jalannya penelitian.
- (6) Anis, Heru, Boy, Ihwan, Misbah, Broer, Henry, Dedy, Agus, Mokhtar, Emput, Yogi, Canon, dan rekan-rekan BTMP-BPPT yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah banyak memberikan dukungan kepada saya dalam menyelesaikan tesis ini ; dan
- (7) Rekan-rekan Teknik Mesin khususnya mahasiswa/i pasca 2007 yang telah berbagi dukungan moril maupun sumber informasi kepada saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan bagi kesejahteraan umat manusia.

Depok, Juli 2009

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Siti Yubaidah
NPM : 0706173111
Program Studi : Konversi Energi
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tesis

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 :

Stabilitas Oksidasi Biodiesel Sawit-Jatropha-Castor
dan Pengaruhnya Terhadap Karakteristik Emisi Gas Buang

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tesis 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 : Juli 2009
Yang menyatakan

(Siti Yubaidah)

ABSTRAK

Nama : Siti Yubaidah
Program Studi : Konversi Energi Teknik Mesin
Judul : Stabilitas Oksidasi Biodiesel Sawit-Jatropha-Castor dan Pengaruhnya Terhadap Karakteristik Emisi Gas Buang

Tujuan penelitian ini yang pertama adalah untuk mengetahui komposisi campuran biodiesel sawit-jatropha-castor yang terbaik dari segi kualitas dengan cara mengoptimalkan beberapa parameter kunci karakteristik kimia fisik seperti stabilitas oksidasi, viskositas dan bilangan setana. Karena bahan baku biodiesel Indonesia adalah sawit yang merupakan bahan pangan, sehingga perlu dicampur dengan bahan non pangan agar ketersediaannya terjamin. Selain itu juga untuk memperbaiki *cold flow properties* dari biodiesel sawit. Dan tujuan yang kedua adalah untuk mengetahui pengaruh stabilitas oksidasi biodiesel dan komposisi asam lemak terhadap emisi gas buang yang dihasilkan. Pengujian stabilitas oksidasi dilakukan dengan metode *accelerated oxidation stability test* dengan bahan baku biodiesel sawit, biodiesel jatropha dan biodiesel castor. Dari hasil penelitian diperoleh komposisi yang terbaik untuk campuran sawit-jatropha adalah untuk 60 – 100% biodiesel sawit. Dimana stabilitas oksidasinya masih memenuhi syarat EN 14214 yaitu minimum 6 jam. Dengan pemakaian biodiesel emisi HC, CO, NOx dan *smoke* yang dihasilkan menunjukkan kecenderungan untuk turun.

Kata kunci : biodiesel, stabilitas oksidasi, viskositas, bilangan setana, asam lemak, emisi.

ABSTRACT

Name : Siti Yubaidah
Study Program : Energy Conversion – Mechanical Engineering
Title : Oxidation Stability of Palm-Jatropha-Castor Biodiesel and Its Effects on Emission Characteristics

This research has two goals. The first is study of the blending of palm-jatropha-castor biodiesel to get the best quality key properties characteristics such as oxidation stability, viscosity and cetane number. Due to Indonesian feedstock biodiesel is palm edible oil, so the interest in using jatropha curcas and ricinus communis (castor oil) as feedstock for the production of biodiesel and blend with palm biodiesel. The benefit of jatropha and castor biodiesel to increase cold flow properties of palm biodiesel. The second goal is to study oxidation stability and fatty acid effects chain length and number of double bond on emission NO_x, Carbon Monoxide, Hydro Carbon and smoke, that produced on biodiesel combustion process. The oxidation test had been controlled by accelerated conditions on palm-jatropha biodiesel blend. The result showed that the optimum quality obtainable at 60% until 100% of palm composition. Compared to the diesel fuel, biodiesel showed lower NO_x, smoke and hydrocarbon emission. And the CO emission is slightly reduced.

Key words : biodiesel, oxidation stability, viscosity, cetane number, fatty acid, emission.

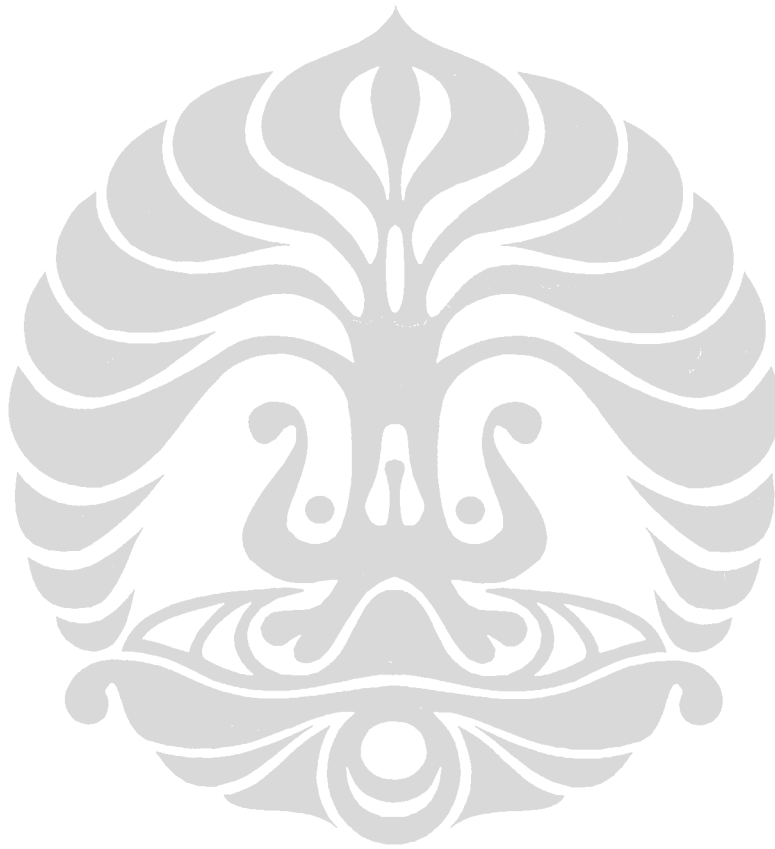
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR GRAFIK	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1. 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	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Methyl Ester (Biodiesel)	6
2.1.1 Bahan Baku Methyl Ester	6
2.1.2 Proses Pembuatan Methyl Ester (Biodiesel)	8
2.1.3 Karakteristik Sifat Kimia Fisika Bahan Bakar Mesin Diesel & Biodiesel	8
2.1.3.1 Bilangan Setana	9
2.1.3.2 Viskositas	10
2.1.3.3 Kalor Jenis	10
2.1.3.4 Densitas	10
2.1.3.5 Kecenderungan Timbulnya Tumpukan Wax	10
2.1.3.6 Kadar Sulfur	11
2.1.3.7 Flash Point	11
2.2 Formulasi Campuran Biodiesel	14
2.2.1 Viskositas Campuran	14
2.2.2 Bilangan Setana	15
2.2.3 Titik Pengkabutan (<i>Cloud Point</i>)	15
2.2.4 Lubrisitas	16
2.3 Stabilitas Oksidasi	16
2.3.1 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Kecepatan Oksidasi	19
2.3.2 Parameter Untuk Analisa Kerusakan Minyak	20
2.4 Emisi Gas Buang Pada Motor Diesel	21
2.4.1 Pembentukan Karbon Monoksida (CO)	22
2.4.2 Pembentukan Hidrokarbon (HC)	22
2.4.3 Pembentukan Nitrogen Oksida (NO _x)	23
2.4.4 Pembentukan Partikulat (<i>Particulate Matter</i>)	24
2.4.5 Pembentukan Emisi Asap (<i>Smoke</i>)	25

BAB 3. METODE PENELITIAN	26
3.1 Tempat Penelitian	26
3.2 Bahan Baku	26
3.3 Rancangan Pengujian	26
3.3.1 Analisa Asam Lemak Menggunakan GC MS	26
3.3.2 Pencampuran (<i>Blending</i> Biodiesel)	27
3.3.3 Uji Stabilitas Oksidasi	28
3.3.4 Perhitungan Bilangan Setana	29
3.3.5 Uji Emisi Pada <i>Ricardo Hydra Research Engine</i>	30
3.4 Pengolahan Data	31
BAB 4. HASIL DAN ANALISA	32
4.1 Analisa Asam Lemak	32
4.2 Analisa Sifat Kimia Fisik Biodiesel	33
4.3 Hasil Uji Stabilitas Oksidasi	34
4.3.1 Analisa Viskositas Biodiesel Sawit- <i>Jatropha</i>	35
4.3.2 Analisa TAN Biodiesel Sawit- <i>Jatropha</i>	36
4.3.3 Analisa PV Biodiesel Sawit- <i>Jatropha</i>	37
4.3.4 Analisa Viskositas Biodiesel Sawit- <i>Jatropha-Castor</i>	39
4.3.5 Analisa TAN Biodiesel Sawit- <i>Jatropha-Castor</i>	40
4.3.6 Analisa PV Biodiesel Sawit- <i>Jatropha-Castor</i>	41
4.4 Analisa Bilangan Setana	42
4.5 Analisa Emisi Gas Buang	46
4.5.1 Analisa Emisi NO _x	48
4.5.2 Analisa Emisi HC	50
4.5.3 Analisa Emisi CO	52
4.5.4 Analisa Emisi <i>Smoke</i>	52
BAB 5. KESIMPULAN	54
DAFTAR REFERENSI	56
LAMPIRAN	

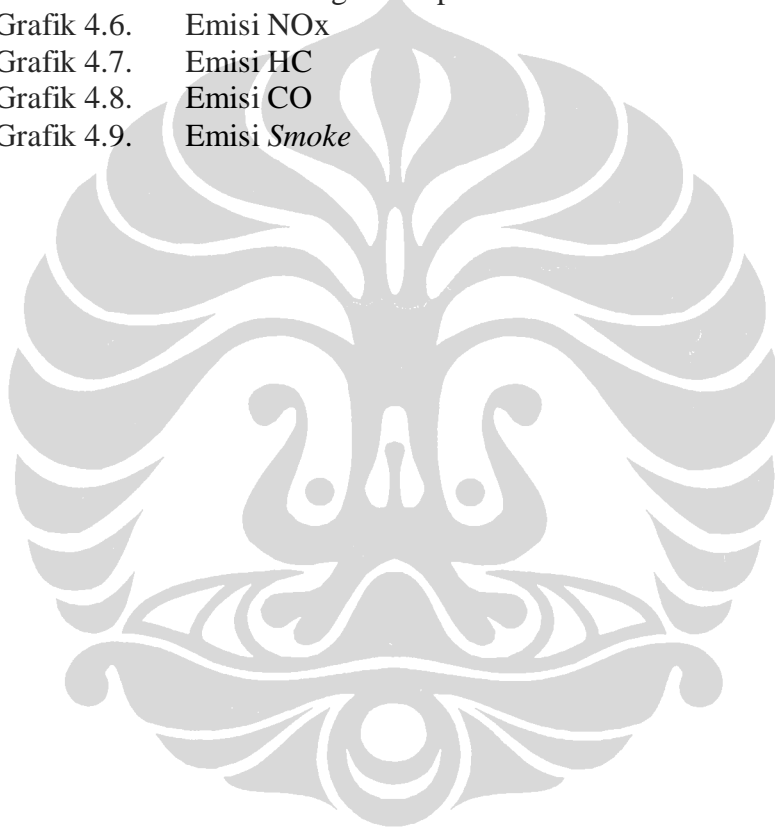
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Proses Transesterifikasi	8
Gambar 2.2.	Proses Oksidasi Pada Minyak	16
Gambar 2.3.	Reaksi Pembentukan Peroksida	18
Gambar 2.4.	Contoh Kerusakan Karena Pemakaian Biodiesel Yang Mempunyai Stabilitas Oksidasi Dibawah Standar	21
Gambar 2.4.	Pembentukan <i>Soot Particle</i>	25
Gambar 3.1.	Rangkaian Peralatan <i>Accelerated Oxidation Stability Test</i>	29



DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1.	Komposisi Asam Lemak Biodiesel	32
Grafik 4.2.	Viskositas Campuran Biodiesel Sawit- <i>Jatropha</i> Hasil Uji Stabilitas Oksidasi	35
Grafik 4.3.	TAN Campuran Biodiesel Sawit- <i>Jatropha</i> Hasil Uji Stabilitas Oksidasi	37
Grafik 4.4.	PV Campuran Biodiesel Sawit- <i>Jatropha</i> Hasil Uji Stabilitas Oksidasi	38
Grafik 4.5.	Hubungan Bilangan Setana dan Komposisi Biodiesel Pada Berbagai Temperatur	46
Grafik 4.6.	Emisi NOx	50
Grafik 4.7.	Emisi HC	51
Grafik 4.8.	Emisi CO	52
Grafik 4.9.	Emisi <i>Smoke</i>	53



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Karakteristik Solar	11
Tabel 2.2.	Standar Biodiesel Indonesia	12
Tabel 2.3.	Properties Biodiesel Komponen Penyusun Campuran & Standar Kualitas SNI	12
Tabel 2.4.	Komposisi Asam Lemak Sawit, <i>Jatropha</i> , Dan <i>Castor</i>	14
Tabel 2.5.	Rumus Prediksi Bilangan Setana	15
Tabel 3.1.	Program Oven Temperatur GC	27
Tabel 3.2	Komposisi Blending Biodiesel Sawit- <i>Jatropha</i>	28
Tabel 3.3	Komposisi Blending Biodiesel Sawit- <i>Jatropha-Castor</i>	28
Tabel 4.1.	Komposisi Asam Lemak Biodiesel	32
Tabel 4.2	Spesifikasi Biodiesel	33
Tabel 4.3	Viskositas Campuran Biodiesel Sawit- <i>Jatropha</i> Hasil Uji Stabilitas Oksidasi	35
Tabel 4.4	TAN Campuran Biodiesel Sawit- <i>Jatropha</i> Hasil Uji Stabilitas Oksidasi	36
Tabel 4.5	PV Campuran Biodiesel Sawit- <i>Jatropha</i> Hasil Uji Stabilitas Oksidasi	38
Tabel 4.6	Viskositas Campuran Biodiesel Sawit- <i>Jatropha-Castor</i> Hasil Uji Stabilitas Oksidasi	39
Tabel 4.7	TAN Campuran Biodiesel Sawit- <i>Jatropha-Castor</i> Hasil Uji Stabilitas Oksidasi	40
Tabel 4.8	PV Campuran Biodiesel Sawit- <i>Jatropha-Castor</i> Hasil Uji Stabilitas Oksidasi	41
Tabel 4.9	Data Bilangan Setana Asam Lemak	42
Tabel 4.10	Data Perhitungan Bilangan Setana Biodiesel	43
Tabel 4.11	Prediksi Viskositas Pada Berbagai Temperatur	44
Tabel 4.12	Prediksi Bilangan Setana Pada Berbagai Temperatur	45
Tabel 4.13	Setting Pengujian SIT	47
Tabel 4.14	SIT Optimum Sebagai Referensi Perbandingan Bahan Bakar	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Prosedur Analisa Viskositas	59
Lampiran 2.	Prosedur Analisa Total Acid Number	61
Lampiran 3.	Prosedur Analisa Bilangan Peroksida	63
Lampiran 4.	Program Matlab	65
Lampiran 5.	Kromatogram GC	68
Lampiran 6.	Analisa HFRR	72
Lampiran 7.	Data Emisi	73
Lampiran 8.	Peralatan Proses Transesterifikasi & Oksidasi	75
Lampiran 9.	Peralatan di Engine Test Cell 1	79

