

**ANALISIS *LIFE CYCLE***  
**BIODIESEL BERBAHAN BAKU MINYAK SAWIT /**  
**CPO**  
**DI INDONESIA**

**TESIS**

Oleh:

Dadan Nugraha

NPM. 640406005Y



**PROGRAM PASCA SARJANA**  
**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS INDONESIA**

**GENAP 2006/2007**



## PERNYATAAN KEASLIAN THESIS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Thesis dengan judul:

ANALISIS *LIFE CYCLE* BIODIESEL BERBAHAN BAKU MINYAK SAWIT /  
CPO DI INDONESIA

Yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari thesis yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan/magister di lingkungan Universitas Indonesia maupun di perguruan tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, Mei 2007

(Dadan Nugraha)

NPM. 640406005Y



## PERSETUJUAN

Thesis dengan Judul:

**ANALISIS *LIFE CYCLE***  
**BIODIESEL BERBAHAN BAKU MINYAK SAWIT / CPO**  
**DI INDONESIA**

Dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan telah disetujui dalam sidang Thesis.

Depok, Juni 2007  
Dosen Pembimbing,

(DR. Ir. Asep Handaya Saputra, M.Eng.)



## ABSTRAK

Indonesia memiliki potensi CPO yang sangat besar. Salah satu solusi menghadapi krisis BBM serta permasalahan kualitas udara akibat emisi adalah pemanfaatan CPO sebagai bahan baku biodiesel. Telah dilakukan analisis *life cycle* biodiesel berbahan baku CPO di Indonesia tahun 2010 dengan model di kota Medan, Jakarta, Bandung, dan Surabaya. Analisis *life cycle* dibatasi pada proses transportasi CPO, produksi biodiesel, transportasi biodiesel, dan transportasi campuran biodiesel (B-5); sehingga diperoleh data efisiensi energi *life cycle* dan rasio energi fosil (REF). Untuk menghitung nilai REF dibuat tiga model: (1) transportasi CPO, produksi biodiesel, transportasi biodiesel dan transportasi B-5 menggunakan bahan bakar 100% solar (B-0); (2) transportasi CPO, produksi biodiesel, transportasi biodiesel dan transportasi B-5 menggunakan bahan bakar campuran 95% solar dan 5% biodiesel (B-5); dan (3) transportasi CPO, transportasi biodiesel dan transportasi B-5 menggunakan bahan bakar B-5, sedangkan produksi biodiesel menggunakan 100% biodiesel (B-100).

Hasil simulasi menunjukkan bahwa efisiensi energi *life cycle* paling tinggi diperoleh di Bandung (33%), diikuti oleh Jakarta (32%), Medan (26%), dan Surabaya (21%). Secara keseluruhan (nasional) energi efisiensi *life cycle* adalah 27%. Dari ketiga model yang digunakan pada umumnya nilai REF < 1. Hal ini menunjukkan bahwa biodiesel adalah bahan bakar “non renewable”. Nilai REF > 1 yang berarti biodiesel “renewable” ditunjukkan pada model 3 di wilayah Jakarta dan Bandung, masing-masing 1,19 dan 1,89.



## ABSTRACT

Indonesia has very big potential of Palm Oil (CPO). Use the palm oil biodiesel as fuel is a solution for fossil fuel crisis and air pollution because of emission problem. Life cycle analysis (LCA) of palm oil biodiesel in Indonesia at 2010 was studied with models of Medan, Jakarta, Bandung, and Surabaya's case. Scope of LCA studies are CPO transportation, biodiesel production, biodiesel transportation, and biodiesel mix (B-5); to get the energy efficiency life cycle models and fossil energy ratio (FER). There are three models to count FER value: (1) CPO transportation, biodiesel production, biodiesel transportation and B-5 transportation process used 100% fossil fuel (B-0); (2) CPO transportation, biodiesel production, biodiesel transportation and B-5 transportation process used mixed fuel of 95% fossil diesel oil and 5% biodiesel (B-5); and (3) CPO transportation biodiesel transportation and B-5 transportation process used B-5, biodiesel production process used 100% biodiesel fuel (B-100).

Result of simulation showed the highest energy efficiency life cycle was in Bandung (33%), followed by Jakarta (32%), Medan (26%), and Surabaya (21%). From the three models, usually FER value  $< 1$  or palm oil biodiesel is non renewable fuel. FER value  $> 1$  mean palm oil biodiesel is renewable fuel showed by third model for Jakarta and Bandung, each 1,19 and 1,89.



## KATA PENGANTAR

Merupakan satu anugerah yang sangat besar bagi penulis, dapat menyelesaikan penyusunan laporan Thesis dengan judul “Analisis *Life Cycle* Biodiesel Berbahan Baku Minyak Sawit / CPO di Indonesia”. Karena itu, puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan anugerah-Nya.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Program Rintisan Gelar Kementerian Negara Riset dan Teknologi yang memberikan kesempatan dan dukungan dana dalam menempuh program pasca sarjana di Dep. Teknik Kimia Fakultas Teknik UI.
2. Dr.Ir. Asep Handaya Saputera, M.Eng; atas semua bimbingannya dalam penyusunan thesis ini. Semoga Allah membalas segala kebaikan Bapak.
3. Pimpinan (Drs. Fajar Suprpto, M.Sc.) dan seluruh rekan kerja di Asdep Program Riptek daerah KNRT ; atas dukungan dan support yang tulus.
4. Isteri (Arti Juwita) serta anak-anak tercinta (Adara dan Aqil). Kalian adalah motivator terbesar.
5. Semua pihak yang langsung maupun tidak langsung mendukung kelancaran proses penelitian.

Depok, Juni 2007

Penulis



## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR TABEL .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vi
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Batasan Masalah .....	5
1.5. Sistematika .....	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1. Biodiesel .....	7
2.2. Potensi minyak sawit sebagai bahan baku biodiesel .....	9
2.3. Teknik Produksi Biodiesel .....	11
2.4. <i>Life Cycle Assasement</i> (LCA) .....	16
2.5. Keseimbangan Energi <i>Life Cycle</i> .....	17
BAB III. METODA PENELITIAN .....	20
3.1. Tahapan Penelitian .....	20
3.2. Diagram Alir Penelitian .....	22
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	24
4.1. Kebutuhan Biodiesel .....	24
4.2. Produksi dan Kebutuhan CPO sebagai bahan baku biodiesel ....	25
4.3. Produksi Biodiesel Nasional .....	27
4.4. Transportasi CPO ke Pabrik Biodiesel .....	29
4.4.1. Lokasi Pabrik Biodiesel .....	29
4.4.2. Moda Transportasi .....	30
4.4.3. Analisis <i>Life Cycle</i> proses transportasi CPO .....	31



4.5. Konversi CPO menjadi Biodiesel .....	33
4.5.1. Proses pembuatan biodiesel .....	34
4.5.1.1. Penyiapan bahan baku .....	31
4.5.1.2. Reaksi transesterifikasi .....	36
4.5.1.3 Pemurnian metil ester .....	39
4.5.1.4. Pemurnian gliserol .....	43
4.5.2. Overall input dari fasilitas produksi biodiesel .....	45
4.5.3. Overall output dari fasilitas produksi biodiesel .....	46
4.5.4. Analisis <i>life cycle</i> konversi CPO menjadi Biodiesel ...	46
4.6. Pengangkutan Biodiesel ke Tempat Pencampuran B-5 .....	47
4.6.1. Moda transportasi .....	47
4.6.2. Analisis <i>Life cycle</i> Transportasi Biodiesel ke Tempat Pencampuran .....	48
4.7. Transportasi B-5 ke SPBU .....	49
4.7.1. Moda Transportasi .....	49
4.7.2. Analisis <i>Life cycle</i> Transportasi B-5 ke SPBU .....	50
4.8. Perhitungan Efisiensi Energi <i>Life Cycle</i> dan Rasio Energi Fosil (REF)	51
4.8.1. Efisiensi Energi <i>Life Cycle</i> .....	51
4.8.2. Rasio Energi Fosil (REF) .....	52
BAB V. KESIMPULAN .....	57
DAFTAR PUSTAKA .....	60
LAMPIRAN .....	61





## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1.	Kebutuhan minyak solar total dan sektor transportasi nasional tahun 1995-2010 .....	2
Tabel 2.1.	Syarat Mutu Biodiesel SNI 04-7182-2006 .....	6
Tabel 2.2.	Sebaran produksi Minyak Sawit di Setiap Propinsi tahun 2003 .....	10
Tabel 4.1.	Estimasi Kebutuhan Biodiesel sebagai bahan substitusi B-5 di Medan, Jakarta, Bandung dan Surabaya Tahun 2010 .....	25
Tabel 4.2.	PT Perkebunan Nusantara (PTPN) penghasil CPO .....	26
Tabel 4.3.	Kebutuhan CPO sebagai bahan baku biodiesel sektor transportasi .....	27
Tabel 4.4.	Pabrik Biodiesel di Indonesia .....	28
Tabel 4.5.	Industri Biodiesel sebagai Pemasok Biodiesel untuk Sektor Transportasi di Medan, Jakarta, Bandung, dan Surabaya .....	29
Tabel 4.6.	Jarak dari pabrik CPO ke pabrik biodiesel .....	31
Tabel 4.7.	Hasil analisis life cycle Transportasi CPO per wilayah .....	32
Tabel 4.8.	Komposisi akhir CPO setelah proses degumming .....	35
Tabel 4.9.	Kebutuhan steam untuk proses degumming .....	36
Tabel 4.10	Total energi primer dan energi fosil yang diperlukan pada tahapan degumming CPO .....	37
Tabel 4.11	Kebutuhan steam pada proses transesterifikasi .....	38
Tabel 4.12	Total energi primer dan energi fosil yang diperlukan pada tahapan esterifikasi CPO menjadi biodiesel .....	39
Tabel 4.13.	Komposisi biodiesel hasil pemurnian .....	41
Tabel 4.14.	Kebutuhan steam pada proses pemurnian biodiesel .....	41
Tabel 4.15	Total energi primer dan energi fosil yang diperlukan pada tahapan pemurnian biodiesel .....	42
Tabel 4.16	Total energi primer dan energi fosil yang diperlukan pada tahapan pemurnian gliserol .....	44
Tabel 4.17.	Input bahan baku pada pabrik biodiesel .....	45
Tabel 4.18.	Produk yang dihasilkan dari pabrik biodiesel .....	46
Tabel 4.19.	Hasil analisis life cycle konversi CPO menjadi biodiesel .....	46
Tabel 4.20.	Jarak pengangkutan Biodiesel ke tempat pencampuran .....	47
Tabel 4.22	Hasil analisis life cycle Transportasi Biodiesel per wilayah ...	49



Tabel 4.23.	Jumlah SPBU serta jarak rata-rata dari Depo .....	50
Tabel 4.24.	Hasil analisis <i>life cycle</i> Transportasi Biodiesel per wilayah ...	51
Tabel 4.25	Rekapitulasi Total Energi Primer dari seluruh tahapan <i>life cycle</i> di setiap wilayah .....	51
Tabel 4.26.	Nilai Efisiensi Energi <i>Life Cycle</i> di setiap wilayah .....	53
Tabel 4.27	Rekapitulasi energi fosil yang digunakan pada setiap tahapan <i>life cycle</i> di setiap wilayah, jika digunakan model 1 .....	54
Tabel 4.28	Nilai Rasio Energi Fosil per wilayah dengan model 1 .....	55
Tabel 4.29.	Rekapitulasi energi fosil yang digunakan pada setiap tahapan <i>life cycle</i> di setiap wilayah, jika digunakan model 2 .....	55
Tabel 4.30	Nilai Rasio Energi Fosil per wilayah dengan model 2 .....	56
Tabel 4.31	Rekapitulasi energi fosil yang digunakan pada setiap tahapan <i>life cycle</i> di setiap wilayah, jika digunakan model 3 .....	56
Tabel 4.32	Nilai Rasio Energi Fosil per wilayah dengan model 3 .....	57



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Estimasi Produksi dan Konsumsi CPO Indonesia Tahun 1997-2009	8
Gambar 2.2.	Mekanisme reaksi produksi biodiesel	11
Gambar 2.3.	Diagram alir proses produksi biodiesel dari minyak sawit	13
Gambar 2.6.	Model <i>life cycle</i> biodiesel sawit	17
Gambar 4.1.	Overview proses konversi minyak menjadi biodiesel	33
Gambar 4.2.	Proses degumming bahan baku CPO	35
Gambar 4.3.	Proses transesterifikasi pada produksi biodiesel	38
Gambar 4.4.	Proses pemurnian methyl ester (biodiesel)	40
Gambar 4.5.	Proses pemurnian gliserol	43

