

***LIFE CYCLE ASSESSMENT PADA PROSES PRODUKSI
MULTI FEEDSTOCK BIODIESEL DARI MINYAK
JELANTAH, MINYAK KELAPA SAWIT MENTAH DAN
MINYAK RAPESEED MENTAH***



TESIS

**Untuk Memenuhi sebagai persyaratan
Mencapai derajat Magister S-2 pada
Program Studi Ilmu Lingkungan**

**Yoyon Wahyono
30000118410020**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
FAKULTAS SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2019**

TESIS

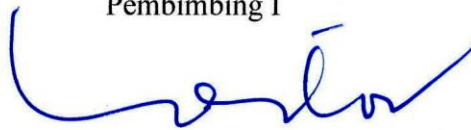
***LIFE CYCLE ASSESSMENT* PADA PROSES PRODUKSI
MULTI FEEDSTOCK BIODIESEL DARI MINYAK JELANTAH, MINYAK
KELAPA SAWIT MENTAH DAN MINYAK RAPESEED MENTAH**

Disusun oleh

Yoyon Wahyono
30000118410020

Mengetahui,
Komisi Pembimbing

Pembimbing I



Prof. Dr. Hadiyanto, S.T., M.Sc
NIP. 19751028 199903 1 004

Dekan



Dr. R.B. Sularto, S.H., M.Hum.
NIP. 19670101 199103 1 005

Ketua Program Studi
Magister Ilmu Lingkungan
Universitas Diponegoro



Prof. Dr. Hadiyanto, S.T., M.Sc
NIP. 19751028 199903 1 004

HALAMAN PENGESAHAN

**LIFE CYCLE ASSESSMENT PADA PROSES PRODUKSI
MULTI FEEDSTOCK BIODIESEL DARI MINYAK
JELANTAH, MINYAK KELAPA SAWIT MENTAH DAN
MINYAK RAPESEED MENTAH**

Disusun oleh :

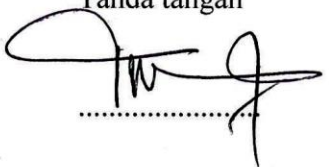
Yoyon Wahyono
30000118410020

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada Tanggal 23 Agustus 2019
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Ketua

Prof. Dr. Widayat, S.T., M.T.

Tanda tangan



Anggota

1. Dr. Ing. Sudarno, S.T., M.Sc.

2. Mochamad Arief Budihardjo, S.T, M.Eng, Env.Eng, Ph.D

3. Prof. Dr. Hadiyanto, S.T., M.Sc



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini penulis, **Yoyon Wahyono** menyatakan bahwa Tesis yang berjudul “*Life Cycle Assessment* pada Proses Produksi *Multi Feedstock* Biodiesel dari Minyak Jelantah, Minyak Kelapa Sawit Mentah dan Minyak Rapeseed Mentah” adalah benar-benar karya asli yang penulis buat sendiri dan karya ilmiah/tesis ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar Magister (S2) di Universitas Diponegoro maupun perguruan tinggi lainnya.

Semua informasi yang dimuat dalam Tesis ini yang berasal dari karya orang lain, baik yang dipublikasikan atau tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar dan semua isi dari Tesis ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Semarang, 5 Agustus 2019



Yoyon Wahyono

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir/Tesis dengan judul “*Life Cycle Assessment* pada Proses Produksi *Multi Feedstock* Biodiesel dari Minyak Jelantah, Minyak Kelapa Sawit Mentah dan Minyak Rapeseed Mentah” dapat diselesaikan.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini, yaitu :

1. Prof. Dr. Hadiyanto, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing atas arahan, kritik serta sarannya selama penelitian dan penyusunan tesis.
2. Prof. Dr. Widayat, S.T., M.T., Dr. Ing. Sudarno, S.T., M.Sc., dan Mochamad Arief Budihardjo, S.T., M.Eng, Env.Eng, Ph.D atas arahan selaku dosen penguji.
3. Orang tua dan segenap keluarga yang selalu memberikan doa dan dukungan.
4. Semua pihak yang telah membantu terutama teman-teman Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro angkatan 53, 54 dan 55 dalam penelitian dan penyusunan tesis ini.
5. Direktorat Jenderal Sumber Daya Ilmu Pengetahuan, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi - Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan beasiswa kepada penulis melalui program Pendidikan Magister Menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU).

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tesis masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan tesis. Semoga tesis ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang ilmu lingkungan.

Semarang, 5 Agustus 2019

Penulis

RIWAYAT PENULIS



Yoyon Wahyono, lahir di Purnama pada tanggal 27 Oktober 1994. Anak keempat dari lima bersaudara pasangan Bapak Sarimin dan Ibu Rodiyah. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDN 007 Dumai tahun 2007, SMPN 7 Dumai tahun 2010, SMAN Binaan Khusus Dumai tahun 2013 dan pada tahun yang sama penulis diterima di Program Studi S1-Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro melalui tes SBMPTN. Kemudian pada tahun 2017 penulis mendapatkan gelar Sarjana Sains di Universitas Diponegoro dengan IPK 3.52. Penulis melanjutkan pendidikan S-2 dan diterima di Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro pada bulan Agustus 2018 melalui jalur reguler. Tesis yang disusun penulis sebagai syarat menempuh program S-2 adalah “*Life Cycle Assessment* pada Proses Produksi *Multi Feedstock* Biodiesel dari Minyak Jelantah, Minyak Kelapa Sawit Mentah dan Minyak Rapeseed Mentah”.

DAFTAR ISI

TESIS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
RIWAYAT PENULIS.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan.....	5
1.4. Manfaat.....	6
1.5. Penelitian Terdahulu dan Keaslian Penelitian.....	6
1.6 Kerangka Pemikiran Penelitian.....	23
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	25
2.1. Biofuel.....	25
2.2. Biodiesel.....	25
2.3. Perbandingan Biodiesel dan Diesel.....	25
2.4 Single Feedstock dan Multi Feedstock Biodiesel.....	26
2.5 Life Cycle Assessment (LCA).....	27
2.6 Greenhouse Gas Protocol.....	30
2.7 Perhitungan dari Input Energi Hingga Mendapatkan Satuan kg CO ₂ eq.....	30
2.8 Keterkaitan Penelitian dengan Dasar Hukum di Indonesia.....	33
BAB III. METODE PENELITIAN.....	35
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	35
3.2 Goal and Scope.....	35
3.3 Inventory.....	41
3.4 Impact Assessment.....	43

3.5 Interpretation.....	43
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1 Carbon Footprint Produksi WCO Biodiesel.....	44
4.2 Carbon Footprint Produksi CPO Biodiesel.....	46
4.3 Carbon Footprint Produksi CRO Biodiesel.....	49
4.4 Carbon Footprint Produksi Multi Feedstock Biodiesel Skenario 1.....	51
4.5 Carbon Footprint Multi Feedstock Biodiesel Skenario 2.....	56
4.6 Carbon Footprint Multi Feedstock Biodiesel Skenario 3.....	61
4.7 Total Carbon Footprint Single Feedstock dan Multi Feedstock Biodiesel.....	67
4.8 Rekomendasi.....	67
4.9 Aspek Abiotik, Biotik dan Kultural pada Penelitian.....	68
BAB V. KESIMPULAN.....	75
5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA.....	77
LAMPIRAN.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Penelitian Terdahulu.....	7
Tabel 2.1. Perbandingan karakteristik biodiesel dan diesel.....	26
Tabel 2.2. Penilaian dampak daur hidup (LCIA) bagian 1.....	31
Tabel 2.3. Penilaian dampak daur hidup (LCIA) bagian 2.....	32
Tabel 2.4. Penilaian dampak daur hidup (LCIA) bagian 3.....	32
Tabel 3.2. Inventori data produksi biodiesel dari minyak jelantah.....	41
Tabel 3.3. Inventori data produksi biodiesel dari minyak sawit.....	42
Tabel 3.4. Inventori data produksi biodiesel dari minyak rapeseed.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Kerangka pemikiran penelitian.....	23
Gambar 2.1. Kerangka LCA menurut ISO 14040: 2006.....	28
Gambar 3.1. System boundary produksi 1 ton WCO biodiesel.....	35
Gambar 3.2. System boundary produksi 1 ton CPO biodiesel.....	35
Gambar 3.3. System boundary produksi 1 ton CRO biodiesel.....	36
Gambar 3.4. System boundary produksi 0.4 ton WCO biodiesel.....	36
Gambar 3.5. System boundary produksi 0.3 ton CPO biodiesel.....	37
Gambar 3.6. System boundary produksi 0.3 ton CRO biodiesel.....	37
Gambar 3.7. System boundary produksi 1 ton multi feedstock biodiesel skenario 1.....	37
Gambar 3.8. System boundary produksi 0.6 ton WCO biodiesel.....	38
Gambar 3.9. System boundary produksi 0.2 ton CPO biodiesel.....	38
Gambar 3.10. System boundary produksi 0.2 ton CRO biodiesel.....	39
Gambar 3.11. System boundary produksi 1 ton multi feedstock biodiesel skenario 2.....	39
Gambar 3.12. System boundary produksi 0.8 ton WCO biodiesel.....	39
Gambar 3.13. System boundary produksi 0.1 ton CPO biodiesel.....	40
Gambar 3.14. System boundary produksi 0.1 ton CRO biodiesel.....	40
Gambar 3.15. System boundary produksi 1 ton multi feedstock biodiesel skenario 3.....	40
Gambar 4.1. Carbon footprint produksi WCO sampai esterifikasi untuk memproduksi 1.045 ton WCO Esterified Oil.....	45
Gambar 4.2. Carbon footprint transesterifikasi untuk memproduksi 1 ton WCO Biodiesel.....	46
Gambar 4.3. Carbon footprint produksi CPO sampai degumming untuk memproduksi 1.28 ton CPO tanpa getah.....	48
Gambar 4.4. Carbon footprint transesterifikasi untuk memproduksi 1 ton CPO Biodiesel.....	49
Gambar 4.5. Carbon footprint produksi CRO sampai degumming untuk memproduksi 1.02 ton CRO tanpa getah.....	50
Gambar 4.6. Carbon footprint transesterifikasi untuk memproduksi 1 ton CRO Biodiesel.....	51

Gambar 4.7. Carbon footprint produksi WCO sampai esterifikasi untuk memproduksi 0.418 ton WCO Esterified Oil.....	52
Gambar 4.8. Carbon footprint produksi CPO sampai degumming untuk memproduksi 0.384 ton CPO tanpa getah.....	53
Gambar 4.9. Carbon footprint produksi CRO sampai degumming untuk memproduksi 0.306 ton CRO tanpa getah.....	54
Gambar 4.10. Carbon footprint transesterifikasi untuk memproduksi 1 ton multi feedstock biodiesel skenario 1.....	54
Gambar 4.11. Carbon footprint produksi WCO sampai esterifikasi untuk memproduksi 0.627 ton WCO Esterified Oil.....	57
Gambar 4.12. Carbon footprint produksi CPO sampai degumming untuk memproduksi 0.256 ton CPO tanpa getah.....	58
Gambar 4.13. Carbon footprint produksi CRO sampai degumming untuk memproduksi 0.204 ton CRO tanpa getah.....	59
Gambar 4.14. Carbon footprint transesterifikasi untuk memproduksi 1 ton multi feedstock biodiesel skenario 2.....	59
Gambar 4.15. Carbon footprint produksi WCO sampai esterifikasi untuk memproduksi 0.836 ton WCO Esterified Oil.....	62
Gambar 4.16. Carbon footprint produksi CPO sampai degumming untuk memproduksi 0.128 ton CPO tanpa getah.....	63
Gambar 4.17. Carbon footprint produksi CRO sampai degumming untuk memproduksi 0.102 ton CRO tanpa getah.....	64
Gambar 4.18. Carbon footprint transesterifikasi untuk memproduksi 1 ton multi feedstock biodiesel skenario 3.....	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Langkah-langkah Menggunakan Software SimaPro 8.4.0.0 Faculty Version pada Penelitian ini.....	84
--	----

ABSTRAK

Studi ini menilai siklus hidup produksi *single feedstock* dan *multi feedstock* biodiesel dari minyak jelantah (WCO), minyak sawit mentah (CPO) dan minyak rapeseed mentah (CRO). Tahap LCA didasarkan pada ISO 14040 yaitu menentukan tujuan dan ruang lingkup, inventaris, penilaian dampak, dan interpretasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan produksi biodiesel *carbon footprint* dari *single feedstock* dan *multi feedstock* biodiesel dari WCO, CPO dan CRO. Penelitian ini memfasilitasi dan memanfaatkan Greenhouse Gas Protocol V1.02 sebagai metode penilaian dampak siklus hidup yang menampilkan 4 kategori dampak: CO₂eq fosil, CO₂eq biogenik, CO₂eq dari transformasi lahan, dan penyerapan CO₂. Hasil penelitian menunjukkan total pencemaran CO₂ pada unit proses esterifikasi untuk memproduksi 1.045 ton WCO *esterified oil* adalah sebesar 0.188 ton CO₂eq dan transesterifikasi untuk memproduksi 1 ton WCO biodiesel adalah 0.589 ton CO₂eq. Total pencemaran CO₂ pada unit proses *degumming* untuk memproduksi 1.28 CPO tanpa getah adalah sebesar 0.124 ton CO₂eq dan transesterifikasi untuk memproduksi 1 ton CPO biodiesel adalah 0.612 ton CO₂eq. Total pencemaran CO₂ pada unit proses *degumming* untuk memproduksi 1.02 ton CRO tanpa getah adalah 0.00778 ton CO₂eq dan transesterifikasi untuk memproduksi 1 ton CRO biodiesel adalah 0.204 ton CO₂eq. Jumlah total pencemaran CO₂ pada proses transesterifikasi untuk memproduksi 1 ton *multi feedstock* biodiesel skenario 1, skenario 2 dan skenario 3 secara berurutan adalah 0.48 ton CO₂eq, 0.516 ton CO₂eq, dan 0.552 ton CO₂eq. Jadi, dapat disimpulkan produksi *single feedstock* CPO biodiesel menghasilkan *carbon footprint* yang bernilai positif pada unit proses *degumming* CPO dan transesterifikasi untuk memproduksi CPO biodiesel yang merugikan lingkungan. *Multi feedstock* biodiesel skenario 3 menjadi pilihan yang terbaik karena lebih ramah lingkungan dibandingkan *single feedstock* CPO biodiesel, *multi feedstock* biodiesel skenario 1 dan 2. Rekomendasi dari penulis yaitu pengangkutan WCO tidak menggunakan transportasi berbahan bakar diesel, pembukaan perkebunan sawit tidak melalui pembakaran hutan, dan pembukaan perkebunan rapeseed tidak melalui pembakaran hutan

Kata Kunci: Biodiesel, *Carbon Footprint*, LCA, *Multi Feedstock*

ABSTRACT

This study assesses the life cycle of the production of single feedstock and multi feedstock biodiesel from waste cooking oil (WCO), crude palm oil (CPO) and crude rapeseed oil (CRO). The LCA stage is based on ISO 14040, which determines the purpose and scope, inventory, impact assessment, and interpretation. The purpose of this study is to compare the carbon footprint of biodiesel production from single feedstock and multi feedstock biodiesel from WCO, CPO, and CRO. This research facilitates and utilizes the Greenhouse Gas Protocol VI.02 as a life cycle impact assessment method, shows 4 impact categories that are fossil CO₂eq, biogenic CO₂eq, CO₂eq from land transformation, and CO₂ uptake. The results showed that total CO₂ pollution in the esterification process unit to produce 1,045 tons of WCO esterified oil was 0.188 tons CO₂eq and transesterification to produce 1 ton of WCO biodiesel was 0.589 tons CO₂eq. Total CO₂ pollution in the degumming process unit to produce 1.28 CPO without gum is 0.124 tons CO₂eq and transesterification to produce 1 ton of CPO biodiesel is 0.612 tons CO₂eq. Total CO₂ pollution in the degumming process unit to produce 1.02 tons of CRO without gum is 0.00778 tons CO₂eq and transesterification to produce 1 ton of CRO biodiesel is 0.204 tons CO₂eq. The total amount of CO₂ pollution in the transesterification process to produce 1 ton of multi-feedstock biodiesel skenario 1, skenario 2, and skenario 3 are 0.48 tons CO₂eq, 0.516 tons CO₂eq, and 0.552 tons CO₂eq. So, it can be concluded that the production of single feedstock CPO biodiesel produces a positive carbon footprint on the CPO degumming process unit and transesterification to produce CPO biodiesel which hurts the environment. Multi feedstock biodiesel skenario 3 is the best choice because it is more environmentally friendly compared to single feedstock CPO biodiesel, multi feedstock biodiesel skenario 1, and 2. Recommendation from the author is that transportation of WCO does not use diesel fuel transportation, the opening of oil palm plantations does not go through forest burning, and the opening of rapeseed plantations does not involve burning forests.

Keyword: Biodiesel, Carbon Footprint, LCA, Multi Feedstock