



PENILAIAN DAUR HIDUP (*LIFE CYCLE ASSESSMENT*) PRODUKSI *FATTY ACID* DARI *CRUDE PALM KERNEL OIL (CPKO)*

PUSPA MAHARDHIKA



**TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
IPB UNIVERSITY
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan Ini saya menyatakan bahwa tesis dengan Judul “Penilaian Daur Hidup (*Life Cycle Assessment*) Produksi *Fatty Acid* dari *Crude Palm Kernel Oil* (CPKO)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Februari 2024

Puspa Mahardhika
F3501212030

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

PUSPA MAHARDHIKA. Penilaian Daur Hidup (*Life Cycle Assessment*) Produksi *Fatty acid* dari *Crude Palm Kernel Oil* (CPKO). Dibimbing oleh SUPRIHATIN dan MOHAMAD YANI.

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peran cukup penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia. Indonesia merupakan produsen utama minyak sawit dunia dengan produksi mencapai 51,2 juta ton. Jumlah itu terdiri produksi *crude palm kernel oil* (CPKO) sebesar 4,5 juta ton pada tahun 2022. Produksi turunan minyak sawit berupa *crude palm kernel oil* (CPKO) merupakan bahan baku dalam pembuatan minyak goreng, *oleochemical*, sabun, margarin dan bahan baku utama untuk menghasilkan *fatty acid* pada penelitian ini yang merupakan kelompok oleokimia dasar yang dijadikan sebagai bahan baku untuk produk lain.

Secara global konsumsi produk berbasis *fatty acid* dunia saat ini tumbuh sekitar 7% per tahun dengan kapasitas produksi yang cenderung tetap selama beberapa tahun terakhir. Adapun *demand* Asia sebesar 6,6 juta ton/tahun dan Uni Eropa sebesar 1,7 juta ton/tahun terhadap *fatty acid*, namun pemenuhan kebutuhan tersebut baru mencapai 4,5 juta ton/tahun, sehingga terdapat peluang pasar *fatty acid* sebesar 3,8 juta ton/tahun sebagai upaya dalam meningkatkan perekonomian di Indonesia. Dalam persaingan pasar global, status produk dengan kinerja lingkungan yang rendah menjadi ujung tombak dalam persaingan. Kegiatan agroindustri produksi *fatty acid* memiliki potensi memberikan dampak negatif ke lingkungan seperti pencemaran terhadap air, tanah, udara, dan peningkatan emisi salah satunya *global warming potential* (GWP100). Kinerja lingkungan dari produksi *fatty acid* perlu dilakukan evaluasi untuk menuju industri yang ramah lingkungan. Penilaian kinerja lingkungan produksi *fatty acid* dilakukan dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA). *Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan sebuah metode yang digunakan untuk mengetahui jumlah energi, biaya, dan dampak lingkungan yang disebabkan oleh tahapan daur hidup produk.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis siklus hidup, aliran bahan baku dan konsumsi energi setiap tahapan proses, menganalisis besaran dampak yang dihasilkan dan menentukan skenario perbaikan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi emisi. Penelitian ini dilakukan di industri PT. X di Kota Dumai, Provinsi Riau. Tahapan metode LCA diawali dengan penentuan tujuan dan ruang lingkup, analisis inventori, analisis dampak, dan interpretasi hasil. Penentuan tujuan dan ruang lingkup menetapkan batasan sistem *gate-to-gate* yaitu produksi *fatty acid* dari CPKO. Data yang digunakan berdasarkan *input-output* dari neraca massa dan neraca energi pada produksi *fatty acid*. *Input* pada produksi *fatty acid* yaitu bahan baku, bahan pendukung, *steam*, *thermal oil heater*, dan listrik. *Output* yang dihasilkan dari aktivitas industri yaitu *fatty acid*, gliserin, limbah cair, *condensate*, dan *separated fat*. Penilaian dampak menggunakan *software* SimaPro 9.5.0.1 *faculty license* dan berdasarkan analisis CML-IA *Baseline*, terhadap *abiotic depletion potential* (ADP), *abiotic depletion potential (fossil fuels)* (ADP FF), *acidification* (AD), *eutrophication* (EP), *freshwater aquatic potential* (FAP), *global*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

warming potential (GWP100a), human toxicity potential (HTP), ozone layer depletion potential (ODP), photochemical oxidation potential (POP), dan terrestrial ecotoxicity potential (TEP).

Hasil penilaian daur hidup *fatty acid* yang dihasilkan berdasarkan ruang lingkup *gate to gate* dengan unit fungsi 1 ton *fatty acid*, menghasilkan dampak tiga teratas yaitu ADP FF, GWP100 dan HTP secara berturut-turut sebesar 9,8E3 MJ, dan 6,58E3 kg CO₂ eq, dan 655 kg 1,4-DB eq. Setelah dilakukan normalisasi menghasilkan nilai terhadap kategori dampak tiga teratas yaitu FAP, HTP dan GWP100 secara berturut-turut sebesar 2,61E-10, 2,54E-10, dan 1,57E-10. Produksi *fatty acid* menghasilkan dampak tertinggi (*hotspot*) yaitu penggunaan *input* pada penggunaan CPKO, *steam*, listrik dan *thermal oil heater*. Skenario perbaikan yang direkomendasikan yaitu peningkatan efisiensi *boiler*, substitusi bahan bakar *batubara*, dan efisiensi penggunaan bahan baku. Pada skenario peningkatan efisiensi *boiler* yaitu menggunakan *Boiler Atmospheric Fluidized Bed Combustion* (AFBC) dan meningkatkan *Gross Calorific Value* (GCV) pada batubara dapat menurunkan emisi GWP100 sebesar 6,1%. Skenario substitusi bahan bakar batubara dari jenis *brown coal* menjadi *bituminous coal* dapat menurunkan dampak FAP (97,6%), HTP (47,4%), dan GWP100 (0,49%).

Skenario efisiensi penggunaan bahan baku CPKO yaitu meningkatkan performa alat distilasi pada produksi *fatty acid*. Tujuan ini untuk mengurangi penggunaan pada CPKO, tetapi dapat mendapatkan produk dengan *yield* yang sama. Penerapan skenario ini dapat menurunkan 5,03% seluruh nilai emisi terhadap kategori dampak pada penggunaan bahan baku CPKO. Skenario perbaikan yang direkomendasikan perlu dilengkapi dengan perhitungan lebih lanjut pada aspek ekonomi untuk mengetahui tingkatan kelayakan finansial penerapan opsi-opsi tersebut.

Kata kunci: CPKO, *fatty acid*, LCA

SUMMARY

PUSPA MAHARDHIKA. Life Cycle Assessment of Fatty Acid Production from Crude Palm Kernel Oil (CPKO). Supervised by SUPRIHATIN and MOHAMAD YANI.

Palm oil is one of the plantation commodities that has a vital role in economic activities in Indonesia. Indonesia is the world's leading palm oil producer, producing 51.2 million tons. The amount consists of crude palm kernel oil (CPKO) production of 4.5 million tons in 2022. Production of palm oil derivatives in the form of crude palm kernel oil (CPKO) is a raw material in the manufacture of cooking oil, oleochemicals, soap, and margarine and the primary raw material for producing fatty acids in this study, which is a group of basic oleochemicals that are used as raw materials for other products. Globally, world consumption of fatty acid based products is growing at around 7% per year, with production capacity tending to remain flat over the past few years. The Asian demand of 6.6 million tons/per year and the European Union of 1.7 million tons/per year for fatty acids, but the fulfilment of these needs has only reached 4.5 million tons/year, so there is a fatty acid market opportunity of 3.8 million tons/year as an effort to improve the economy in Indonesia. In global market competition, the status of products with low environmental performance is at the forefront of competition.

Agroindustrial activities in fatty acid production can impact the environment negatively, such as water, soil, and air pollution and increased emissions, one of which is global warming potential (GWP100). The environmental performance of fatty acid production must be evaluated towards an environmentally friendly industry. Assessment of the environmental performance of fatty acid production is carried out using the Life Cycle Assessment (LCA) method. Life Cycle Assessment (LCA) is a method used to determine the amount of energy, costs, and environmental impacts caused by the stages of the product life cycle. This research aims to analyze the life cycle, raw material flow, energy consumption of each process stage, and the amount of impact generated and determine improvement scenarios to increase efficiency and reduce emissions. This research was conducted at PT X industry in Dumai City, Riau Province. The stages of the LCA method begin with determining the purpose and scope, inventory analysis, impact analysis, and interpretation of results.

Determining objectives and scope sets the boundaries of the gate-to-gate system, namely, the production of fatty acid from CPKO. The data is based on input-output from fatty acid production's mass and energy balance. Inputs in fatty acid production are raw materials, supporting materials, steam, thermal oil heaters, and electricity. The outputs generated from industrial activities are fatty acid, glycerin, liquid waste, condensate, and separated fat impact assessment using SimaPro 9.5.0.1 faculty license software. Furthermore, based on CML-IA Baseline analysis, on abiotic depletion potential (ADP), abiotic depletion potential (fossil fuels) (ADP FF), acidification (AD), eutrophication (EP), freshwater aquatic ecotoxicity potential (FAP), global warming potential (GWP100a), human toxicity

potential (HTP), ozone layer depletion potential (ODP), photochemical oxidation potential (POP), and terrestrial ecotoxicity potential (TEP).

The results of the fatty acid life cycle assessment produced based on the scope of gate to gate with a function unit of 1 ton of fatty acid resulted in the top three impacts, namely ADP FF, GWP100 and HTP of $9.8E3$ MJ, and $6.58E3$ kg CO₂ eq, and 655 kg 1,4-DB eq, respectively. After normalization, the values of the top three impact categories of FAP, HTP and GWP100 were $2.61E-10$, $2.54E-10$, and $1.57E-10$, respectively. Fatty acid production produces the highest impact (hotspot) using inputs on CPKO, steam, electricity and thermal oil heaters.

The recommended improvement scenarios include increasing boiler efficiency, substituting coal fuel, and efficiently using raw materials. The scenario of increasing boiler efficiency, namely using Atmospheric Fluidized Bed Combustion (AFBC) Boilers and increasing coal's Gross Calorific Value (GCV) can reduce the GWP100 emissions by 6.1%. The coal fuel substitution scenario by changing brown coal to bituminous coal can reduce the impact of FAP (97.6%), HTP (47.4%) and GWP (0,49%). The efficient use of CPKO raw materials aims to improve distillation equipment's performance in fatty acid production. The purpose of this scenario is to reduce the use of CPKO but to get products with the exact yield. The application of this scenario can reduce 5.03% of all emission values for the impact category on the use of CPKO raw materials. The recommended improvement scenarios need to be complemented with further calculations regarding economic aspects to determine the level of financial feasibility of implementing these options.

Keywords: CPKO, fatty acid, LCA



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024 Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



**PENILAIAN DAUR HIDUP (*LIFE CYCLE ASSESSMENT*) PRODUKSI
*FATTY ACID DARI CRUDE PALM KERNEL OIL (CPKO)***

PUSPA MAHARDHIKA

Tesis
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Teknik pada
Program Studi Teknik Industri Pertanian

**TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Tim Penguji pada Ujian Tesis:

- 1 Prof. Dr. Ir. Nastiti Siswi Indrasti, IPU
- 2 Prof. Dr. Ir. Illah Sailah, MS

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Penelitian : Penilaian Daur Hidup (*Life Cycle Assessment*)
Produksi *Fatty acid* dari *Crude Palm Kernel Oil* (CPKO)

Nama Mahasiswa: Puspa Mahardhika
NIM : F3501212030

Disetujui oleh

Pembimbing I:
Prof. Dr-Ing Ir. Suprihatin, IPU

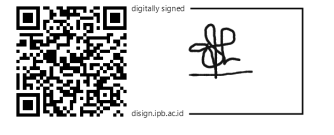


Pembimbing II:
Prof. Dr. Ir. Moh. Yani, M.Eng



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Illah Sailah, M.S
NIP. 195805211982112001



Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M. Agr
NIP. 196105021986031002



Tanggal Ujian: 22 Februari 2024

Tanggal Lulus: 18 Maret 2024

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga penulisan karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian dengan tema *life cycle assessment* dilaksanakan pada bulan Mei 2023 hingga bulan Januari 2024 dengan judul “Penilaian Daur Hidup (*Life Cycle Assessment*) Produksi *Fatty acid* dari *Crude Palm Kernel Oil* (CPKO)”

Terima kasih penulis ucapkan kepada pembimbing yaitu Prof. Dr-Ing Ir. Suprihatin, IPU selaku ketua komisi pembimbing dan Prof. Dr. Ir. Moh. Yani M. Eng selaku anggota komisi pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan, arahan, saran, dan motivasi dalam penyelesaian penulisan karya ilmiah ini. Penulis sampaikan terima kasih terbesar kepada orang tua, Bapak Bachtiar Effendi dan Ibu Ratna Dewi untuk segala dukungan, sayang, dan ketulusannya selama mendidik saya hingga sampai ke tahap ini.

Semoga hasil penulisan karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Februari 2024

Puspa Mahardhika

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.1 Rumusan Masalah	2
1.2 Tujuan	2
1.3 Manfaat	2
1.4 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kelapa Sawit	4
2.2 Asam Lemak (<i>Fatty acid</i>)	5
2.3 Gliserin	7
2.4 Life Cycle Assessment (LCA)	8
2.5 Life Cycle Assessment (LCA) Berbasis <i>Fatty Acid</i>	10
III METODE PENELITIAN	14
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	14
3.3 Jenis dan Sumber Data	15
3.4 Metode Pengumpulan Data	15
3.5 Tahapan Penelitian	15
3.6 Pengolahan dan Penyajian Data	17
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Gambaran Umum Industri	18
4.2 Penilaian Daur Hidup Produksi <i>Fatty Acid</i>	18
4.3 Tujuan dan Ruang Lingkup LCA <i>Fatty acid</i>	27
4.4 Analisis Inventori	28
4.5 Analisis Dampak Produksi <i>Fatty acid</i>	32
4.6 Interpretasi Hasil	42
4.7 Skenario Perbaikan	44
V SIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Simpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	54
RIWAYAT HIDUP	59

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

1	Komposisi asam lemak kelapa sawit (Shahidi dan Zhong 2005)	5
2	Jenis-jenis asam lemak jenuh (Walkel dan David 2008)	6
3	Penelitian terkait LCA berbasis <i>fatty acid</i>	11
4	Komposisi asam lemak CPKO	18
5	Komposisi dan Spesifikasi <i>Fatty acid</i>	24
6	Data inventori proses produksi <i>fatty acid</i> selama 1 tahun	29
7	Data energi produksi <i>fatty acid</i> selama 1 tahun	30
8	Nilai kontribusi <i>input output</i> terhadap kategori dampak tiga tertinggi produksi 1 ton <i>fatty acid</i>	33
9	Hasil normalisasi kontribusi <i>input output</i> terhadap kategori dampak tiga teratas produksi 1 ton <i>fatty acid</i>	35
10	Skenario perbaikan pada industri produksi <i>fatty acid</i>	44
11	Nilai dampak setelah dilakukan simulasi skenario perbaikan penggunaan bahan baku	46
12	Nilai dampak setelah dilakukan simulasi skenario perbaikan substitusi bahan bakar batubara	47
13	Hasil perhitungan penurunan emisi CO ₂ pada peningkatan efisiensi <i>boiler</i>	48

DAFTAR GAMBAR

1	Tanaman kelapa sawit (<i>Eleis Gunensis Jacq</i>)	4
2	Bagian buah kelapa sawit (Nugroho 2019)	5
3	Proses konversi minyak/lemak menjadi <i>fatty acid</i> dan gliserin (Hambali <i>et.al.</i> 2019)	6
4	Struktur senyawa Gliserin (NCBI 2024)	7
5	Proses pemurnian gliserin dari <i>fatty acid</i> , <i>fatty alcohol</i> , dan metil ester (Hambali <i>et al.</i> 2019)	8
6	Tahapan LCA (SNI ISO 14040 : 2016)	10
7	Kerangka pemikiran penelitian	14
8	Reaksi Hidrolisis CPKO (Ketaren 1996)	20
9	Reaksi Hidrogen Asam Lemak (Ketaren 1996)	22
10	Produk <i>fatty acid</i> (A) Asam lemak rantai C6-C8. (B) Asam lemak rantai C8. (C) Asam lemak rantai C10. (D) Asam lemak rantai C12. (E) Asam lemak rantai C14. (F) Asam lemak rantai C16. (G) Asam lemak rantai C18. (H) Asam lemak rantai C18:1.	24
11	USP Gliserin	27
12	Batasan Sistem LCA produksi <i>fatty acid</i>	28
13	Neraca massa produksi <i>fatty acid</i>	31

14	Nilai dampak produksi 1 ton <i>fatty acid</i> terhadap 10 kategori dampak	32
15	Hasil normalisasi kategori dampak dari produksi <i>fatty acid</i>	35
16	Kontribusi dampak terhadap FAP	36
17	Kontribusi dampak terhadap HTP	36
18	Kontribusi dampak terhadap GWP100	37
19	Kontribusi dampak terhadap EP	38
20	Kontribusi dampak terhadap AP	39
21	Kontribusi dampak terhadap ADP dan ADP FF	40
22	Kontribusi dampak terhadap TEP	40
23	Kontribusi dampak terhadap ODP	41
24	Kontribusi dampak terhadap POP	42
25	Nilai dampak masing-masing <i>input</i> terhadap kategori dampak	43
26	Kontribusi dampak LCA produksi <i>fatty acid</i>	44

DAFTAR LAMPIRAN

1	Pertanyaan wawancara	54
2	Diagram Simapro Dampak ADP terhadap 1 Ton <i>Fatty Acid</i>	55
3	Diagram Simapro Dampak ADP FF terhadap 1 Ton <i>Fatty Acid</i>	55
4	Diagram Simapro Dampak GWP100 terhadap 1 Ton <i>Fatty Acid</i>	55
5	Diagram Simapro Dampak ODP terhadap 1 Ton <i>Fatty Acid</i>	56
6	Diagram Simapro Dampak HTP terhadap 1 Ton <i>Fatty Acid</i>	56
7	Diagram Simapro Dampak FAP terhadap 1 Ton <i>Fatty Acid</i>	56
8	Diagram Simapro Dampak TEP terhadap 1 Ton <i>Fatty Acid</i>	57
9	Diagram Simapro Dampak POP terhadap 1 Ton <i>Fatty Acid</i>	57
10	Diagram Simapro Dampak AP terhadap 1 Ton <i>Fatty Acid</i>	57
11	Diagram Simapro Dampak EP terhadap 1 Ton <i>Fatty Acid</i>	58