

LIFE CYCLE ASSESSMENT PRODUKSI CRUDE PALM OIL (CPO) (STUDI KASUS: PT X PROVINSI BENGKULU)

REKO RINALDO



**TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2023**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
Bogor Indonesia

- 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.

Perpustakaan IPB University



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “*Life Cycle Assessment* Produksi *Crude Palm Oil* (CPO) (Studi Kasus: PT X Provinsi Bengkulu)” 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, Januari 2023

Reko Rinaldo
F3501201005

- 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

REKO RINALDO. *Life Cycle Assessment* Produksi *Crude Palm Oil* (CPO) (Studi Kasus: PT X Provinsi Bengkulu). Dibimbing oleh SUPRIHATIN dan MOHAMAD YANI.

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) merupakan komoditas unggulan di sektor perkebunan yang paling banyak diproduksi di Indonesia. Perkembangan perkebunan kelapa sawit Indonesia mengalami peningkatan pesat disetiap tahunnya, tahun 2021 luas areal perkebunan kelapa sawit Provinsi Bengkulu meningkat 4.642 ha dari luas areal tahun sebelumnya. Peningkatan juga terjadi di sektor produksi CPO, Provinsi Bengkulu mencatatkan tahun 2021 produksi CPO naik menjadi 10.052 ton CPO dari total produksi tahun 2020 sebesar 1.063.404 ton CPO. Aktivitas kegiatan perkebunan kelapa sawit serta kegiatan di industri dan tingginya produksi CPO dapat menimbulkan berbagai permasalahan terhadap dampak lingkungan seperti limbah, perubahan kualitas air, tanah, udara, serta peningkatan terhadap emisi. Dampak lingkungan berasal dari penggunaan bahan material berupa bahan baku, bahan tambahan berupa bahan kimia, penggunaan energi dan limbah yang dihasilkan oleh unit proses.

Metode yang dapat digunakan untuk menganalisis dampak lingkungan dari siklus daur hidup produk adalah *Life Cycle Assessment* (LCA). LCA adalah metode untuk menilai potensi dampak lingkungan dari sistem produk atau jasa pada semua tahap dalam siklus daur hidup produk. Tujuan dari kajian LCA ini untuk mengidentifikasi *input* yang digunakan dan *output* yang dihasilkan dari tahapan siklus daur hidup produksi CPO; menghitung nilai dampak lingkungan yang dihasilkan dari tahapan siklus daur hidup produksi CPO serta merumuskan skenario perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan.

Tahapan kajian LCA dilakukan berdasarkan *framework* SNI ISO 14040 : 2016, yang terdiri dari empat tahapan, yaitu penentuan tujuan dan ruang lingkup, analisis inventori, analisis dampak lingkungan dan interpretasi hasil untuk upaya perbaikan. Dampak lingkungan yang dikaji terdiri dari tiga kategori yaitu pemanasan global (GWP), asidifikasi dan eutrofikasi dengan menggunakan *software* SimaPro metode *CML-IA baseline*. Batasan sistem kajian LCA ini adalah *cradle-to-gate*, dimulai dari subsistem proses perkebunan meliputi unit proses (pembibitan dan pemeliharaan bibit, pemeliharaan tanaman menghasilkan (TM), dan transportasi TBS industri), subsistem proses produksi CPO di industri, subsistem pengolahan air bersih (WTP), dan subsistem pengolahan air limbah (WWTP). Analisis inventori menunjukkan bahwa siklus daur hidup produksi CPO memerlukan *input* berupa bahan baku TBS baik dari masyarakat dan TBS dari kebun inti PT X, bahan tambahan seperti pupuk, herbisida, fungisida dan insektisida, bahan kimia $Al_2(SO_4)_3$, Na_2CO_3 , PAC dan bio treatment 0168, air dan sumber energi seperti *steam* (uap panas), listrik, solar dan bensin. *Output* yang dihasilkan berupa produk utama yaitu CPO, limbah padat tankos, cangkang dan fibre serta juga limbah cair, dan emisi ke udara, air dan tanah

Berdasarkan hasil analisis kajian LCA siklus daur hidup produksi CPO diketahui bahwa 1 ton produksi CPO menghasilkan dampak lingkungan GWP, asidifikasi dan eutrofikasi masing-masing sebesar 698,7 kg-CO₂eq/ton-CPO; 2,68 kg-SO₂eq/ton-CPO dan 1,18 kg-PO₄³⁻eq/ton-CPO. Sumber utama emisi (*hotspot*)

pada kategori dampak GWP, asidifikasi dan eutrofikasi adalah TBS masyarakat pada subsistem proses produksi CPO, disusul dengan produksi *steam* pada subsistem proses produksi CPO.

Rekomendasi skenario perbaikan diterapkan untuk mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan. Skenario perbaikan pada subsistem proses perkebunan yaitu mereduksi penggunaan pupuk NPK 12:12:17 dengan pupuk organik tankos yang dapat menurunkan dampak GWP (30,02%), asidifikasi (27,39%) dan eutrofikasi (33%). Skenario perbaikan pada subsistem pengolahan air limbah yaitu dengan pemanfaatan limbah cair menjadi biogas (*methane Capture*), penerapan skenario perbaikan ini dapat menurunkan dampak emisi GWP (60,86%), asidifikasi (78,85%) dan eutrofikasi (95,98%). Skenario perbaikan pada subsistem pengolahan air bersih yaitu dengan substitusi $Al_2(SO_4)_3$ dengan PAC sebagai bahan kimia penjernihan air, penerapan skenario perbaikan ini dapat menurunkan dampak emisi GWP (30,12%), asidifikasi (59,81%) dan eutrofikasi (26,19%). Skenario perbaikan pada subsistem proses CPO di industri yaitu dengan mereduksi listrik *steam turbin generator* dengan listrik biogas limbah cair, penerapan skenario perbaikan ini dapat menurunkan dampak GWP (27,81%), asidifikasi (25,82%) dan eutrofikasi (2,97%).

Kata kunci: asidifikasi, eutrofikasi, gwp, *life cycle assessment*, produksi cpo





SUMMARY

REKO RINALDO. Life Cycle Assessment of Crude Palm Oil (CPO) Production (Case Study: PT X Bengkulu Province). Supervised by SUPRIHATIN and MOHAMAD YANI.

Oil palm (*Elaeis guinensis* Jacq) is the leading commodity in the most widely produced plantation sector in Indonesia. The development of Indonesia's oil palm plantations has increased rapidly every year, in 2021 the area of oil palm plantations in Bengkulu Province increased by 4,642 ha from the previous year's area. The increase also occurred in the CPO production sector, Bengkulu Province recorded that in 2021 CPO production increased to 30,052 tons of CPO from the total production in 2020 of 1,063,404 tons of CPO. Oil palm plantation activities as well as activities in industry and high CPO production can cause various problems with environmental impacts such as waste, changes in the quality of water, soil, air, and improvements to emissions. The environmental impact comes from the use of material materials in the form of raw materials, additional materials in the form of chemicals, the use of energy, and waste produced by process units.

The method that can be used to analyze the environmental impact is life cycle assessment (LCA). LCA is a method for assessing the potential environmental impact of a product or service system at all stages in the product lifecycle cycle. The purpose of this LCA study is to identify the inputs used and outputs produced from the stages of the CPO production life cycle; calculate the value of environmental impacts resulting from the stages of the CPO production life cycle as well as formulate improvement scenarios to reduce environmental impacts.

The stages of the LCA study are carried out based on SNI ISO 14040: 2016 framework, which consists of four stages, namely goal and scope definition, inventory analysis, environmental impact analysis, and interpretation of results for improvement efforts. The environmental impact studied consists of three categories, namely GWP, acidification, and eutrophication using the SimaPro software CML-IA baseline method. The scope limitation studied was cradle-to-gate, starting from the subsystem of the plantation process including process units (seedling and seed maintenance, maintenance of plant produces (TM), and transportation of industrial FFB), CPO production process subsystems in industry, water treatment plan subsystem, and wastewater treatment plan subsystem. Inventory analysis shows that the CPO production life cycle requires inputs in the form of FFB raw materials both from the community and FFB from PT X's core plantations, additives such as fertilizers, herbicides, fungicides and insecticides, chemicals $Al_2(SO_4)_3$, Na_2CO_3 , PAC and bio treatment 0168, water and energy sources such as steam (hot steam), electricity, diesel, and gasoline. The output produced is in the form of main products, namely CPO, solid waste empty fruit bunch, shells, and fiber as well as liquid waste, and emissions to air, water and soil.

Based on the results of the analysis of the LCA study of the CPO production life cycle, it is known that 1 ton of CPO production produces the environmental impacts of GWP, acidification and eutrophication are 698,7 kg-CO₂eq/ton-CPO; 2,68 kg-SO₂eq/ton-CPO dan 1,18 kg-PO₄³⁻eq/ton-CPO. The primary source of emission (hotspot) in the category of GWP impact, acidification and eutrophication is

Community FFB in the CPO production process subsystem, followed by steam production in the CPO production process subsystem.

Recommendations for improvement scenarios are implemented to reduce the resulting environmental impact. The scenario for improvement in the plantation process subsystem is replacing the use of NPK 12:12:17 fertilizer with EFB organic fertilizer which can reduce the impact of GWP impact (30,02%), acidification (27,39%) and eutrophication (33%). Improvement scenarios in the wastewater treatment plan subsystem are by utilizing liquid waste into biogas (methane Capture), the implementation of this improvement scenario can reduce the impact of GWP (60.86%), acidification (78.85%) and eutrophication (95.98%). Scenarios of improvements to the clean water treatment plan subsystem are by substituting $Al_2(SO_4)_3$ with PAC as a water purification chemical, the implementation of this improvement scenario can reduce the impact of GWP (30.12%), acidification (59.81%) and eutrophication (26.19%). Improvement scenarios in the CPO process subsystem in the industry is by reducing steam turbine generator electricity with liquid waste biogas electricity, the application of this improvement scenario can reduce the impact of GWP (27.81%), acidification (25.82%) and eutrophication (2.97%).

Keywords: acidification, cpo production, eutrophication, global warming





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 2023
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.

***LIFE CYCLE ASSESSMENT PRODUKSI CRUDE PALM OIL
(CPO) (STUDI KASUS: PT X PROVINSI BENGKULU)***

REKO RINALDO

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
2023**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji pada Ujian Tesis:
Prof. Dr. Ir. Nastiti Siswi Indrasti



IPB University
— Bogor Indonesia —

- 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.



Judul Tesis : *Life Cycle Assessment* Produksi *Crude Palm Oil* (CPO) (Studi Kasus: PT X Provinsi Bengkulu)

Nama : Reko Rinaldo

NIM : F3501201005

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ing. Ir. Suprihatin

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Mohamad Yani, M.Eng



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Illah Sailah, MS
NIP 19580521198112001

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



Tanggal Ujian: 15 Desember 2022

Tanggal Lulus: 20 JAN 2023



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

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.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2021 sampai Desember 2021 ini ialah penilaian dampak lingkungan, dengan judul “*Life Cycle Assessment* Produksi *Crude Palm Oil* (CPO) (Studi Kasus: PT X Provinsi Bengkulu)”.

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Bapak Prof. Dr. Ing. Ir. Suprihatin selaku ketua komisi pembimbing dan Bapak Prof. Dr. Ir. Mohamad Yani, M.Eng selaku anggota komisi pembimbing yang telah memberikan banyak bimbingan, arahan, saran, dan motivasi dalam penyelesaian tesis ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ibu Dr. Endang Warsiki, S.TP, M.Si selaku moderator seminar, Prof. Dr. Ir. Nastiti Siswi Indrasti selaku Penguji Luar Komisi Pembimbing dan Prof. Dr. Eng. Taufik Djatna, STP, MSi selaku moderator sidang tesis yang memberikan saran dan masukan untuk penyempurnaan Tesis ini. Penulis juga mengungkapkan terima kasih dan penghargaan kepada Bapak Imanuel Manurung selaku direktur utama PT X, Bapak Nainggolan selaku staf KTU dari PT X, Bapak Rudy dari divisi perkebunan afdeling 3 PT X, Bapak Antonius dari Mill Manager PT X dan Bapak Anton Tumanggor dari staf lingkungan PT X yang telah memberikan kesempatan penulis untuk melakukan penelitian dan membantu penulis selama penelitian di lapangan. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Siti Aminatu Zuhria dan Silmi Azmi yang telah membantu memberi pemahaman terkait LCA maupun penggunaan *software* SimaPro.

Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah Bairin S, Ibu Witininsih, kakak Iis Gustin Herlena, Wiche Oktavia dan Rahma Safitri serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan motivasi, dukungan, semangat, kasih sayang, dan senantiasa tanpa henti selalu mendoakan dalam setiap sujud dan doanya. Terima kasih kepada teman-teman seperjuangan Penghuni Sekretariat Formatip TIP IPB, atas kebersamaan, semangat, doa, motivasi, serta diskusi berbagi ilmu yang sangat membantu dalam menyelesaikan tesis ini. Teman-teman seperjuangan Program Studi TIP IPB angkatan 2020 dan teman-teman seperjuangan sesama penelitian LCA atas kebersamaan, semangat, doa, dan dukungannya selama kuliah sampai penyelesaian tesis ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan memberikan kontribusi bagi kemajuan ilmu pengetahuan. Semoga Allah SWT senantiasa memberkahi dan meridhoi nilai kebaikan ini. Aamiin.

Bogor, Januari 2023

Reko Rinaldo

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
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kelapa Sawit	4
2.2 Industri Kelapa Sawit	6
2.3 Crude Palm Oil (CPO)	8
2.4 Pengolahan Air Limbah Industri CPO	9
2.5 Pengolahan Air Bersih Industri CPO	10
2.6 <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i>	11
2.7 Penelitian LCA Berbasis CPO	13
III METODE PENELITIAN	15
3.1 Kerangka Pemikiran	15
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	16
3.3 Jenis dan Sumber Data	16
3.4 Metode Pengumpulan Data	16
3.5 Tahapan Penelitian	17
3.6 Pengolahan dan Penyajian Data	19
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Gambaran Umum Industri	20
4.2 Penilaian Daur Hidup Produksi CPO	20
4.3 Tujuan dan Ruang Lingkup LCA CPO	34
4.4 Analisis Inventori (LCI)	35
4.5 Analisis Dampak (<i>Impact Assessment</i>)	43
4.6 Interpretasi Hasil LCA	56
V SIMPULAN DAN SARAN	62
5.1 Simpulan	62
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	68
RIWAYAT HIDUP	72



DAFTAR TABEL

1	Luas areal dan status perusahaan kelapa sawit Provinsi Bengkulu	5
2	Karakteristik limbah cair industri CPO	10
3	Penelitian terkait LCA berbasis CPO	14
4	Kriteria TBS yang Digunakan PT X	25
5	Karakteristik limbah cair industri CPO PT X	33
6	Kolam Pengolahan Limbah Cair di PT X	34
7	Data inventori subsistem perkebunan PT X tahun 2021	37
8	Data inventori subsistem proses produksi CPO tahun 2021	39
9	Data inventori subsistem pengolahan air bersih (WTP)	41
10	Data inventori subsistem pengolahan air limbah (WWTP)	42
11	Besaran nilai dampak perunit proses subsistem perkebunan	44
12	Perbandingan hasil penelitian nilai dampak perkebunan kelapa sawit	45
13	Besaran nilai dampak subsistem proses produksi CPO	46
14	Besaran nilai dampak input bahan subsistem proses produksi CPO	47
15	Perbandingan hasil penelitian nilai dampak proses CPO di industri	48
16	Besaran nilai dampak subsistem pengolahan air bersih	48
17	Besaran nilai dampak input bahan subsistem pengolahan air bersih	49
18	Besaran nilai dampak subsistem pengolahan air limbah	50
19	Perbandingan hasil penelitian nilai dampak pengolahan air limbah	50
20	Besaran nilai dampak 1 ton produksi CPO PT X	51
21	Nilai dampak GWP LCA produksi CPO berdasarkan sumber emisi	52
22	Nilai dampak asidifikasi LCA produksi CPO berdasarkan sumber emisi	53
23	Nilai dampak eutrofikasi LCA produksi CPO berdasarkan sumber emisi	55
24	Skenario perbaikan penurunan dampak Subsistem Perkebunan	58
25	Persentase pengurangan emisi dari penerapan <i>methane capture</i>	58
26	Perubahan besaran nilai dampak lingkungan dari pemanfaatan POME	59
27	Perbandingan emisi yang dihasilkan dari bahan kimia penjernihan air	60
28	Persentase nilai dampak lingkungan dari substitusi $Al_2(SO_4)_3$ dengan PAC	60
29	Perubahan besaran nilai dampak lingkungan dari mereduksi listrik Steam turbin generator dengan listrik biogas POME	61

DAFTAR GAMBAR

1	Tanaman kelapa sawit (<i>Elaeis Guinensis Jacq</i>)	4
2	Bagian buah kelapa sawit (Nugroho 2019)	6
3	Pohon industri kelapa sawit (Azahari 2018)	8
4	Tahapan LCA (ISO 14040 2016)	13
5	Kerangka pemikiran penelitian	15
6	PT X Provinsi Bengkulu	20
7	Batasan sistem penelitian LCA produksi CPO	35
8	Neraca massa subsistem proses perkebunan kelapa sawit	38



9	Neraca massa subsistem proses produksi CPO	40
10	Neraca massa subsistem pengolahan air bersih (WTP)	41
11	Neraca massa subsistem pengolahan air limbah (WWTP)	42
12	Kontribusi relatif emisi GWP, asidifikasi dan eutrofikasi perunit proses subsistem perkebunan	45
13	Persentase jenis polutan penyebab GWP LCA produksi CPO	52
14	Persentase jenis polutan penyebab asidifikasi daur hidup produksi CPO	54
15	Persentase jenis polutan penyebab eutrofikasi daur hidup produksi CPO	56
16	Persentase kontribusi setiap subsistem terhadap dampak lingkungan	56

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
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.
Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR LAMPIRAN

1	Diagram hasil nilai dampak subsistem perkebunan kelapa sawit	69
2	Diagram hasil nilai dampak subsistem proses produksi CPO	70
3	Diagram hasil nilai dampak subsistem pengolahan air bersih (WTP)	72
4	Diagram hasil nilai dampak subsistem pengolahan air limbah	74
5	Kategori Dampak LCA Produksi CPO	76