

# **ANALISIS KOMPARATIF *LIFE CYCLE ASSESSMENT* PRODUKSI BIODIESEL BERBASIS *CRUDE PALM OIL* DENGAN DAN TANPA EKSTRAKSI $\beta$ -KAROTEN**

**TABINA KHALITA RAFIFAH**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026**



@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.

## PERNYATAAN MENGENAI TUGAS AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “Analisis Komparatif *Life Cycle Assessment* Produksi Biodiesel Berbasis *Crude Palm Oil* dengan dan tanpa Ekstraksi  $\beta$ -Karoten” 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 tugas akhir ini.

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

Bogor, Juli 2026

Tabina Khalita Rafifah  
F3401221081

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.

## ABSTRAK

TABINA KHALITA RAFIFAH. Analisis Komparatif *Life Cycle Assessment* Produksi Biodiesel Berbasis *Crude Palm Oil* dengan and tanpa Ekstraksi  $\beta$ -Karoten. Dibimbing oleh SUPRIHATIN dan DWI SETYANINGSIH

*Crude palm oil* (CPO) berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel sekaligus sebagai sumber  $\beta$ -karoten yang memiliki nilai tambah. Penelitian ini bertujuan membandingkan dampak lingkungan produksi biodiesel berbasis CPO tanpa ekstraksi  $\beta$ -karoten dan produksi biodiesel yang didahului ekstraksi  $\beta$ -karoten menggunakan *Natural Deep Eutectic Solvent* (NADES). Analisis dilakukan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* dengan pendekatan *gate-to-gate*, *functional unit* berupa pengolahan 10 kg CPO, perangkat lunak SimaPro, dan metode CML-IA *Baseline*. Skenario 1 menghasilkan 8,529 kg biodiesel dengan dampak *global warming* sebesar 30,930 kg CO<sub>2</sub>-eq, *acidification* sebesar 0,0468 kg SO<sub>2</sub>-eq, dan *eutrophication* sebesar 0,2592 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-eq. Skenario 2 menghasilkan 8,139 kg biodiesel dan fraksi ekstrak kaya karotenoid dengan dampak *global warming* sebesar 141,330 kg CO<sub>2</sub>-eq, *acidification* sebesar 0,3189 kg SO<sub>2</sub>-eq, dan *eutrophication* sebesar 0,3695 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-eq. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skenario 1 memiliki kinerja lingkungan yang lebih baik pada seluruh kategori dampak yang dianalisis. Skenario 2 masih memerlukan optimasi, terutama dalam penggunaan NADES, pelarut, air, dan energi.

Kata kunci: biodiesel, CPO, ekstraksi  $\beta$ -karoten, LCA, NADES

## ABSTRACT

TABINA KHALITA RAFIFAH. Comparative Life Cycle Assessment of Crude Palm Oil-Based Biodiesel Production with and without  $\beta$ -Carotene Extraction (tugas akhir). Supervised by SUPRIHATIN and DWI SETYANINGSIH

Crude palm oil (CPO) has the potential to be used as a biodiesel feedstock and as a source of value-added  $\beta$ -carotene. This study aimed to compare the environmental impacts of CPO-based biodiesel production without  $\beta$ -carotene extraction and biodiesel production preceded by  $\beta$ -carotene extraction using a Natural Deep Eutectic Solvent (NADES). The assessment was conducted using the Life Cycle Assessment method with a gate-to-gate approach, a functional unit of processing 10 kg of CPO, SimaPro software, and the CML-IA Baseline method. Scenario 1 produced 8.529 kg of biodiesel, with environmental impacts of 30.930 kg CO<sub>2</sub>-eq for global warming, 0.0468 kg SO<sub>2</sub>-eq for *acidification*, and 0.2592 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-eq for *eutrophication*. Scenario 2 produced 8.139 kg of biodiesel and a carotenoid-rich extract fraction, with impacts of 141.330 kg CO<sub>2</sub>-eq for global warming, 0.3189 kg SO<sub>2</sub>-eq for *acidification*, and 0.3695 kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-eq for *eutrophication*. The results showed that Scenario 1 had better environmental performance across all impact categories analyzed. Scenario 2 still requires optimization, particularly in the use of NADES, solvents, water, and energy.

Keywords: beta-carotene extraction, biodiesel, crude palm oil, LCA, NADES



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 2026  
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.*

# **ANALISIS KOMPARATIF *LIFE CYCLE ASSESSMENT* PRODUKSI BIODIESEL BERBASIS *CRUDE PALM OIL* DENGAN DAN TANPA EKSTRAKSI $\beta$ -KAROTEN**

**TABINA KHALITA RAFIFAH**

Tugas akhir  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik pada  
Program Studi Teknik Industri Pertanian.

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tugas akhir:

1. Dr. Ir. Sapta Raharja, D.E.A.
2. Dr. Ir. Meika Syahbana Rusli, M.Sc.Agr.

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

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.



Judul Tugas akhir : Analisis Komparatif *Life Cycle Assessment* Produksi Biodiesel berbasis *Crude Palm Oil* Dengan dan Tanpa Ekstraksi  $\beta$ -Karoten  
Nama : Tabina Khalita Rafifah  
NIM : F3401221081

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Prof. Dr. Ir. Suprihatin



Pembimbing 2:  
Dr. Dwi Setyaningsih, S.TP., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:  
Prof. Dr. Ir. Ono Suparno, S.TP., M.T.  
NIP 197212031997021001



Tanggal Ujian:  
16 Juli 2026

Tanggal Lulus:

## 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 proyek yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2026 sampai bulan Juli 2026 ini dengan judul “Analisis Komparatif *Life Cycle Assessment* Biodiesel Berbasis *Crude Palm Oil* Dengan dan Tanpa Ekstraksi  $\beta$ -Karoten”.

Tugas akhir ini tidak akan terwujud tanpa bantuan dari berbagai pihak. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Dr. Dwi Setyaningsih, S.T.P., M.Si. dan Prof. Dr. Ir. Suprihatin selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, motivasi, serta meluangkan waktu dan tenaga selama proses penyusunan hingga penyelesaian tugas akhir ini.
2. Keluarga tercinta penulis Ayah almarhum Edy Darmawan, Ibu Ani Nuraeni, Bang Ipal, Bang Aqil, Hafizah, dan ponakan tersayang Khadijah yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral maupun materil, semangat, serta pengorbanan yang tiada henti selama proses pendidikan hingga penyelesaian tugas akhir ini.
3. Seluruh keluarga besar di Cianjur, khususnya Om Denda, Om Dendi, Wa Tatah, dan Bi Nera yang senantiasa memberikan kasih sayang, perhatian, dukungan, dan kepedulian kepada penulis selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
4. Geng “CeRiTā” (Cecil, Rio, dan Tabina) selaku teman satu tim PRODUTA yang telah mengerjakan proyek ini dengan kebersamaan, saling membantu, bertukar pikiran, memberikan semangat, serta menemani dalam setiap proses, suka, dan duka hingga proyek dan penyusunan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Staf Laboratorium Teknik Industri Pertanian yang telah membantu pelaksanaan penelitian, menyediakan fasilitas dan peralatan yang dibutuhkan, memberikan arahan teknis, serta mendukung proses pengumpulan data hingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.
6. Geng “Barudak K2”, “PKJ”, dan “Hari-hari” selaku sahabat saya yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, kebersamaan, serta menjadi tempat berbagi cerita, keluh kesah, suka, dan duka selama masa perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir ini.

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

Bogor, Juli 2026

*Tabina Khalita Rafifah*



@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.

## DAFTAR ISI

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| DAFTAR TABEL                                               | xi |
| DAFTAR GAMBAR                                              | xi |
| DAFTAR LAMPIRAN                                            | xi |
| I PENDAHULUAN                                              | 1  |
| 1.1 Latar Belakang                                         | 1  |
| 1.2 Rumusan Masalah                                        | 2  |
| 1.3 Tujuan                                                 | 2  |
| 1.4 Manfaat                                                | 2  |
| 1.5 Ruang Lingkup                                          | 2  |
| II TINJAUAN PUSTAKA                                        | 4  |
| 2.1 <i>Crude palm oil</i> (CPO)                            | 4  |
| 2.2 Karotenoid dan <i>B</i> -Karoten dalam CPO             | 4  |
| 2.3 Ekstraksi <i>B</i> -Karoten dari CPO menggunakan NADES | 5  |
| 2.4 Produksi Biodiesel dari CPO                            | 5  |
| 2.5 <i>Life Cycle Assessment</i>                           | 6  |
| III METODE                                                 | 8  |
| 3.1 Waktu dan Tempat                                       | 8  |
| 3.2 Tahapan Desain Keteknikan                              | 8  |
| 3.3 Jenis dan Sumber Data                                  | 10 |
| 3.4 Metode Pengumpulan Data                                | 10 |
| 3.5 Tahapan Proyek                                         | 11 |
| IV HASIL DAN PEMBAHASAN                                    | 13 |
| 4.1 Gambaran Umum Sistem Proses Produksi                   | 13 |
| 4.2 Tujuan dan Ruang Lingkup LCA                           | 22 |
| 4.3 Analisis Inventori                                     | 23 |
| 4.4 Analisis Dampak ( <i>Impact Assessment</i> )           | 28 |
| 4.5 Interpretasi Hasil LCA                                 | 37 |
| V SIMPULAN DAN SARAN                                       | 40 |
| 5.1 Simpulan                                               | 40 |
| 5.2 Saran                                                  | 40 |
| DAFTAR PUSTAKA                                             | 41 |
| LAMPIRAN                                                   | 46 |
| RIWAYAT HIDUP                                              | 49 |

## DAFTAR TABEL

|   |                                                     |    |
|---|-----------------------------------------------------|----|
| 1 | Inventori produksi <i>crude palm oil</i>            | 23 |
| 2 | Inventori ekstraksi $\beta$ -karoten                | 24 |
| 3 | Inventori produksi biodiesel skenario 1             | 27 |
| 4 | Inventori produksi biodiesel skenario 2             | 28 |
| 5 | Hasil analisis dampak skenario 1                    | 29 |
| 6 | Perbandingan hasil LCA                              | 30 |
| 7 | Hasil analisis dampak skenario 2                    | 31 |
| 8 | Perbandingan hasil analisis dampak skenario 1 dan 2 | 34 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |                                                                                  |    |
|---|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Alur pengerjaan <i>Life Cycle Assessment</i>                                     | 7  |
| 2 | Diagram alir skenario 1                                                          | 9  |
| 3 | Diagram alir skenario 2                                                          | 9  |
| 4 | Diagram alir ekstraksi $\beta$ -karoten                                          | 15 |
| 5 | Diagram alir produksi biodiesel skenario 1                                       | 20 |
| 6 | Diagram alir produksi biodiesel skenario 2                                       | 22 |
| 7 | Perbandingan dampak <i>global warming</i> (kg CO <sub>2</sub> -eq)               | 34 |
| 8 | Perbandingan dampak <i>acidification</i> (kg SO <sub>2</sub> -eq)                | 35 |
| 9 | Perbandingan dampak <i>eutrophication</i> (kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -eq) | 36 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |                                                                                                                                                |    |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Lampiran 1 Analisis dampak pada skenario 1 mencakup produksi CPO dan produksi biodiesel dengan perhitungan pada aplikasi SimaPro               | 47 |
| 2 | Lampiran 2 Analisis Dampak pada skenario 2 mencakup ekstraksi $\beta$ -karoten dan produksi biodiesel dengan perhitungan pada aplikasi SimaPro | 48 |