

PERBANDINGAN METODE ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN PADA PRODUKSI BIOETANOL BERBAHAN SINGKONG DENGAN *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA)

FEBY ABELINA



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
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.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Perbandingan Metode Analisis Dampak Lingkungan Pada Produksi Bioetanol Berbahan Singkong dengan *Life Cycle Assessment* (LCA)” 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 skripsi ini.

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

Bogor, November 2024

Feby Abelina
F1401201034

- 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.



ABSTRAK

FEBY ABELINA. Perbandingan Metode Analisis Dampak Lingkungan Pada Produksi Bioetanol Berbahan Singkong dengan *Life Cycle Assessment* (LCA). Dibimbing oleh LILIS SUCAHYO.

Peningkatan jumlah penduduk yang pesat di Indonesia telah berkontribusi pada meningkatnya permintaan bahan bakar minyak (BBM). Untuk mengatasi tantangan ini, pemerintah menginisiasi program Etanol 5% (E5), melibatkan pencampuran 5% bioetanol dengan bensin sebagai bahan bakar kendaraan bermotor. Sejalan dengan Peraturan Menteri No. 1 Tahun 2021 tentang Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup (PROPER), *Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan salah satu indikator penilaian penting dalam pengelolaan lingkungan industri. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi neraca energi dan dampak lingkungan *Global Warming Potential* (GWP) dari produksi bioetanol berbahan singkong menggunakan metode Recipe 2016, IPCC 2021 GWP100 (*incl. CO₂ Uptake*), CML-IA *Baseline*, dan IMPACT *World+*. Selain itu, menyusun skenario perbaikan guna meningkatkan efisiensi proses dan mengurangi dampak lingkungan dalam daur hidup bioetanol. Penelitian ini memanfaatkan data sekunder yang relevan, dengan batasan analisis pada tahapan *cradle to gate*. Hasil analisis menunjukkan bahwa potensi dampak GWP per L bioetanol berdasarkan metode Recipe 2016 adalah 11,25 kg CO₂ eq, IPCC 2021 GWP100 (*incl. CO₂ Uptake*) sebesar 10,64 kg CO₂ eq, CML-IA *Baseline* sebesar 10,91 kg CO₂ eq, dan IMPACT *World+* sebesar 11,26 kg CO₂ eq. Analisis neraca energi menggunakan metode *Cumulative Energy Demand* (CED) berbasis *Higher Heating Value* (HHV) dan *Lower Heating Value* (LHV) menghasilkan nilai efisiensi energi dengan indeks *Net Energy Gain* (NEG) sebesar -113,33 MJ/L dan *Net Energy Ratio* (NER) sebesar 0,233 pada HHV, serta NEG sebesar -101,14 MJ/L dan NER sebesar 0,254 pada LHV. Tahap proses yang memberikan kontribusi terbesar terhadap GWP adalah dehidrasi. Skenario perbaikan yang diusulkan berupa penggunaan kembali zeolit dengan aktivasi, substitusi *Liquified Petroleum Gas* (LPG) dengan biometana, serta optimalisasi pemanfaatan limbah, terbukti mampu mengurangi dampak lingkungan sekaligus meningkatkan efisiensi energi dalam produksi bioetanol dari singkong.

Kata kunci : bioetanol, *life cycle assessment* (LCA), metode, neraca energi, singkong.

ABSTRACT

FEBY ABELINA. Comparison of Environmental Impact Assessment Methods in Cassava-Based Bioethanol Production Using Life Cycle Assessment (LCA). Supervised by LILIS SUCAHYO.

The rapid population growth in Indonesia has contributed to the increased demand for fuel. To address this challenge, the government initiated the Ethanol 5% (E5) program, which involves blending 5% bioethanol with gasoline as a motor vehicle fuel. In accordance with Ministerial Regulation No. 1 of 2021 on the Corporate Performance Rating Program in Environmental Management (PROPER), Life Cycle Assessment (LCA) is one of the key indicators used to assess industrial environmental management. This study aims to evaluate the energy balance and Global Warming Potential (GWP) environmental impacts of bioethanol production from cassava using the Recipe 2016, IPCC 2021 GWP100 (incl. CO₂ Uptake), CML-IA Baseline, and IMPACT World+ methods. Additionally, the study develops improvement scenarios to enhance process efficiency and reduce environmental impacts throughout the bioethanol life cycle. This research utilizes relevant secondary data, with the analysis scope limited to the cradle-to-gate stages. The analysis results show that the GWP impact potential per liter of bioethanol is 11.25 kg CO₂ eq based on the Recipe 2016 method, 10.64 kg CO₂ eq for IPCC 2021 GWP100 (incl. CO₂ Uptake), 10.91 kg CO₂ eq for CML-IA Baseline, and 11.26 kg CO₂ eq for IMPACT World+. The energy balance analysis using the Cumulative Energy Demand (CED) method based on Higher Heating Value (HHV) and Lower Heating Value (LHV) results in energy efficiency values with a Net Energy Gain (NEG) of -113.33 MJ/L and a Net Energy Ratio (NER) of 0.233 for HHV, as well as a NEG of -101.14 MJ/L and a NER of 0.254 for LHV. The process stage contributing the most to GWP is dehydration. The proposed improvement scenarios, including the reuse of zeolite with activation, substitution of Liquefied Petroleum Gas (LPG) with biomethane, and optimization of waste utilization, have been proven to reduce environmental impacts while enhancing energy efficiency in cassava-based bioethanol production.

Keywords: bioethanol, cassava, energy balance, life cycle assessment (LCA), method



© Hak cipta milik 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 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.



PERBANDINGAN METODE ANALISIS DAMPAK LINGKUNGAN PADA PRODUKSI BIOETANOL BERBAHAN SINGKONG DENGAN *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA)

FEBY ABELINA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
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 Skripsi:

1. Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc. Agr

2. Dr. Nanik Purwanti, S.TP., M.Sc



Judul Skripsi : Perbandingan Metode Analisis Dampak Lingkungan pada
Produksi Bioetanol Berbahan Singkong dengan *Life Cycle
Assessment (LCA)*

Nama : Feby Abelina
NIM : F1401201034

Disetujui oleh

Pembimbing :
Lilis Suchyo, S.TP., M.Si
NIP 198708112015041003

Diketahui oleh

Ketua Program Studi :
Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc., Agr
NIP 196304251989031001

Tanggal Ujian:
27 Agustus 2024

Tanggal Lulus:

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 dengan judul “Perbandingan Metode Analisis Dampak Lingkungan pada Produksi Bioetanol Berbahan Singkong dengan *Life Cycle Assessment* (LCA)”.

Skripsi ini tersusun atas bimbingan dan kerja sama dari berbagai pihak selama penulisan, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Lilis Sucahyo, S.TP., M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak doa, dukungan dan membimbing selama proses penelitian, serta tidak lupa kebaikannya memberikan berbagai ilmu, pengalaman, dan nasihat yang luar biasa selama saya menjadi mahasiswa di TMB hingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini,
2. Bapak Agus Toni (alm), Bapak Ermawadi, Umak Hindi Eka Sari, kakak/abang dan adik-adik saya yang menjadi motivasi terbesar saya untuk bersemangat dalam mengejar gelar sarjana pertama di keluarga,
3. Para dokter dan perawat di RSCM khususnya Poli Hematologi Onkologi dan Radioterapi yang telah memberikan pertolongan terbaik dan menyemangati saya untuk berjuang sembuh melawan kanker di tengah proses tingkat akhir,
4. Kak Nur Ayu Fatimah sebagai sahabat yang telah saya anggap sebagai kakak kandung saya. Tidak cukup kata terima kasih, karena begitu banyak kebaikan yang telah diberikan kepada saya baik dalam suka maupun duka,
5. Lalyta dan Safina selaku teman seperjuangan LCA menjadi bagian terpenting di skripsi ini karena banyak membantu dan menyemangati selama proses penyusunan skripsi ini,
6. Fakhita, Puja, Funun, dan Widi tidak lupa kebaikan mereka dalam membersamai saya sejak merantau di Bogor hingga menyemangati saya dalam jatuh bangun dalam penelitian ini,
7. Teman-teman dekat PPM Al-Iffah, FORCES, FBI FATETA, tim Solarponic, MEISTER, tim PKM (Dynamite Wash, NoiseKick, B-Volt), KKN-T Cibanteng, dan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, serta
8. PRé Sustainability yang telah memberikan kemudahan akses SimaPro *Faculty*.

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

Bogor, November 2024

Feby Abelina

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----------|
| DAFTAR TABEL | iii |
| DAFTAR GAMBAR | v |
| DAFTAR LAMPIRAN | vi |
| 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 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Bioetanol | 4 |
| 2.2 Singkong | 5 |
| 2.3 <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i> | 6 |
| 2.4 Neraca Energi | 10 |
| 2.5 Perangkat Lunak SimaPro | 11 |
| III METODE | 13 |
| 3.1 Waktu dan Tempat | 13 |
| 3.2 Alat dan Bahan | 13 |
| 3.3 Prosedur Kerja | 13 |
| 3.4 Pengolahan dan Penyajian Data | 21 |
| IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 22 |
| 4.1 Analisis Inventori Daur Hidup Bioetanol | 22 |
| 4.2 Penilaian Dampak Daur Hidup Bioetanol | 33 |
| 4.3 Analisis Neraca Energi | 61 |
| 4.4 Interpretasi Hasil | 73 |
| 4.5 Analisis Sensitivitas | 73 |
| 4.6 Rekomendasi Perbaikan Kinerja Lingkungan | 82 |
| V SIMPULAN DAN SARAN | 84 |
| 5.1 Simpulan | 84 |
| 5.2 Saran | 84 |
| DAFTAR PUSTAKA | 85 |
| LAMPIRAN | 91 |
| RIWAYAT HIDUP | 132 |



DAFTAR TABEL

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Perbedaan karakteristik bensin dan bioetanol | 4 |
| 2 | Kadar HCN pada beberapa jenis ubi kayu | 6 |
| 3 | Data kuantifikasi inventori | 14 |
| 4 | Rekapitulasi perbandingan metode kategori dampak lingkungan pada | 16 |
| 5 | Energi ekuivalen pada inventori masukan | 19 |
| 6 | Inventori masukan dan keluaran budidaya singkong | 22 |
| 7 | Inventori masukan dan keluaran produksi <i>chip</i> singkong | 23 |
| 8 | Inventori masukan dan keluaran produksi bioetanol | 23 |
| 9 | Sumber literatur | 24 |
| 10 | Sumber data masukan | 24 |
| 11 | Sumber data keluaran | 26 |
| 12 | Inventori keseluruhan daur hidup bioetanol | 27 |
| 13 | Karakterisasi GWP dengan Recipe 2016 <i>Midpoint</i> (H) | 33 |
| 14 | Karakterisasi GWP Recipe 2016 <i>Midpoint</i> (H) per proses per tahun | 34 |
| 15 | Normalisasi dengan Recipe 2016 <i>Midpoint</i> (H) | 36 |
| 16 | Normalisasi Recipe 2016 <i>Midpoint</i> (H) per proses per tahun | 36 |
| 17 | <i>Damage assessment</i> dengan Recipe 2016 <i>Endpoint</i> (H) | 37 |
| 18 | <i>Damage assessment</i> Recipe 2016 <i>Endpoint</i> (H) per proses utama | 37 |
| 19 | Karakterisasi GWP dengan IMPACT <i>World+ Midpoint</i> | 39 |
| 20 | Karakterisasi GWP IMPACT <i>World+ Midpoint</i> per proses per tahun | 39 |
| 21 | <i>Damage assessment</i> dengan IMPACT <i>World+ Endpoint</i> | 40 |
| 22 | <i>Damage assessment</i> (IMPACT <i>World+ Endpoint</i>) per proses utama | 40 |
| 23 | Pembobotan dengan IMPACT <i>World+ Endpoint</i> | 41 |
| 24 | Karakterisasi GWP dengan IPCC GWP100 (<i>incl. CO₂ Uptake</i>) | 42 |
| 25 | Karakterisasi GWP IPCC GWP100 (<i>incl. CO₂ Uptake</i>) per proses per tahun | 43 |
| 26 | <i>Damage assessment</i> dengan IPCC GWP100 (<i>incl. CO₂ Uptake</i>) | 44 |
| 27 | <i>Damage assessment</i> IPCC GWP100 (<i>incl. CO₂ Uptake</i>) per proses utama | 44 |
| 28 | Karakterisasi GWP dengan CML-IA <i>Baseline</i> | 45 |
| 29 | Karakterisasi GWP IPCC GWP100 (<i>incl. CO₂ Uptake</i>) per proses per tahun | 45 |
| 30 | Normalisasi dengan CML-IA <i>Baseline</i> | 46 |
| 31 | Normalisasi CML-IA <i>Baseline</i> per proses per tahun | 46 |
| 32 | Hasil komparasi karakterisasi dampak GWP dengan beberapa metode | 47 |
| 33 | Hasil komparasi karakterisasi per subproses per liter | 47 |
| 34 | Komparasi nilai total <i>damage assessment</i> per liter | 49 |
| 35 | Komparasi nilai <i>damage assessment</i> per subproses per liter | 50 |
| 36 | Komparasi normalisasi pada beberapa metode per liter | 52 |
| 37 | Substansi yang berkontribusi pada karakterisasi GWP per liter | 53 |
| 38 | Nilai FE pada setiap metode per liter | 56 |
| 39 | Nilai karakterisasi GWP setiap metode per liter bioetanol singkong | 59 |
| 40 | Energi masukan dengan CED berbasis HHV | 66 |
| 41 | Neraca energi dengan CED berbasis HHV | 66 |
| 42 | Energi masukan dengan CED berbasis LHV | 71 |

| | | |
|----|---|----|
| 43 | Neraca energi dengan CED berbasis LHV | 72 |
| 44 | Nilai SEC | 72 |
| 45 | Jumlah zeolit yang telah teraktivasi | 74 |
| 46 | Jumlah kebutuhan NaOH untuk aktivasi | 74 |
| 47 | Perbedaan konsumsi LPG aktual dan biometana | 75 |
| 48 | Jumlah kebutuhan optimasi limbah untuk skenario ketiga | 77 |
| 49 | Perbandingan nilai karakterisasi aktual dan skenario | 77 |
| 50 | Neraca energi pada aktual dan skenario (CED berbasis HHV) | 80 |
| 51 | Neraca energi pada aktual dan skenario (CED berbasis LHV) | 80 |



DAFTAR GAMBAR

| | | |
|----|--|----|
| 1 | Bentuk fisik singkong a) buah singkong; b) tanaman singkong | 6 |
| 2 | Kerangka kerja LCA | 7 |
| 3 | Skema energi masukan dan keluaran pada neraca energi | 10 |
| 4 | Tampilan <i>interface</i> SimaPro versi 9.5.0.2 | 11 |
| 5 | <i>Flowchart</i> prosedur penelitian | 13 |
| 6 | Diagram <i>mass balance</i> pada daur hidup bioetanol berbahan singkong | 32 |
| 7 | Karakterisasi dampak per liter dengan Recipe 2016 <i>Midpoint</i> (H) | 34 |
| 8 | Karakterisasi dampak per liter dengan <i>IMPACT World+ Midpoint</i> | 39 |
| 9 | Karakterisasi dampak per liter dengan IPCC GWP100 (<i>incl. CO₂ Uptake</i>) | 43 |
| 10 | Karakterisasi dampak per liter bioetanol dengan CML-IA <i>Baseline</i> | 45 |
| 11 | Perbandingan energi masukan unit proses utama per liter (HHV) | 62 |
| 12 | Perbandingan energi masukan budidaya singkong per liter (HHV) | 62 |
| 13 | Perbandingan energi masukan <i>chip</i> singkong per liter (HHV) | 63 |
| 14 | Perbandingan energi masukan produksi bioetanol per liter (HHV) | 63 |
| 15 | Perbandingan energi masukan distribusi per liter (HHV) | 64 |
| 16 | Perbandingan energi masukan unit proses utama per liter (LHV) | 68 |
| 17 | Perbandingan energi masukan budidaya singkong per liter (LHV) | 68 |
| 18 | Perbandingan energi masukan <i>chip</i> singkong per liter (LHV) | 69 |
| 19 | Perbandingan energi masukan produksi bioetanol per liter (LHV) | 69 |
| 20 | Perbandingan energi masukan distribusi per liter (LHV) | 70 |
| 21 | Perbandingan energi masukan pada <i>hotspot</i> per liter bioetanol | 79 |



DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|----|--|-----|
| 1 | Tampilan <i>interface</i> SimaPro | 92 |
| 2 | <i>Network</i> GWP daur hidup bioetanol per tahun dengan metode Recipe 2016 (<i>cut off</i> 3%) | 95 |
| 3 | <i>Network</i> GWP daur hidup bioetanol per tahun dengan metode IPCC 2021 GWP100 (<i>incl. CO₂ Uptake</i>) (<i>cut off</i> 3%) | 96 |
| 4 | <i>Network</i> GWP daur hidup bioetanol per tahun dengan metode CML-IA <i>Baseline</i> (<i>cut off</i> 3%) | 97 |
| 5 | <i>Network</i> GWP daur hidup bioetanol per tahun dengan metode IMPACT <i>World+ Midpoint</i> (<i>cut off</i> 3%) | 98 |
| 6 | Prinsip perhitungan karakterisasi dampak pada SimaPro | 99 |
| 7 | Contoh perhitungan normalisasi | 104 |
| 8 | Rincian hasil <i>damage assessment</i> dampak lingkungan metode IPCC 2021 GWP100 (<i>incl. CO₂ Uptake</i>) tiap unit proses per tahun | 105 |
| 9 | Rincian hasil karakterisasi dampak lingkungan metode IPCC 2021GWP100 (<i>incl. CO₂ Uptake</i>) tiap unit proses per tahun | 108 |
| 10 | Contoh perhitungan energi masukan | 111 |
| 11 | Grafik energi masukan per tahun | 113 |
| 12 | Detail perhitungan NEG dan NER | 119 |
| 13 | Detail perhitungan SEC pada daur hidup bioetanol | 123 |
| 14 | Detail perhitungan skenario pada analisis sensitivitas | 124 |
| 15 | <i>Network</i> GWP pada kondisi skenario | 129 |

DAFTAR SINGKATAN

| | |
|----------------------------------|---|
| °C | : <i>Celcius</i> |
| APOS | : <i>At the Point of Subtitution</i> |
| BBM | : Bahan Bakar Minyak |
| BBN | : Bahan Bakar Nabati |
| BPH Migas | : Bahan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi |
| BC | : <i>Black Carbon</i> |
| CCL ₄ | : <i>Carbon Tetrachloride</i> |
| CCL ₃ CH ₃ | : <i>Methyl Chloroform</i> |
| CED | : <i>Cumulative Energy Demand</i> |
| CFC | : <i>Chlorofluorocarbons</i> |
| CH ₄ | : <i>Methane</i> |
| CML-IA | : <i>Center of Environmental Science of Leiden University – Impact Assessment</i> |
| CO | : <i>Carbon Monoxide</i> |
| CO ₂ | : <i>Carbon Dioxide</i> |
| DALY | : <i>Disability-Adjusted Life Years</i> |
| Ditjen Migas | : Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian |
| KESDM RI | : Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia |
| E | : <i>Egalitarian</i> |
| E5 | : Etanol 5% |
| EBT | : Energi Baru Terbarukan |
| EDIP | : <i>Enviromental Design of Industrial Product</i> |
| En | : Energi |
| eq | : <i>Equivalen</i> |
| FE | : Faktor Emisi |
| FN | : Faktor Normalisasi |
| g | : Gram |
| GLO | : <i>Global</i> |
| GTP | : <i>Global Temperature Potential</i> |
| GWP | : <i>Global Warming Potential</i> |
| H | : <i>Hierarchist</i> |
| ha | : Hektar |
| HFC | : <i>Hydrofluorocarbon</i> |
| HCFC | : <i>Hydrochlorofluorocarbon</i> |
| HCN | : <i>Hydrogen Cyanide</i> |
| HHV | : <i>Higher Heating Value</i> |
| HPT | : Hama Penyakit Tanaman |
| I | : <i>Individualis</i> |
| ID | : Indonesia |
| IMPACT | : <i>Impact Assessment of Chemical Toxics</i> |



| | |
|------------------------|--|
| incl. | : <i>Include</i> |
| IPCC | : <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> |
| ISO | : <i>The International Organization for Standardization</i> |
| KCL | : <i>Potassium Chloride</i> |
| kg | : <i>Kilogram</i> |
| kJ | : <i>Kilojoule</i> |
| kL | : <i>Kiloliter</i> |
| km | : <i>Kilometer</i> |
| kWh | : <i>Kilowatt-hour</i> |
| L | : <i>Liter</i> |
| LCA | : <i>Life Cycle Assessment</i> |
| LCI | : <i>Life Cycle Inventory</i> |
| LCIA | : <i>Life Cycle Impact Assessment</i> |
| LHV | : <i>Lower Heating Value</i> |
| LPG | : <i>Liquified Petroleum Gas</i> |
| m | : <i>Meter</i> |
| MEUR2011 | : <i>Million Euors In The Year 2011</i> |
| mg | : <i>Miligram</i> |
| MJ | : <i>Megajoule</i> |
| mL | : <i>Mililiter</i> |
| mm | : <i>Milimeter</i> |
| mWh | : <i>Megawatt-hour</i> |
| N ₂ O | : <i>Nitrous Oxide</i> |
| NaOH | : <i>Sodium Hydroxide</i> |
| NEG | : <i>Net Energy Gain</i> |
| NER | : <i>Net Energy Ratio</i> |
| NEV | : <i>Net Energy Value</i> |
| NO _x | : <i>Nitrogen Oxides</i> |
| NPK | : <i>Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K)</i> |
| OC | : <i>Organic Carbon</i> |
| PDF.m ² .yr | : <i>Potentially Disappered Fraction of species per square meter per year</i> |
| PH | : <i>Phillipines</i> |
| pH | : <i>Potensial Hidrogen</i> |
| PLN | : <i>Pembangkit Listrik Nasional</i> |
| PPKL | : <i>Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan</i> |
| PROPER | : <i>Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup</i> |
| Pukan | : <i>Pupuk Kandang</i> |
| RER | : <i>Region Europe</i> |
| RIVM | : <i>Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu</i> |
| RON | : <i>Research Octane Number</i> |

| | |
|------------------|---|
| RoW | : <i>Rest of the World</i> |
| RUEN | : Rencana Umum Energi Nasional |
| S | : Sistem |
| SEC | : <i>Spesific Energy Consumption</i> |
| SF ₆ | : <i>Sulfur Hexafluoride</i> |
| SNI | : Standar Nasional Indonesia |
| SP-36 | : <i>Superphosphate 36%</i> |
| SO _x | : <i>Sulfur Oxides</i> |
| tkm | : Ton-kilometer |
| U | : Unit |
| UF | : Unit Fungsi |
| US | : <i>United States</i> |
| USD2013 | : <i>United States Dollars in the year 2013</i> |
| USLCI | : <i>United States Life Cycle Inventory</i> |
| VOC _s | : <i>Volatile Organic Compounds</i> |

©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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.