

**ANALISIS JEJAK KARBON (*CARBON FOOTPRINT*) DAN EFISIENSI  
ENERGI PRODUKSI TEH HIJAU MENGGUNAKAN METODE *LIFE*  
*CYCLE ASSESSMENT* (LCA) DENGAN BANTUAN SOFTWARE  
OPENLCA DI PPTK GAMBUNG**



**Disusun oleh:**  
**Akbar Fathurrachman**  
**22/23702/THP/STIPP**

**SARJANA TEKNOLOGI INDUSTRI PERKEBUNAN DAN PANGAN  
JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
INSTITUT PERTANIAN STIPER  
YOGYAKARTA**

**2026**

**SKRIPSI**

**ANALISIS JEJAK KARBON (*CARBON FOOTPRINT*) DAN EFISIENSI  
ENERGI PRODUKSI TEH HIJAU MENGGUNAKAN METODE *LIFE*  
*CYCLE ASSESSMENT* (LCA) DENGAN BANTUAN SOFTWARE  
OPENLCA DI PPTK GAMBUNG**

**Disusun oleh :**

**AKBAR FATHURRACHMAN**

**22/23702/THP/STIPP**

**Diajukan kepada Institut Pertanian STIPER Yogyakarta  
untuk memenuhi sebagian dari persyaratan  
Guna memperoleh derajat Sarjana (S1) pada  
Fakultas Teknologi Pertanian**

**INSTIPER**

**SARJANA TEKNOLOGI INDUSTRI PERKEBUNAN DAN PANGAN**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN**

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**

**INSTITUT PERTANIAN STIPER**

**YOGYAKARTA**

**2026**

**HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI**  
**ANALISIS JEJAK KARBON (*CARBON FOOTPRINT*) DAN EFISIENSI**  
**ENERGI PRODUKSI TEH HIJAU MENGGUNAKAN METODE *LIFE***  
***CYCLE ASSESSMENT* (LCA) DENGAN BANTUAN SOFTWARE OPENLCA**  
**DI PPTK GAMBUNG**

Disusun oleh :

**AKBAR FATHURRACHMAN**

**22/23702/THP/STIPP**

Telah dipertahankan dihadapan Dosen Penguji

Pada Tanggal 17 April 2026

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu  
Persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknologi Pertanian  
Institut Pertanian STIPER Yogyakarta

Yogyakarta, 22 April 2026

Disetujui Oleh,  
Dosen Pembimbing

Dosen Penguji

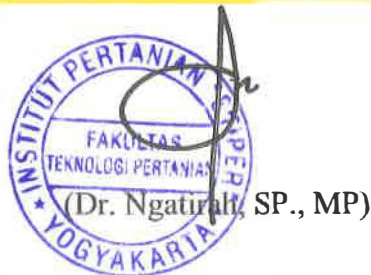


(Reza Widyasaputra, S.TP, M.Si)

(M. Abdul Jabbar Filayati, S.T, M.T.)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Jejak Karbon (*Carbon footprint*) dan Efisiensi Energi Produksi Teh Hijau Menggunakan Metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dengan Bantuan Software OpenLCA di PPTK Gambung”.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih atas bantuan, dorongan, serta bimbingan dari berbagai pihak, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Dengan segala rendah hati dan ketulusan, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada kedua orang tua tercinta dan tersayang. Sembah sujud dan rasa terima kasih yang paling tak terhingga penulis persembahkan kepada Mama tercinta, Lilyanti. Terima kasih telah menjadi sosok yang luar biasa, yang dengan pundak sendirinya mampu memikul beban dunia demi memastikan penulis mendapatkan pendidikan yang layak. Skripsi ini bukan hanya milik penulis, melainkan bukti nyata dari setiap tetes keringat, doa malam yang tak putus, dan kasih sayang tanpa batas yang Mama berikan. Gelar ini adalah kado kecil untuk perjuangan besar Mama. Beban yang bercampur bangga t'lah kurengkuh. Semua berpihak kepadaku, pasti do'amumu yang lancarkan upayaku. Mesti Do'a yang meluncur dari bibirmu. Dan yang kutahu kau takkan pernah berhenti. Tumbuh ku kini, semoga sesuai yang kau impikan.

2. Rasa terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ayah Ilhamsyah, terima kasih atas inspirasi yang Ayah berikan. Pengalaman melihat cara Ayah bekerja di lapangan saat di Kalimantan Barat telah membuka mata penulis terhadap potensi dunia pertanian, yang akhirnya menjadi jalan studi yang penulis tempuh hingga hari ini.
3. Akbar Fathurrachman, ya! Diri saya sendiri. Terimakasih telah berjuang dan selalu berusaha untuk segala hal, menyelesaikan perkuliahan ini dengan penuh kesungguhan dan keikhlasan walaupun banyak tantangan dan rintangan yang dilewati. Terima kasih untuk diri ini karna selalu kuat menjalani hidup hingga hari ini. Selalu ingat kalimat ini “Aku membahayakan nyawa ibu untuk lahir ke dunia, jadi tidak mungkin aku tidak ada artinya”. Tetap semangat untuk terus berusaha, berbahagialah dimanapun kamu berada. Penulis berdoa agar setiap langkahmu selalu dikuatkan, dikelilingi orang baik dan hebat, serta mimpimu satu-persatu akan terjawab. Aamiin.
4. Kepada kakak kandung saya tersayang, Qonita Nabilah. Terima kasih sudah menjadi sosok kakak yang kuat untuk penulis, sosok tauladan, menjadi salah satu alasan penulis bertahan dengan segala hal yang kita jalani selama ini. Terima kasih sudah berbagi kasih dan menjadi kakak yang baik untuk penulis. Terima kasih atas segala hal yang telah diberikan kepada penulis.
5. Kepada kakak saya tersayang, Nanda Pradwiningtyas. Terima kasih atas kasih sayang yang tulus diberikan kepada penulis, selalu memberi semangat dan mengenalkan banyak hal untuk penulis selama berkuliah di Jogja.

6. Kepada Kakek dan Nenek penulis yang selalu mendoakan, memberi kasih sayang, nasehat, serta memberi semangat kepada penulis, selalu heboh ketika penulis pulang ke kampung halaman dan terimakasih untuk masakan yang enak dan bergizi sedari kecil hingga penulis menyelesaikan skripsi ini. Serta tidak lupa kepada seluruh keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis selama penulis melaksanakan kuliah.
7. Bapak Dr. Ir. Harsawardana, M.Eng, selaku Rektor Institut Pertanian STIPER Yogyakarta.
8. Ibu Dr. Ngatirah, SP.,MP selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian STIPER Yogyakarta.
9. Bapak Reza Widyasaputra, S.TP., M.Si selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Institut Pertanian STIPER Yogyakarta.
10. Bapak Reza Widyasaputra, S.TP., M.Si selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, pengarahan, akademik dan segala dukungan yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
11. Bapak Mukhammad Abdul Jabbar Filayati, S.T, M.T. selaku dosen pembimbing II sekaligus penguji yang telah banyak memberikan pandangan baru, motivasi, bimbingan serta arahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi.
12. Kepada seluruh dosen dan staf Institut Pertanian STIPER Yogyakarta, atas segala ilmu, bantuan, dan bimbingan yang diberikan.

13. Bapak Hilman Maulana, S.T., selaku peneliti di PPTK Gambung yang sudah berbagi ilmu dan membuka sudut pandang penulis, menjadi motivasi bagi penulis, serta memberi arahan selama penulis melakukan penelitian.
14. Kepada Pak Yuyun dan keluarga, terima kasih banyak atas semua bantuan yang telah bapak berikan selama saya melakukan penelitian, terima kasih telah menjadi sosok orang tua selama saya di Gambung. Serta kepada keluarga PHE dan seluruh karyawan PPTK yang selalu membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
15. Kepada perempuan yang tidak sengaja saya temui ketika melakukan penelitian sekaligus menjadi perempuan yang penulis sayangi, Shella Aprilia Safitri. Terima kasih banyak atas segala bantuan dan dukungan yang selalu diberi, terima kasih sudah menemani dan menjadi tempat berkeluh kesah bagi penulis selama melaksanakan penelitian hingga penulisan skripsi ini selesai.
16. Kepada sahabat sekaligus sosok keluarga yang menemani penulis dari semasa sekolah menengah hingga perkuliahan di tanah rantau ini dan InsyaAllah berteman hingga di akhirat nanti, Kaka, Aboy, Zidan, Dimas, Iam, Rafi, Iqbal, Atha, Ambon, Rapli, Acil, Peri, Ara, Darin, Urfi, Eka, Aji, Rifki, Mujahid, dan Arung yang sudah berjuang bersama, selalu memberi semangat, selalu memberi bantuan, dan selalu menjadi rumah bagi penulis. Terima kasih atas segala hal yang sudah diberi kepada penulis, semoga kita semua sukses dan bermanfaat bagi sekitar.
17. Kepada sahabat penulis Bertran, Kiel, Aldo, Michael, Huda, Oka, Osa, Fahri, Adit, Dandi, Kevi, Zeni, Riska, Heven dan Adel yang selalu membantu penulis

selama perkuliahan, membuat kuliah penulis menjadi lebih menyenangkan dan terasa lebih ringan. Terima kasih karna sudah mau berbagi waktu bersama penulis, dan semoga ilmu yang kita dapat dapat bermanfaat bagi orang sekitar.

18. Teman-teman Kepengurusan BADAN EKSEKUTIF MAHASISWA INSTIPER 2024-2025 yang memberikan kepada penulis banyak peluang untuk terus berkembang, teman-teman angkatan 2022 yang banyak melewati proses bersama, serta kakak-kakak angkatan 2019-2021 yang memberikan wawasan, dorongan, dan semangat kepada penulis.
19. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang menjadi bagian dari cerita hidup penulis. Penulis ucapkan terima kasih atas bantuan dan dukungan kepada penulis

Pada akhirnya penulis telah berusaha dengan kemampuan yang optimal dalam penyusunan skripsi ini. Namun, penulis menyadari bahwa tidak tertutup kemungkinan di dalamnya terdapat kekurangan-kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca pada umumnya dalam pengembangan ilmu pengetahuan. Terima kasih

Yogyakarta, 22 April 2026

Penulis

## DAFTAR ISI

|  |          |
|--|----------|
| HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....  | ii       |
| KATA PENGANTAR.....  | iii      |
| DAFTAR TABEL .....   | xii      |
| DAFTAR GAMBAR.....   | xiv      |
| DAFTAR LAMPIRAN .....  | xvi      |
| INTISARI .....   | xvii     |
| <i>ABSTRACT</i> .....  | xix      |
| <b>I. PENDAHULUAN</b> .....  | <b>1</b> |
| A. Latar Belakang .....  | 1        |
| B. Rumusan Masalah .....   | 4        |
| C. Tujuan Penelitian .....   | 4        |
| D. Manfaat Penelitian .....  | 5        |
| 1. Luaran Penelitian .....   | 5        |
| 2. Manfaat bagi Pemangku Kepentingan.....                              | 5        |
| E. Kerangka Pemikiran.....   | 6        |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                                      | <b>7</b> |
| A. Gambaran Umum Teh Hijau dan Parameter Mutu .....                    | 7        |
| B. Pengolahan di Pabrik Teh Hijau PPTK Gambung.....                    | 8        |
| 1. <i>Panning</i> /Inaktivasi enzim .....                              | 8        |
| 2. Pendinginan ( <i>Cooling</i> ).....                                 | 9        |
| 3. Penggulungan ( <i>Rolling</i> ) .....                               | 9        |
| 4. Pengeringan ( <i>Drying</i> ).....                                  | 10       |
| C. Konsep Energi Industri & <i>Specific Energy Consumption</i> (SEC).. | 12       |
| D. <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) Berbasis ISO 14040/14044 .....   | 12       |

|   |  |           |
|---|--|-----------|
| E.  | Jejak Karbon ( <i>Carbon footprint</i> ) & GWP100 .....                  | 14        |
| F.  | Pendekatan LCA Menggunakan Data Sekunder ( <i>EF-Based Proxy</i> )<br>15 |           |
| G.  | Penelitian Terdahulu ( <i>State of the Art</i> ) .....                   | 16        |
| <b>III. BAHAN DAN METODE PENELITIAN .....</b> |  | <b>20</b> |
| A.  | Waktu dan Tempat Penelitian .....  | 20        |
| B.  | Ruang Lingkup Penelitian dan Batasan Sistem .....                        | 20        |
| 1.  | Ruang Lingkup .....  | 20        |
| 2.  | Batasan Sistem ( <i>Gate-to-gate</i> ) .....                             | 20        |
| 3.  | Kondisi Operasi Aktual .....   | 21        |
| C.  | Unit Fungsional dan Kriteria <i>Cut-off</i> .....                        | 21        |
| 1.  | Unit Fungsional .....  | 21        |
| 2.  | Kriteria <i>Cut-off</i> .....  | 21        |
| D.  | Alat, Bahan, dan Jenis Data .....  | 21        |
| 1.  | Alat Penelitian .....  | 22        |
| 2.  | Bahan Penelitian .....   | 23        |
| 3.  | Jenis Data .....   | 23        |
| E.  | Metodologi Pengambilan Data Lapangan ( <i>Logsheet</i> ) .....           | 28        |
| 1.  | Desain Pengambilan Data .....  | 28        |
| 2.  | Kadar Air Titik Kritis .....   | 28        |
| 3.  | Normalisasi ke Unit Fungsional .....                                     | 28        |
| 4.  | Alur Penelitian .....  | 29        |
| F.  | Metodologi <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) .....                      | 29        |
| 1.  | <i>Goal &amp; Scope</i> .....  | 30        |
| 2.  | <i>Life Cycle Inventory</i> (LCI) .....                                  | 30        |

|                                      |  |           |
|--------------------------------------|--|-----------|
| 3.                                   | Perhitungan Konsumsi Listrik dengan <i>Clamp meter</i> .....                     | 31        |
| 4.                                   | LCIA ( <i>Life Cycle Impact Assessment</i> ).....                                | 33        |
| 5.                                   | Pemodelan Faktor Emisi Literatur di OpenLCA ( <i>EF-Based Proxy Processes</i> )  | 33        |
| 6.                                   | <i>Interpretation (Hotspot dan QA/QC)</i> .....                                  | 33        |
| G.                                   | Metodologi Audit Energi .....  | 34        |
| 1.                                   | Ruang Lingkup Audit Energi.....  | 34        |
| 2.                                   | Perhitungan <i>Specific Energy Consumption (SEC)</i> .....                       | 34        |
| 3.                                   | Efisiensi Termal (berbasis penguapan air).....                                   | 34        |
| H.                                   | Penyusunan Rekomendasi Perbaikan .....   | 35        |
| I.                                   | Keterbatasan Penelitian.....   | 35        |
| <b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b> |  | <b>36</b> |
| A.                                   | Gambaran Umum Sistem Penelitian dan Pelaksanaan Pengambilan Data .....           | 36        |
| B.                                   | Hasil Pengumpulan Data Primer dan Penyusunan Inventori .....                     | 37        |
| 1.                                   | Neraca Massa dan Rendemen.....   | 37        |
| 2.                                   | Kadar Air pada Titik Kritis Proses .....   | 40        |
| 3.                                   | Konsumsi Energi, Material, dan Limbah Padat.....                                 | 43        |
| 4.                                   | <i>Life Cycle Inventory (LCI) Final per 1 kg Teh Hijau Kering Terkemas</i> ..... | 44        |
| C.                                   | Hasil Audit Energi.....  | 46        |
| 1.                                   | <i>Specific Energy Consumption (SEC) Listrik per Unit Proses</i> .....           | 46        |
| 2.                                   | Kontribusi Energi Termal per Unit Pemanasan.....                                 | 48        |
| 3.                                   | Komposisi <i>Specific Energy Consumption (SEC) Total Sistem</i> .....            | 50        |
| 4.                                   | Efisiensi Termal Unit Pemanasan.....   | 54        |
| D.                                   | Hasil Pemodelan OpenLCA dan Jejak Karbon.....                                    | 55        |

|   |           |
|---|-----------|
| 1. Setup Model OpenLCA .....  | 55        |
| 2. Hasil LCIA Total Kategori Climate Change – GWP100 .....                            | 57        |
| 3. Kontribusi Jejak Karbon Berdasarkan Sumber <i>Input</i> .....                      | 57        |
| 4. Analisis <i>Hotspot</i> per Unit Proses .....                                      | 60        |
| 5. Kontribusi Flow Emisi GRK terhadap GWP100 .....                                    | 62        |
| 6. Akumulasi Dampak Perubahan Iklim Sepanjang Rantai Proses <i>Gate-to-gate</i> ..... | 64        |
| E. Pembahasan Terpadu Hubungan Energi dan Jejak Karbon .....                          | 66        |
| F. Rekomendasi Perbaikan.....   | 70        |
| 1. Identifikasi Area Prioritas Perbaikan.....   | 70        |
| 2. Matriks Prioritas Rekomendasi Perbaikan .....                                      | 71        |
| <b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>   | <b>76</b> |
| A. Kesimpulan .....   | 76        |
| B. Saran.....   | 77        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>  | <b>79</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>  | <b>85</b> |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 1. Research Gap.....  | 17 |
| Tabel 2. Alat yang Digunakan pada Saat Penelitian.....  | 22 |
| Tabel 3. Faktor Konversi dan Sumber Data .....  | 24 |
| Tabel 4. Pengelompokan Life Cycle Inventori.....  | 30 |
| Tabel 5. Variasi rendemen total selama 8 batch produksi teh hijau .....   | 40 |
| Tabel 6. Kadar air pada titik kritis proses pengolahan teh hijau.....   | 40 |
| Tabel 7. Variasi kadar air pada titik kritis proses selama 8 batch produksi teh hijau<br>.....                    | 42 |
| Tabel 8. Rekap konsumsi listrik selama 8 batch.....   | 43 |
| Tabel 9. Rekap konsumsi bahan bakar, material kemasan, dan limbah padat selama<br>8 batch.....                    | 43 |
| Tabel 10. Life Cycle Inventory (LCI) final per 1 kg teh hijau kering terkemas.....                                | 44 |
| Tabel 11. Variasi inventori material dan limbah per functional unit selama 8 batch<br>produksi teh hijau.....     | 45 |
| Tabel 12. Nilai Specific Energy Consumption (SEC) Listrik tiap stasiun proses ..                                  | 46 |
| Tabel 13. Kontribusi energi termal setiap unit pemanasan terhadap 1 kg produk akhir<br>.....                      | 48 |
| Tabel 14. Komposisi SEC total sistem produksi teh hijau .....   | 50 |
| Tabel 15. Variasi konsumsi energi dan Specific Energy Consumption (SEC) selama<br>8 batch produksi teh hijau..... | 52 |
| Tabel 16. Efisiensi termal unit pemanasan .....   | 54 |
| Tabel 17. Setup model OpenLCA untuk sistem produksi teh hijau gate-to-gate ...                                    | 56 |
| Tabel 18. Hasil LCIA total kategori climate change – GWP100 .....   | 57 |
| Tabel 19. Kontribusi jejak karbon berdasarkan sumber input .....  | 58 |
| Tabel 20. Kontribusi berdasarkan unit process.....  | 60 |
| Tabel 21. Kontribusi flow emisi gas rumah kaca terhadap GWP100 per 1 kg teh hijau<br>.....                        | 62 |
| Tabel 22. Akumulasi tiap proses pengolahan terhadap GWP100.....   | 64 |
| Tabel 23. Area prioritas perbaikan berdasarkan hasil audit energi dan LCA.....                                    | 71 |
| Tabel 24. Rekomendasi prioritas perbaikan .....   | 73 |
| Tabel 25. Lampiran rekapitulasi neraca massa seluruh unit proses.....   | 89 |
| Tabel 26. Rekap konsumsi wood pellet dan LPG per batch beserta rasionya .....                                     | 90 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabel 27. Rekap konsumsi listrik per batch beserta rasionya.....                         | 90  |
| Tabel 28. Rekap material kemasan dan limbah padat per batch beserta rasionya ..          | 91  |
| Tabel 29. Rekap rendemen proses per batch .....  | 91  |
| Tabel 30. Lampiran Rekapitulasi Total Energi Listrik Batch 7.....                        | 97  |
| Tabel 31. Logsheets Batch 1 .....  | 104 |
| Tabel 32. Logsheets batch 2.....   | 105 |
| Tabel 33. Logsheets batch 3.....   | 105 |
| Tabel 34. Logsheets batch 4.....   | 106 |
| Tabel 35. Logsheets batch 5.....   | 107 |
| Tabel 36. Logsheets batch 6.....   | 108 |
| Tabel 37. Logsheets batch 7.....   | 109 |
| Tabel 38. Logsheets batch 8.....   | 109 |
| Tabel 39. Rekapitulasi hasil estimasi neraca massa sistem 8 batch.....                   | 111 |
| Tabel 40. Normalisasi hasil estimasi neraca massa ke unit fungsional .....               | 113 |
| Tabel 41. Normalisasi inventori utama sistem ke unit fungsional.....                     | 114 |
| Tabel 42. Ringkasan hasil utama model OpenLCA .....                                      | 123 |
| Tabel 43. Rekap statistik rendemen dan kadar air .....                                   | 124 |
| Tabel 44. Rekap statistik inventori material dan limbah per unit fungsional .....        | 125 |
| Tabel 45. Rekap statistik konsumsi energi dan Specific Energy Consumption (SEC)<br>..... | 125 |
| Tabel 46. Data rendemen total dari 8 batch pengamatan.....                               | 126 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |     |
|---|-----|
| Gambar 1. Kerangka Pemikiran .....  | 6   |
| Gambar 2. Rotary Panner .....   | 9   |
| Gambar 3. Open top roller .....   | 10  |
| Gambar 4. Endless Chain Pressure .....  | 11  |
| Gambar 5. Ball Tea.....   | 11  |
| Gambar 6. System boundary (Gate-to-gate) Pabrik Teh Hijau PPTK Gambung ...  | 36  |
| Gambar 7. Diagram neraca massa antar unit proses produksi teh hijau .....   | 37  |
| Gambar 8. Perubahan massa bahan pada setiap unit proses pengolahan teh hijau .  | 39  |
| Gambar 9. Perubahan kadar air pada titik kritis proses pengolahan teh hijau .....   | 41  |
| Gambar 10. Specific Energy Consumption (SEC) listrik pada setiap unit proses..  | 48  |
| Gambar 11. Persentase kontribusi energi termal pada Rotary Panner, ECP, dan Ball tea.....   | 50  |
| Gambar 12. Persentase kontribusi jenis energi .....   | 51  |
| Gambar 13. Kontribusi unit pemanasan dan efisiensi termal .....   | 55  |
| Gambar 14. Kontribusi jejak karbon berdasarkan sumber input .....   | 59  |
| Gambar 15. Persentase kontribusi berdasarkan unit process .....   | 61  |
| Gambar 16. Persentase kontribusi flow emisi gas rumah kaca terhadap GWP100  | 63  |
| Gambar 17. Grafik akumulasi tiap proses terhadap GWP100.....  | 65  |
| Gambar 18. Hubungan antara konsumsi energi termal dan jejak karbon pada stasiun kerja utama per 1 kg produk teh hijau .....   | 67  |
| Gambar 19. Diagram Sankey distribusi kontribusi jejak karbon berdasarkan sumber input dan unit proses pada sistem produksi teh hijau gate-to-gate di PPTK Gambung.... | 68  |
| Gambar 20. Hubungan antara hasil audit energi dan hasil karakterisasi dampak perubahan iklim .....  | 70  |
| Gambar 21. Matriks rekomendasi prioritas perbaikan.....   | 74  |
| Gambar 22. Tampilan product system produksi teh hijau pada OpenLCA .....  | 118 |
| Gambar 23. Tampilan daftar input-output foreground pada OpenLCA .....   | 119 |
| Gambar 24. Tampilan provider listrik grid JAMALI pada OpenLCA .....   | 119 |
| Gambar 25. Tampilan provider pembakaran LPG pada OpenLCA .....  | 120 |
| Gambar 26. Tampilan provider pembakaran wood pellet pada OpenLCA .....  | 120 |
| Gambar 27. Tampilan provider pembakaran karung plastik pada OpenLCA .....   | 121 |
| Gambar 28. Tampilan provider pembakaran plastik inner pada OpenLCA .....  | 121 |

|   |     |
|---|-----|
| Gambar 29. Hasil LCIA total kategori Climate Change – GWP100 pada OpenLCA<br>.....        | 122 |
| Gambar 30. Tampilan analisis kontribusi berdasarkan sumber input pada OpenLCA<br>.....    | 122 |
| Gambar 31. Tampilan analisis kontribusi berdasarkan unit process pada OpenLCA<br>.....    | 123 |
| Gambar 32. Tampilan analisis kontribusi berdasarkan flow emisi GRK pada<br>OpenLCA.....   | 123 |
| Gambar 33. Pengukuran arus dan tegangan menggunakan clamp meter .....                     | 132 |
| Gambar 34. Dokumentasi penggunaan wood pellet pada unit pemanasan.....                    | 132 |
| Gambar 35. Dokumentasi penggunaan LPG pada unit pemanasan.....                            | 133 |
| Gambar 36. Pengukuran kadar air menggunakan moisture analyzer .....                       | 133 |
| Gambar 37. Dokumentasi unit Rotary Panner saat proses operasi .....                       | 133 |
| Gambar 38. Dokumentasi unit Cooling dan Open Top Roller (OTR) saat proses<br>operasi..... | 134 |
| Gambar 39. Dokumentasi unit Endless Chain Pressure (ECP) saat proses operasi<br>.....     | 134 |
| Gambar 40. Dokumentasi unit Ball tea saat proses operasi.....                             | 134 |
| Gambar 41. Dokumentasi tahap pengepakan produk akhir.....                                 | 135 |
| Gambar 42. Dokumentasi material kemasan dan limbah padat.....                             | 135 |
| Gambar 43. Pengambilan data nameplate untuk perhitungan load factor .....                 | 137 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |     |
|--|-----|
| Lampiran 1. Perhitungan neraca massa sistem produksi teh hijau .....   | 85  |
| Lampiran 2. Rekap konsumsi input per batch, rasio penggunaan input terhadap produk terkemas, dan rendemen proses pada 8 batch produksi teh hijau ..... | 89  |
| Lampiran 3. Perhitungan konsumsi energi listrik menggunakan metode Clamp meter (3 fasa) dan Load factor .....  | 92  |
| Lampiran 4. Perhitungan konsumsi energi termal (wood pellet dan lpg) .....   | 98  |
| Lampiran 5. Perhitungan efisiensi termal dan forced convection .....   | 100 |
| Lampiran 6. Perhitungan Specific Energy Consumption (SEC) .....  | 102 |
| Lampiran 7. Logsheets pengamatan lapangan seluruh batch produksi .....   | 103 |
| Lampiran 8. Rekapitulasi Hasil Estimasi Neraca Massa Sistem 8 Batch dan Normalisasi ke Unit Fungsional .....   | 110 |
| Lampiran 9. Turunan Faktor Emisi, Faktor Konversi, dan Perhitungan Provider OpenLCA .....  | 115 |
| Lampiran 10. Bukti Setup Model OpenLCA dan Hasil Karakterisasi Utama .....   | 118 |
| Lampiran 11. Rekap Perhitungan Statistik Variasi 8 Batch .....   | 124 |
| Lampiran 12. Rubrik dasar penentuan skor evaluasi alternatif perbaikan matriks prioritas berbasis Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) .....        | 128 |
| Lampiran 13. Dokumentasi Visual Kegiatan Pengambilan Data Lapangan .....   | 132 |
| Lampiran 14. Dokumentasi Visual Motor/Peralatan yang Dihitung Menggunakan Pendekatan Nameplate power dan Load factor .....                             | 135 |

**Analisis Jejak Karbon (*Carbon footprint*) dan Efisiensi Energi Produksi Teh Hijau Menggunakan Metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dengan Bantuan Software OpenLCA di PPTK Gambung**

Akbar Fathurrachman<sup>1)\*</sup>, Reza Widyasaputra<sup>2)</sup>, M. Abdul Jabbar Filayati<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,  
Institut Pertanian STIPER, Yogyakarta

<sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut  
Pertanian STIPER Yogyakarta

<sup>3)</sup>Peneliti Department Post-Harvest and Engineering Pusat Penelitian Teh dan  
Kina Gambung, Mekarsari, Pasirjambu, Kota Bandung, Jawa Barat, 40972

\*Email: [ft rhmnakbar@gmail.com](mailto:ft rhmnakbar@gmail.com)

**INTISARI**

Industri pengolahan teh hijau merupakan sektor agroindustri yang intensif energi, khususnya pada tahapan inaktivasi enzim dan pengeringan, yang berdampak langsung terhadap pembentukan emisi gas rumah kaca. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat *Specific Energy Consumption* (SEC) dan mengkuantifikasi jejak karbon (*carbon footprint*) dari proses produksi teh hijau di Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK) Gambung, serta merumuskan rekomendasi perbaikan berbasis pendekatan *cleaner production*. Penelitian ini menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) sesuai standar ISO 14040/14044 dengan batas sistem *gate-to-gate*. Data primer dikumpulkan dari 8 *batch* pengolahan pada periode Januari–Maret 2026. Analisis dampak lingkungan dimodelkan menggunakan perangkat lunak OpenLCA dengan metode karakterisasi CML-IA *baseline* pada kategori *Global Warming Potential* (GWP100) berbasis unit fungsional 1 kg teh hijau kering terkemas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen total sistem produksi adalah sebesar 19,82%. Nilai *Specific Energy Consumption* (SEC) total sistem mencapai 34,56 MJ/kg produk, yang didominasi oleh beban energi termal sebesar 32,65 MJ/kg (94,48%) dan kontribusi energi listrik sebesar 1,91 MJ/kg yang setara dengan 0,5302 kWh/kg. Total jejak karbon sistem adalah sebesar 4,0613 kg CO<sub>2</sub>eq per kg produk berdasarkan hasil pemodelan *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) kategori *Climate Change – GWP100* menggunakan perangkat lunak OpenLCA.

Berdasarkan analisis *hotspot* terhadap sumber *input*, *wood pellet* merupakan penyumbang emisi terbesar dengan kontribusi sebesar 84,54% dari total jejak karbon sistem, diikuti oleh listrik sebesar 11,36% dan LPG sebesar 3,84%. Pada tingkat stasiun kerja, unit pengeringan akhir (*Ball tea*) teridentifikasi sebagai *hotspot* emisi utama dengan kontribusi 49,24% dari total jejak karbon, yang sejalan dengan rendahnya efisiensi termal mesin tersebut sebesar 16,75%. Dengan demikian, prioritas rekomendasi perbaikan difokuskan pada peningkatan efisiensi termal unit pemanasan, terutama melalui pemasangan insulasi termal, optimasi operasi mesin, dan modernisasi sistem pembakaran pada unit *Ball tea*, *Rotary Panner*, dan *Endless Chain Pressure (ECP)*, yang berpotensi menurunkan pemborosan energi dan jejak karbon operasional pabrik.

Kata kunci: Jejak Karbon, *Life Cycle Assessment*, OpenLCA, Produksi Bersih, *Specific Energy Consumption*, Teh Hijau

***Carbon footprint Analysis and Energy Efficiency of Green Tea Production  
Using the Life Cycle Assessment (LCA) Method with the Assistance of  
OpenLCA Software at PPTK Gambung***

Akbar Fathurrachman<sup>1)\*</sup>, Reza Widyasaputra<sup>2)</sup>, M. Abdul Jabbar Filayati<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>*Student of Department Agricultural Product Technology, Faculty of Agricultural  
Technology, STIPER Yogyakarta Agricultural Institute*

<sup>2)</sup>*Lecturer of Department of Agricultural Product Technology, Faculty of  
Agricultural Technology, STIPER Yogyakarta Agricultural Institute*

<sup>3)</sup>*Researcher of the Department of Post-Harvest and Engineering, Gambung Tea  
and Cinchona Research Center, Mekarsari, Pasirjambu, Bandung City, West*

*Java, 40972*

Email: [frhmnakbar@gmail.com](mailto:frhmnakbar@gmail.com)

***ABSTRACT***

*The green tea processing industry is an energy-intensive agro-industrial sector, particularly during the enzyme inactivation and drying stages, which directly impacts the generation of greenhouse gas emissions. This study aims to evaluate the Specific Energy Consumption (SEC) and quantify the carbon footprint of the green tea production process at the Research Institute for Tea and Cinchona (PPTK) Gambung, as well as to formulate improvement recommendations based on the Cleaner production approach. This research employed the Life Cycle Assessment (LCA) method in accordance with ISO 14040/14044 standards, utilizing a gate-to-gate system boundary. Primary data were collected from 8 processing batches during the January–March 2026 period. The environmental impact analysis was modeled using OpenLCA software with the CML-IA baseline characterization method for the Global Warming Potential (GWP100) category, based on a functional unit of 1 kg packaged dry green tea.*

*The results showed that the total production yield was 19.82%. The total Specific Energy Consumption (SEC) of the system reached 34.56 MJ/kg of product, dominated by a thermal energy load of 32.65 MJ/kg (94.48%) and an electrical*

*energy contribution of 1.91 MJ/kg, equivalent to 0.5302 kWh/kg. The total carbon footprint of the system was 4.0613 kg CO<sub>2</sub>eq per kg of product, based on the Life Cycle Impact Assessment (LCIA) results for the Climate Change – GWP100 category modeled using OpenLCA software. Based on the hotspot analysis by input source, wood pellet was the largest contributor at 84.54% of total system emissions, followed by electricity at 11.36% and LPG at 3.84%. At the workstation level, the final drying unit (Ball tea) was identified as the primary emission hotspot, contributing 49.24% of the total carbon footprint, which was consistent with its low thermal efficiency of 16.75%. Accordingly, the priority improvement recommendations are directed toward improving the thermal efficiency of the main heating units, particularly through thermal insulation, operational optimization, and modernization of the combustion system in the Ball tea, Rotary Panner, and Endless Chain Pressure (ECP) units, which are expected to reduce energy waste and the factory's operational carbon footprint.*

*Keywords: Carbon footprint, Cleaner production, Green Tea, Life Cycle Assessment, OpenLCA, Specific Energy Consumption*