

Kajian Literatur Life Cycle Assessment (LCA) Perkebunan Kelapa Sawit di Indonesia

ARIFIANADA AZHARY HANDRIANI¹, KANCITRA PHARMAWATI²

1. Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: fiaazhary02@outlook.com

ABSTRAK

Peningkatan yang signifikan dalam 5 tahun terakhir yang mengindikasikan adanya peningkatan minat terhadap Life Cycle Assessment (LCA) Kelapa Sawit. Artikel ini memiliki tujuan dalam memberikan kajian literatur LCA Kelapa Sawit yang telah dilakukan Indonesia. Lingkup penelitian dibatasi pada penelitian LCA yang diterbitkan pada jurnal nasional dan internasional pada tahun 2013 hingga 2023, dengan media telusur Google Scholar. Terdapat 11 studi LCA Kelapa Sawit di Indonesia. Ruang lingkup LCA perkebunan kelapa sawit di Indonesia sebagian besar adalah cradle to gate, tetapi dengan batasan gate yang bervariasi. Inventori data sangat dipengaruhi oleh ruang lingkup studi, semakin luas lingkup maka semakin banyak data yang dibutuhkan. Penggunaan SimaPro sebagai alat pengolahan data LCA sangat beralasan mengingat dokumentasi dataset yang baik dan terintegrasi dengan ecoinvent. Dampak lingkungan pada hasil penelitian kelapa sawit banyak berfokus pada penilaian GWP, karena mengingat pentingnya dampak gas rumah kaca dalam perubahan iklim global.

Kata kunci: *life cycle assessment, GWP, cradle to gate, kelapa sawit*

1. PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas hortikultura yang berperan penting dalam kegiatan perekonomian di sektor perkebunan, karena kemampuannya menghasilkan minyak sawit (CPO) yang sangat dibutuhkan oleh industri. Areal perkebunan kelapa sawit tersebar di 26 provinsi, dengan total luas areal terbesar berada di Provinsi Riau 2,86 juta hektar. Tingginya permintaan minyak CPO Indonesia ke mancanegara membuat perkembangan industri ini berkembang dengan pesat (BPS, 2021). Hal ini sangat tidak menutup kemungkinan akan berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Oosterveer, 2015).

Potensi dampak negatif tersebut bukan hanya berasal dari kegiatan industri saja tetapi berawal dari ekstraksi bahan alam sebagai bahan baku. Klasifikasi dampak yang ditimbulkan pun bermacam-macam, sehingga diperlukan pendekatan sistematis, salah satunya dengan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) (Chaerul & Allia, 2020).

Tingkat implementasi topik LCA di negara-negara berkembang dan negara berkembang dapat dikatakan sangat terbatas. Kurangnya keahlian pemerintah dan pengusaha untuk memahami LCA merupakan masalah khusus di negara-negara berkembang. Tidak ada cukup praktisi LCA yang berkualitas. Tantangan topik siklus hidup dalam program pendidikan dan penelitian meliputi

kebutuhan akan lebih banyak panduan mengenai penerapan LCA yang masih minim (Curran, 2012)

Implementasi LCA di Indonesia masih dalam tahap awal, sebagaimana dibuktikan dengan jumlah publikasi yang relatif sedikit dibandingkan dengan beberapa negara lain di kawasan Asia Tenggara. Namun, terdapat peningkatan yang mencolok dalam 5 tahun terakhir yang mengindikasikan adanya peningkatan minat terhadap LCA. Tren yang ditangkap sebagian besar laporan dari akademisi dan sebagian kecil dari sektor swasta (Wiloso et al., 2019). Selain itu didukung dengan kebijakan yang terbaru dibuat oleh Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Indonesia No. 1 Tahun 2021 Tentang Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan Pengelolaan Lingkungan Hidup, LCA menjadi syarat kriteria penilaian hijau atau emas perusahaan.

LCA didasarkan ISO 14040 dengan definisi mengevaluasi hasil input, output dan dampak potensial dari sistem produk sepanjang siklus hidupnya (ISO, 2006).

LCA adalah pendekatan dari hulu ke hilir atau *cradle to grave* untuk menilai sistem produk secara kuantitatif. Terdapat 7 prinsip dasar dalam LCA yaitu, persektif daur hidup, focus lingkungan, pendekatan relatif dan unit fungsional, pendekatan iteratif, transparansi, bersifat komprehensif, dan prioritas pendektan ilmiah (Hanafi et al., 2021). LCA terdiri dari empat (4) tahapan yaitu penentuan *goal and scope*, *inventory analysis*, *impact assessment*, dan *interpretation*.

Jurnal ini bertujuan memberikan ulasan terhadap penelitian LCA yang dilakukan di Indonesia, khususnya pada sektor perkebunan kelapa sawit. Diharapkan akan meningkatkan kualitas penelitian LCA.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penulisan jurnal ini adalah dengan *literature review*. Sumber Pustaka menggunakan 11 artikel jurnal dari 10 tahun kebelakang atau selama rentang tahun 2013 hingga 2023. Alasannya agar memperoleh data terbaru dari penelitian terkait LCA Kelapa Sawit di Indonesia. Proses pencarian artikel menggunakan penelusuran pada *GoogleScholar* dengan menuliskan judul terkait LCA kelapa sawit. Artikel tersebut disimpan pada perangkat lunak *reference manager* yaitu Endnote X9, agar memudahkan dalam mengakses, dan mengelola hasil dari artikel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

LCA merupakan alat sistematis yang digunakan untuk menilai aspek lingkungan dan dampak sistem produk dari perolehan bahan baku hingga saatnya produk itu dibuang, sesuai dengan tujuan dan ruang lingkup yang ditentukan (ISO,2006). LCA kelapa sawit di Indonesia cukup berkembang selama 10 tahun terakhir ini dengan fokus penelitian berbeda-beda. Hal ini terjadi karena pada peraturan PermenLHK No. 1 Tahun 2021 Tentang Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Peraturan tersebut mengemukakan bahwa LCA atau penilaian daur hidup sebagai salah satu syarat penilaian perusahaan jika ini meraih peringkat hijau atau emas dalam pengelolaan Lingkungan.

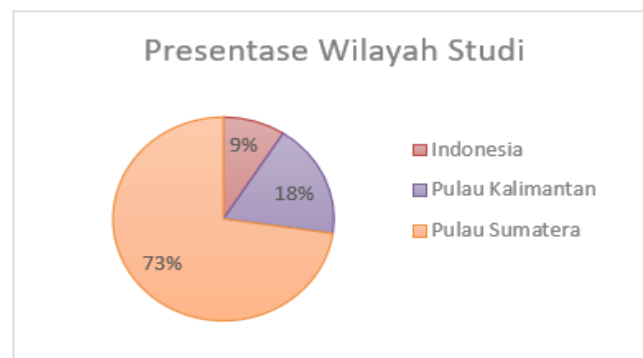
3.1. Identifikasi Hasil Studi LCA Kelapa Sawit di Indonesia

Berdasarkan hasil penelusuran yang dilakukan pada situs *googlescholar* didapatkan 10 penelitian yang berkaitan dengan LCA kelapa sawit di Indonesia. **Tabel 1** menunjukan rangkuman 10 penelitian yang di tinjau.

Tabel 1 Rangkuman Jurnal Tentang LCA di Indonesia

No	Penulis	Judul Penelitian
1	Ahmadi dkk., 2021	<i>Cradle To Gate Life Cycle Assessment Of Palm Oil Industry</i>
2	Al Hakim dkk., 2014	<i>Life Cycle Assessment Pada Pembibitan Kelapa Sawit Untuk Menghitung Emisi Gas Rumah Kaca</i>
3	Andarani dkk., 2018	<i>Life-Cycle Assessment Of Crude Palm Oil Produced At Mill J, PT XYZ, Sumatera Island Using Eco-Indicator 99</i>
4	Harimurti dkk., 2021	Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca Pada Perkebunan Kelapa Sawit Dengan Pendekatan <i>Life Cycle Assessment</i>
5	Hasibuan dkk., 2018	<i>Life Cycle Impact Assessment Produksi Biodiesel Sawit Untuk Mendukung Keberlanjutan Hilirisasi Industri Sawit Indonesia</i>
6	Iestari dkk., 2021	<i>Life Cycle Assessment (LCA) Untuk Rantai Pasok Agroindustri Perkebunan Kelapa Sawit</i>
7	Rinaldo dkk., 2023	<i>Life Cycle Assessment Produksi Crude Palm Oil (CPO)(Studi Kasus: PT X Provinsi Bengkulu)</i>
8	Sari dkk., 2023	<i>Life Cycle Assessment (LCA) In Palm Oil Plantation And Mill With Impact Categories Global Warming Potential, Acidification, And Eutrophication</i>
9	Siregar dkk., 2020	<i>Implementation Of Life Cycle Assessment (LCA) For Oil Palm Industry In Aceh Province, Indonesia</i>
10	Soraya dkk., 2014	<i>Life Cycle Assessment Of Biodiesel Production From Palm Oil In Indonesia</i>
11	Wahyono dkk., 2020	<i>Assessing The Environmental Performance Of Palm Oil Biodiesel Production In Indonesia: A Life Cycle Assessment Approach</i>

Wilayah studi LCA sebagian besar berasal dari perkebunan kelapa sawit yang berada di daerah pulau sumatera , hal ini dipengaruhi oleh areal perkebunan kelapa sawit terbesar berada di Pulau Sumatera (BPS, 2021). Berikut adalah **Gambar 1** Presentase Penelitian Kelapa Sawit Berdasarkan Wilayah Studi.



Gambar 1 Presentase Penelitian Kelapa Sawit Berdasarkan Wilayah Studi

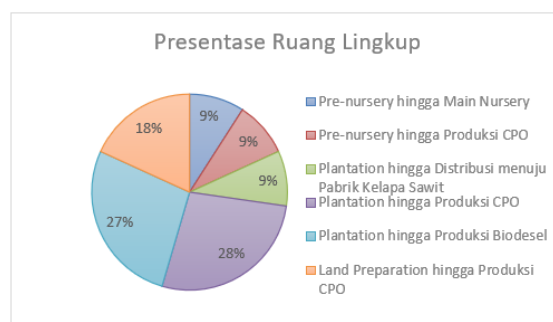
3.2. Ketersediaan Data

Data yang digunakan dalam analisis LCA harus representatif dan relevan dengan tujuan penelitian. Hal ini dipengaruhi oleh tiga aspek yaitu geografi, ruang lingkup dan teknologi yang digunakan (ISO, 2006). Kajian LCA di Indonesia sebaiknya menggunakan *database* dari negara sendiri. Namun, untuk saat ini basis data milik Indonesia masih terbatas. Oleh karena itu, beberapa peneliti menggunakan *database* yang dapat diakses secara bebas yang tersedia dalam perangkat lunak yang digunakan untuk mengukur LCA. Sebagai contoh, penelitian Wahyono et al. (2020) menggunakan *ecoinvent 3* sebagai basis datanya. Perbedaan geografi, perkembangan teknologi, dan kondisi ekonomi antara negara maju dan negara berkembang sangat mempengaruhi kerepresentatifan dan validitas dari analisis yang dimodelkan (Chaerul & Allia, 2020).

Hal ini membuat para peneliti khususnya di bidang LCA mengusulkan pembuatan basis data IDN-LCI. Basis data ini sangat penting untuk menyederhanakan penilaian, karena LCA sudah termasuk dalam penilaian PROPER. Basis data ini akan terdiri dari agroindustry, produksi energi, mineral, sumber daya energi, produksi makanan, manufaktur, bangunan, dan lain sebagainya. Pengembangan basis data yang terstandarisasi membutuhkan partisipasi dari para pemangku kepentingan. Para pemangku kepentingan terdiri dari akademisi, pengusaha, pemerintah, dan masyarakat. (Siregar, Setiawan, Wiloso, Miharza, & Sofia, 2020).

3.3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup merupakan batasan sistem dan tingkat perincian dari LCA. Kedalaman LCA bisa sangat berbeda tergantung pada tujuan LCA tertentu. Lingkup LCA di bagi menjadi beberapa yaitu *gate to gate*, *cradle to gate*, dan *cradle to grave*. Pada penelitian LCA kelapa sawit di Indonesia sebagian besar menggunakan *cradle to gate* sebagai batasan sistem. Penelitian akan berawal dari proses *land preparation*, *pre-nursery*, atau *plantation*, tetapi dengan *gate* yang bervariasi. Berikut adalah **Gambar 2** Presentase Batasan Sistem LCA Kelapa Sawit Indonesia.



Gambar 2 Presentase Batasan Sistem LCA Kelapa Sawit Indonesia

3.4. Unit Fungsional

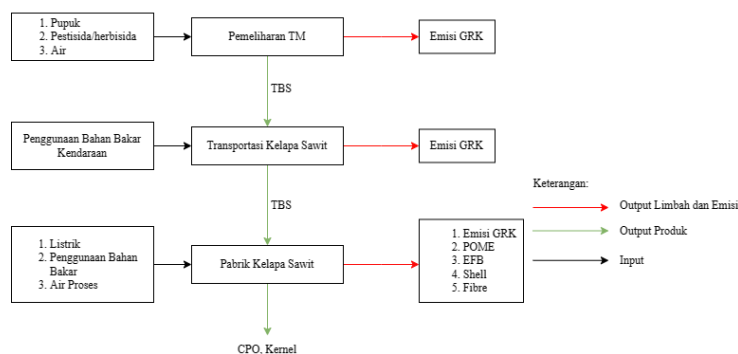
Unit fungsional adalah kinerja yang terukur dari sistem produk untuk digunakan sebagai unit acuan. Sehingga semua analisis akan merujuk pada unit tersebut (ISO, 2006). Unit fungsi LCA kelapa sawit di Indonesia secara umum adalah 1 ton CPO yang dihasilkan, karena di tinjau dari tujuan dan ruang lingkup yang sudah ditentukan merujuk pada produksi CPO.

Penelitian yang dilakukan oleh Al Hakim, Supartono, and Suryandono (2014) unit fungsi yang digunakan adalah KgCO_2 /bibit kelapa sawit. Hal ini didasarkan pada tujuan dilakukan penelitian adalah mengukur dampak lingkungan *Global Warming Potential* (GWP) dalam bentuk emisi gas rumah kaca yang dilepaskan selama proses pembibitan. Sedangkan pada penelitian Soraya et al. (2014) dan Hasibuan and Thaheer (2017) mengukur unit fungsionalnya sebagai 1 ton Biodiesel.

3.5. Inventori Data

Pengumpulan dan analisis inventarisasi data adalah bagian paling sulit, karena 80% waktu dihabiskan untuk mengumpulkan data selama analisis LCA. Pengumpulan data dapat menggunakan pengukuran langsung dan data sekunder. Terdapat kekurangan dan kelebihan dari setiap pengambilan data. Pengukuran langsung akan membutuhkan biaya dan waktu yang lama, tetapi kuantitas data akan akurat. Sedangkan data sekunder dapat dikumpulkan dari industri, laporan pemerintah, laporan penelitian, dan lain-lain. Namun pengumpulannya cukup sulit karena perbedaan standar yang digunakan (Siregar, Setiawan, et al., 2020).

Data yang dikumpulkan pada LCA Kelapa Sawit umumnya dibagi menjadi beberapa bagian sesuai ruang dan lingkup yang sudah ditentukan. Semakin luas ruang lingkup *cradle to gate* yang digunakan maka akan semakin banyak data yang dibutuhkan begitupun sebaliknya. Sebagai contoh ruang lingkup *cradle to gate*, proses pemeliharaan TM hingga produksi CPO di bagi menjadi 3 bagian yang dapat dilihat pada **Gambar 3** dibawah ini.



Gambar 3 Contoh Inventori Data *Cradle to Gate* (Pemeliharaan TM hingga Produksi CPO)

3.6. Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data LCA saat ini sudah bisa menggunakan perangkat lunak yang dikembangkan agar mempermudah dalam pengolahan data. 6 dari 11 penelitian menggunakan perangkat lunak Simapro dalam pengolahan datanya (Ahmadi et al., 2021; Andarani et al., 2018; Rinaldo, Suprihatin, & Yani, 2023; Sari, Rahmah, Sasongko, & Technology, 2023; Soraya et al., 2014; Wahyono et al., 2020) dan 1 dari 11 menggunakan OpenLCA (Lestari et al., 2022). Sedangkan selebihnya tidak dijelaskan secara terperinci bagaimana cara pengolahan datanya (Al Hakim et al., 2014; Harimurti, 2021; Hasibuan & Thaheer, 2017; Siregar, Nasution, et al., 2020). SimaPro dipilih sebagai alat analisis karena sudah lebih dari 30 tahun, digunakan oleh perusahaan, konsultan, dan universitas di lebih dari 80 negara (Arba, Syahtaria, & Thamrin, 2022). Selain itu dokumentasi dataset yang baik dan terintegrasi dengan *ecoinvent* sehingga banyak peneliti yang

memilih SimaPro sebagai perangkat lunak untuk pengolahan LCA (Silva, Nunes, Moris, Piekarski, & Rodrigues, 2017).

Peneliti di Indonesia belakangan ini mengembangkan perangkat lunak LCA untuk kelapa sawit dan dapat diakses secara online secara terbatas pada domain www.dpalmca.id. Perangkat lunak ini sudah selesai dalam tahap evaluasi dan validasi oleh ahli LCA dari Indonesia *Life Cycle Assessment Network* (ILCAN). Sehingga diharapkan dapat digunakan pada perusahaan kelapa sawit dan dimodifikasi sesuai tujuan perusahaan (Siregar, Susanto, Setiawan, & Sofiah, 2022).

3.7. Kategori Dampak Lingkungan

Tahapan LCIA mengelompokkan hasil LCI kedalam kategori dampak. Fase ini bertujuan mengevaluasi dampak lingkungan potensial berdasarkan hasil LCI (ISO, 2006). Dampak lingkungan pada hasil penelitian kelapa sawit banyak berfokus pada penilaian GWP. GWP merupakan salah satu indikator dalam analisis LCA yang mengukur dampak gas rumah kaca (GRK) dari suatu produk atau proses terhadap perubahan iklim dalam jangka waktu tertentu. Kelapa sawit adalah salah satu komoditas pertanian yang telah menjadi perhatian karena dampak lingkungannya, terutama terkait dengan penggunaan pupuk, pestisida, dan penggunaan bahan bakar (Al Hakim et al., 2014; Harimurti, 2021; Lestari et al., 2022; Siregar, Nasution, et al., 2020).

Metode CMLIA terbagi menjadi *baseline* dan *non-baseline*. *Baseline* merupakan kategori dampak yang paling sering dipakai pada penilaian LCA (Rinaldo et al., 2023; Sari et al., 2023; Soraya et al., 2014). Metode CML 2001 *Baseline* memiliki 8 dampak lingkungan yang diukur yaitu: *Climate Change* (Perubahan Iklim), *Acidification*, *Depletion of Abiotic Resources* (Penipisan Sumber Daya Abiotik), *Ecotoxicity*, *Eutrophication*, *Human Toxicity*, *Ozon layer depletion* (Penipisan Lapisan Ozon) dan *Photochemical Oxidation* (Acero, Rodrigues, & Ciroth, 2017).

IMPACT 2002+, Eco-indicator 99, dan ReCipe menghubungkan hasil LCI melalui beberapa kategori *midpoint* dan *endpoint* terhadap empat kategori kerusakan (kesehatan manusia, kualitas ekosistem, perubahan iklim, dan sumber daya) (Acero et al., 2017).

4. KESIMPULAN

Terdapat 11 penelitian LCA Kelapa Sawit di Indonesia yang diterbitkan pada jurnal nasional maupun internasional, dari hasil telusur situs *googlescholar* dari tahun 2013 hingga 2023. Sebagian besar ruang lingkup LCA perkebunan kelapa sawit di Indonesia adalah *cradle to gate*, tetapi dengan batasan *gate* yang bervariasi. Inventori data sangat dipengaruhi oleh ruang lingkup studi, semakin luas lingkup maka semakin banyak data yang dibutuhkan. Penggunaan SimaPro sebagai alat pengolahan data LCA sangat beralasan mengingat dokumentasi dataset yang baik dan terintegrasi dengan ecoinvent. Dampak lingkungan pada hasil penelitian kelapa sawit banyak berfokus pada penilaian GWP, karena mengingat pentingnya dampak gas rumah kaca dalam perubahan iklim global.

DAFTAR RUJUKAN

Acero, A. P., Rodrigues, C., & Ciroth, A. (2017). *LCIA Methods Impact Assessment Methods in Life Cycle Assessment and Impact Categories*. Berlin, Germany.

- Ahmadi, Mahidin, Faisal, M., Siregar, K., Erdiwansyah, Masturah, R., & Nasrullah. (2021). *Cradle to Gate Life Cycle Assessment of Palm Oil Industry*. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- Al Hakim, H. M., Supartono, W., & Suryandono, A. J. Z. a. M. I. P. (2014). Life Cycle assessment pada pembibitan kelapa sawit untuk menghitung emisi gas rumah kaca. *39*(2), 72-80.
- Andarani, P., Nugraha, W. D., Sawitri, D., & Budiawan, W. (2018). *Life-cycle assessment of crude palm oil produced at mill J, PT XYZ, Sumatera Island using eco-indicator 99*. Paper presented at the MATEC Web of Conferences.
- Arba, Y., Syahtaria, I., & Thamrin, S. (2022). Jurnal Review: Perbandingan Pemodelan Perangkat Lunak Life Cycle Assessment (LCA) Untuk Teknologi Energi. *Citizen: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, *2*(2).
- BPS. (2021). *Statistik Kelapa Sawit Indonesia Tahun 2021* (H. Direktorat Statistik Tanaman Pangan, dan Perkebunan Ed.). Jakarta, Indonesia: Badan Pusat Statistik.
- Chaerul, M., & Allia, V. J. J. S. E. (2020). Tinjauan kritis studi life cycle assessment (LCA) di Indonesia. *5*(1).
- Curran, M. A. (2012). *Life cycle assessment handbook: a guide for environmentally sustainable products*. John Wiley & Sons.
- Hanafi, J., Hermana, J., Siregar, K., Chairani, E., Azis, M. M., Iswara, A. P., . . . Adiwijaya, D. (2021). *Pedoman Penyusunan Laporan Penilaian Daur Hidup (LCA)*. Jakarta, Indonesia: Direktorat Jendral Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI.
- Harimurti, D. (2021). Pengurangan emisi gas rumah kaca pada perkebunan kelapa sawit dengan pendekatan life cycle assessment. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, *11*(1), 1-9.
- Hasibuan, S., & Thaheer, H. J. P. S. (2017). Life Cycle Impact Assessment Produksi Biodiesel Sawit Untuk Mendukung Keberlanjutan Hilirisasi Industri Sawit Indonesia. *3*(2), C47. 41-47.
- ISO 14044: Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines, (2006).
- Lestari, F., Hawari, N. A., & Maureka, R. (2022). *Life Cycle Assessment (LCA) untuk Rantai Pasok Agroindustri Perkebunan Kelapa Sawit*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru,
- Oosterveer, P. J. J. o. C. P. (2015). Promoting sustainable palm oil: viewed from a global networks and flows perspective. *107*, 146-153.
- Rinaldo, R., Suprihatin, S., & Yani, M. J. A. J. T. I. P. (2023). Life cycle assessment produksi crude palm oil (CPO)(studi kasus: PT X Provinsi Bengkulu). *17*(3), 651-659.
- Sari, D. A. P., Rahmah, A., Sasongko, N. A. J. I. J. o. M. S., & Technology. (2023). Life Cycle Assessment (LCA) in Palm Oil Plantation and Mill with Impact Categories Global Warming Potential, Acidification, and Eutrophication. *10*(2), 797-807.
- Silva, D., Nunes, A., Moris, V., Piekarski, C., & Rodrigues, T. (2017). *How important is the LCA software tool you choose Comparative results from GaBi, openLCA, SimaPro and Umberto*.
- Siregar, K., Nasution, I. S., Sofiah, I., & Miharza, T. (2020). *Implementation of Life Cycle Assessment (LCA) for oil palm industry in Aceh Province, Indonesia*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Siregar, K., Setiawan, A. A. R., Wiloso, E. I., Miharza, T., & Sofia, I. (2020). *IDN-LCI: The conceptual framework of the Indonesian life cycle inventory database to support the life cycle assessment*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.

- Siregar, K., Susanto, D., Setiawan, A. A., & Sofiah, I. (2022). *Development Software to Evaluate Environmental Impact for Palm Oil (Elaeis guineensis Jacq) Industry using Life Cycle Assessment Approach in Indonesia*. Paper presented at the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.
- Soraya, D. F., Gheewala, S. H., Bonnet, S., Tongurai, C. J. J. o. S. E., & Environment. (2014). Life cycle assessment of biodiesel production from palm oil in Indonesia. *5*, 27-32.
- Wahyono, Y., Hadiyanto, H., Budihardjo, M. A., & Adiansyah, J. S. J. E. (2020). Assessing the environmental performance of palm oil biodiesel production in indonesia: A life cycle assessment approach. *13*(12), 3248.
- Wiloso, E. I., Nazir, N., Hanafi, J., Siregar, K., Harsono, S. S., Setiawan, A. A. R., . . . Shantiko, B. J. T. I. J. o. L. C. A. (2019). Life cycle assessment research and application in Indonesia. *24*, 386-396.