

## Kajian *Life Cycle Assessment* (LCA) pada Proses Produksi Susu Segar di KUD Sido Luhur

Ahmad Erlan Afiuddin<sup>1\*</sup>, Arum Putri Nur Romadhon<sup>1</sup>, Alma Vita Sophia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

\*E-mail: [erlan.ahmad@ppns.ac.id](mailto:erlan.ahmad@ppns.ac.id)

### Abstrak

Sektor industri pengolahan susu di Indonesia mengalami peningkatan produksi setiap tahunnya. Koperasi Unit Desa (KUD) Sido Luhur yang terletak di Kabupaten Kediri merupakan koperasi yang bergerak di bidang produksi susu. Kegiatan produksi susu mulai dari peternakan hingga pengangkutan susu ke pabrik pengolahan susu menimbulkan emisi dan limbah yang mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dampak lingkungan dari proses produksi susu segar di KUD Sido Luhur dengan metode *Life Cycle Assessment* (LCA). Batasan sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah *gate to gate* yang meliputi kegiatan di peternakan, penampungan susu, hingga transportasi susu. Analisis dampak lingkungan dilakukan menggunakan *software* OpenLCA 1.11.0 dengan metode CML-IA *Baseline*. Hasil penelitian menunjukkan besarnya nilai dampak untuk setiap 1 kg produksi susu segar yaitu *global warming potential* (GWP) yaitu 2,39 kg CO<sub>2</sub> eq, eutrofikasi sebesar 1,11 x 10<sup>-2</sup> kg PO<sub>4</sub> eq, asidifikasi sebesar 1,03 x 10<sup>-2</sup> kg SO<sub>2</sub> eq, *human toxicity* sebesar 2,36 x 10<sup>-2</sup> Kg 1,4-DB eq, dan oksidasi fotokimia sebesar 7,32 x 10<sup>-4</sup> Kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq. Titik *hotspot* berada pada kegiatan peternakan dengan dampak paling besar adalah eutrofikasi.

**Keywords:** Susu segar, dampak lingkungan, LCA, CML-IA *Baseline*, OpenLCA 1.11.0.

### 1. PENDAHULUAN

Susu segar telah diproduksi di berbagai daerah di Indonesia dan Jawa Timur merupakan daerah penghasil susu segar terbesar di Indonesia. Koperasi Unit Desa (KUD) Sido Luhur merupakan salah satu koperasi yang bergerak di bidang produksi susu segar yang berlokasi di Kecamatan Gurah, Kabupaten Kediri. Koperasi ini menjadi tempat penampungan susu dari peternak-peternak yang selanjutnya akan diangkut ke pabrik pengolahan susu. KUD Sido Luhur memiliki 26 anggota peternak dengan total populasi sapi sebanyak 150 ekor. Serangkaian kegiatan yang dilakukan peternak untuk memproduksi susu segar hingga diolah di koperasi tersebut menghasilkan limbah dan emisi yang memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Limbah-limbah tersebut antara lain kotoran sapi, limbah cair dari kegiatan pembersihan sapi dan kandang, pencemaran udara dari transportasi yang digunakan untuk pengangkutan pakan dan susu, limbah dari kegiatan pendinginan susu di koperasi, dan masih banyak kemungkinan limbah lain yang dapat dihasilkan. Limbah yang dihasilkan dari aktivitas produksi susu segar kebanyakan belum bisa ditangani dengan maksimal sehingga berdampak pada lingkungan sekitar (Khalil dkk., 2019).

Adanya permasalahan tersebut, maka dibutuhkan suatu metode pendekatan untuk mengidentifikasi dampak lingkungan akibat kegiatan proses produksi susu segar. *Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan suatu metode untuk mengevaluasi input, output dan potensi dampak lingkungan pada daur hidup suatu sistem produk berdasarkan SNI ISO 14040 dan 14044. LCA juga merupakan metode untuk mengetahui secara menyeluruh sumber daya yang digunakan, konsumsi energi, biaya, dan menganalisis dampak lingkungan dalam satu siklus hidup. Penerapan metode LCA telah digiatkan oleh pemerintah Indonesia dengan dikeluarkannya PerDirjen PPKL No. P14/PPKL/SET/DIK.0/9/2018 tentang Materi Pelatihan Penilaian Daur Hidup PROPER. Penetapan peraturan ini, dimaksudkan agar perusahaan dapat mengetahui potensi pencemaran yang akan muncul, mempertimbangkan pengambilan keputusan serta penggunaan bahan baku dan energi yang diperlukan selama proses produksi produk tersebut.

Implementasi metode LCA pada proses produksi susu segar akan memberikan informasi terkait penggunaan energi, limbah, dan emisi yang dihasilkan dari proses produksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi pencemaran dan mengevaluasi dampak lingkungan yang terjadi akibat aktivitas produksi susu segar di peternakan sapi perah. Penelitian LCA pada proses produksi susu segar dilakukan di KUD Sido Luhur yang beranggotakan para peternak sapi perah skala kecil.

## 2. METODE

Penelitian dilakukan di Koperasi Unit Desa (KUD) Sido Luhur dan anggota peternaknya. Data yang digunakan berupa data primer dan sekunder yang diambil pada bulan Maret – April 2023. Data primer didapatkan dari hasil wawancara dengan peternak dan pengurus KUD, data monitoring koperasi, serta hasil observasi lapangan. Pengambilan sampel peternak dilakukan dengan teknik *random sampling* dan secara *accidental sampling* dilakukan saat peternak menyetorkan susu ke KUD. Terdapat 7 anggota peternak yang menjadi narasumber wawancara pada penelitian ini. Data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain data populasi sapi, jumlah produksi susu, jumlah pakan, jumlah penggunaan air dan listrik, sistem pengelolaan kotoran ternak, dan jarak tempuh transportasi. Data sekunder berasal dari sumber literatur seperti penelitian terdahulu, artikel ilmiah dan peraturan pemerintah. Adapun data emisi GRK dari kegiatan peternakan, penggunaan listrik dan transportasi dihitung berdasarkan dengan mengikuti panduan yang dikeluarkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) (Eggleston, 2006).

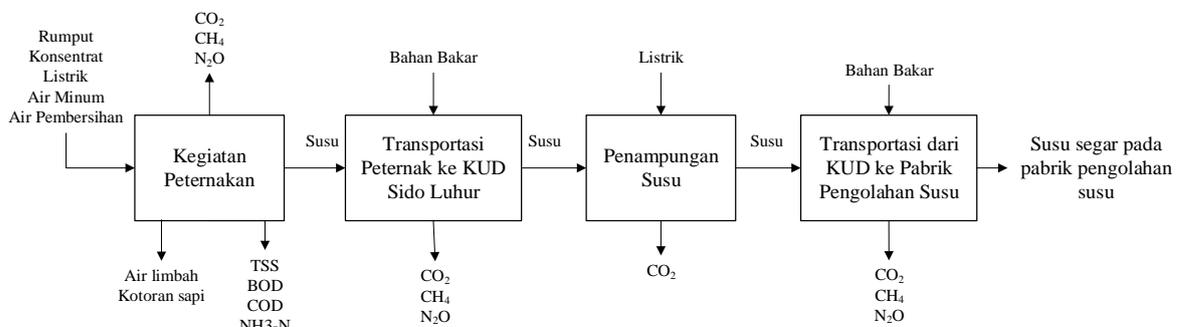
Metode yang digunakan untuk menganalisis dampak lingkungan adalah *Life Cycle Assessment* (LCA) yang sesuai dengan *framework* ISO 14040 (2016). Metode ini terdiri atas empat tahapan yaitu (1) penentuan tujuan dan ruang lingkup (*goal and scope definition*), (2) inventarisasi daur hidup (*life cycle inventory*), (3) penilaian dampak daur hidup (*life cycle impact assessment*), dan (4) interpretasi hasil (*interpretation*). Analisis dilakukan menggunakan *software* OpenLCA 1.11.0 menggunakan metode CML-IA *baseline*. Metode ini dikembangkan pada tahun 2001 oleh sekelompok peneliti di Pusat Ilmu Lingkungan Universitas Leiden, yang mengusulkan serangkaian metode karakterisasi dan kategori dampak untuk penilaian dampak lingkungan. Metode CML dapat memunculkan dampak lingkungan dari model sistem yang dievaluasi menggunakan 11 indikator titik tengah (*midpoint*), misalnya pemanasan global, penipisan ozon, pengasaman air, pembentukan oksidan fotokimia, dan eutrofikasi air (Lozano, 2019).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pada proses produksi susu segar terdiri dari tiga bagian, yang pertama adalah kegiatan di peternakan, penampungan susu, dan terakhir adalah transportasi. Kegiatan di peternakan antara lain pemeliharaan sapi dan pemerahan susu dengan sistem tradisional oleh para peternak skala kecil. Selanjutnya, susu disetorkan oleh masing-masing peternak menggunakan sepeda motor ke KUD yang juga tempat penampungan susu. Apabila susu telah terkumpul, selanjutnya susu diangkut menggunakan truk tangki dengan kapasitas 5.300 liter menuju pabrik pengolahan susu. Setiap proses kegiatan yang dilakukan, menimbulkan beban emisi yang dapat berasal dari limbah, penggunaan listrik, dan penggunaan bahan bakar transportasi. Kajian *life cycle assessment* (LCA) dilakukan menggunakan *software* OpenLCA 1.11.0 dengan metode CML-IA *baseline*. Hasil dari kajian ini akan menunjukkan dampak terbesar dari sebuah proses atau disebut juga titik *hotspot*.

### Tujuan dan Ruang Lingkup

Penentuan tujuan dan ruang lingkup akan menjadi dasar dalam melakukan inventarisasi data hingga penilaian dampak lingkungan yang dihasilkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dampak lingkungan yang terjadi pada satu siklus produksi susu segar. Sedangkan batas sistem yang dikaji dalam penelitian ini yaitu *gate to gate* dimana terbatas hanya pada kegiatan peternakan, transportasi peternak ke KUD, penampungan susu, dan kegiatan transportasi dari KUD ke pabrik pengolahan susu. Ruang lingkup dan alur proses produksi dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Untuk unit fungsi yang digunakan dalam kajian LCA ini yaitu satu kg susu segar. Sehingga, hasil dampak lingkungan yang dihasilkan adalah dampak dari setiap satu kg susu segar yang diproduksi.



Gambar 1. Ruang Lingkup dan Alur Proses Produksi Susu Segar

### Inventarisasi Daur Hidup

Kegiatan inventarisasi daur hidup pada produksi susu segar yaitu proses pemasukan data-data yang telah

diperoleh sebelumnya. Data tersebut meliputi data input dan output yang berupa jumlah bahan baku, energi, produk, dan emisi. Data pada tahap ini adalah data satu siklus daur hidup produk selama satu tahun pada tahun 2022 untuk data sekunder yang meliputi jumlah populasi, penggunaan listrik, dan jumlah susu yang didistribusikan. Sedangkan untuk data primer berupa hasil wawancara dan pengujian merupakan data yang digeneralkan untuk satu tahun. Pada tahap inventarisasi ini juga dilakukan perhitungan dan pengolahan data. Data Inventori pada proses produksi susu segar di KUD Sido Luhur dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Inventori Proses Produksi Susu Segar

Unit Kegiatan	Input-Output	Data Inventori	Satuan	Jumlah
Kegiatan Peternakan	Input	Rumput	Ton	1.239,69
		Konsentrat	Ton	282,88
		Air pakan dan minum sapi	m <sup>3</sup>	1.134,79
		Air pembersihan kandang	m <sup>3</sup>	7.008,00
		Listrik	kWh	3.626,10
	Output	Air limbah	m <sup>3</sup>	5.256,00
		Susu segar	Ton	156,61
	Emisi ke Udara	CO <sub>2</sub>	Ton CH <sub>4</sub>	3,15
		N <sub>2</sub> O	Ton CO <sub>2</sub>	0,02
		CH <sub>4</sub>	Ton N <sub>2</sub> O	9,27
	Emisi ke Tanah	Kotoran sapi	Ton	876,00
	Emisi ke Air	TSS	Ton	4,52
		BOD	Ton	1,37
		COD	Ton	4,06
		NH <sub>3</sub> -N	Ton	3,62
pH		-	7,70	
Transportasi Peternak ke KUD Sido Luhur	Input	Susu segar	Ton	156,61
		Kendaraan peternak	t.km	287.276,71
		BBM	m <sup>3</sup>	0,0015
	Output	Susu segar	Ton	156,61
	Emisi	CH <sub>4</sub>	Ton CH <sub>4</sub>	0,01
		CO <sub>2</sub>	Ton CO <sub>2</sub>	3,26
		N <sub>2</sub> O	Ton N <sub>2</sub> O	0,0001
		SO <sub>2</sub>	Ton SO <sub>2</sub>	0,0003
		CO	Ton CO	0,57
		PM <sub>10</sub>	Ton PM <sub>10</sub>	0,01
NO <sub>x</sub>		Ton NO <sub>x</sub>	0,01	
Input	Susu segar	Ton	156,61	
	Listrik	kWh	9.713,71	

Unit Kegiatan	Input-Output	Data Inventori	Satuan	Jumlah
Penampungan Susu di KUD Sido Luhur	Output	Susu segar	Ton	156,61
		CO <sub>2</sub>	Ton CO <sub>2</sub> eq	8,45
Transportasi dari KUD ke Pabrik Pengolahan Susu	Input	Susu segar	Ton	156,61
		Kendaraan pengangkut	t.km	62.415.005,17
		BBM	m <sup>3</sup>	37,10
	Output	Susu segar	Ton	430,17
	Emisi	CH <sub>4</sub>	Ton CH <sub>4</sub>	0,002
		CO <sub>2</sub>	Ton CO <sub>2</sub>	94,14
		N <sub>2</sub> O	Ton N <sub>2</sub> O	0,005
		SO <sub>2</sub>	Ton SO <sub>2</sub>	0,12
		CO	Ton CO	1,19
		PM <sub>10</sub>	Ton PM <sub>10</sub>	0,20
NO <sub>x</sub>	Ton NO <sub>x</sub>	2,50		

### Penilaian Dampak Daur Hidup

Penilaian dampak pada daur hidup produk susu segar dilakukan untuk mengevaluasi dampak lingkungan yang dihasilkan berdasarkan hasil analisis inventori. Data-data yang telah diinventarisasi kemudian diolah menggunakan *software* OpenLCA 1.11.0. Penilaian dampak lingkungan dilakukan dengan menggunakan metode CML-IA Baseline. Penggunaan metode penilaian dampak ini telah umum digunakan untuk studi LCA pada sektor susu sehingga paling cocok untuk studi perbandingan (Finnegan, 2021 dalam Santos dkk., 2022). Hasil dampak yang dianalisis disajikan dalam bentuk deskriptif dan tabel agar hasil data lebih mudah dipahami dan terlihat perbandingannya.

#### a. Characterization

Tahapan *characterization* merupakan proses mengukur kontribusi dampak kegiatan pada setiap indikator dampak, dengan cara mengalikan senyawa yang berpengaruh pada *impact category* dengan *characterization factor* sehingga dapat menunjukkan kontributif relatif dari berbagai senyawa tersebut. Sebanyak 5 dari 11 kategori dampak pada metode CML-IA Baseline muncul dari hasil analisis ini. Hasil dari proses *characterization* dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Analisis *Characterization* Proses Produksi Susu Segar

Kategori Dampak	Satuan	Total	Kegiatan Peternakan	Transportasi Peternak	Penampungan Susu	Transportasi dari KUD ke Pabrik Pengolahan Susu
Asidifikasi	kg SO <sub>2</sub> eq/kg	$1,03 \times 10^{-2}$	0	$4,04 \times 10^{-5}$	0	$1,03 \times 10^{-2}$
Eutrofikasi	kg PO <sub>4</sub> eq/kg	$1,11 \times 10^{-2}$	$8,69 \times 10^{-3}$	$1,00 \times 10^{-5}$	0	$2,41 \times 10^{-3}$
<i>Global warming potential</i>	kg CO <sub>2</sub> eq/kg	2,39	1,71	$2,28 \times 10^{-2}$	$5,40 \times 10^{-2}$	$6,10 \times 10^{-1}$
<i>Human toxicity</i>	kg 1,4-DB eq/kg	$2,36 \times 10^{-2}$	0	$1,43 \times 10^{-4}$	0	$2,34 \times 10^{-2}$
<i>Photochemical oxidation</i>	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq/kg	$7,32 \times 10^{-4}$	$3,55 \times 10^{-4}$	$9,94 \times 10^{-5}$	0	$2,77 \times 10^{-4}$

Secara garis besar, dapat dilihat bahwa unit kegiatan transportasi berkontribusi terhadap kelima kategori

dampak karena memiliki emisi paling variatif yang terdiri dari CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, dan CO. Emisi tersebut merupakan substansi yang menyebabkan beberapa kategori dampak muncul dari unit kegiatan transportasi. Sedangkan pada unit kegiatan peternakan tidak berkontribusi pada kategori dampak asidifikasi dan *human toxicity* karena tidak mengeluarkan emisi NO dan SO<sub>2</sub> yang merupakan substansi penyebab dampak tersebut. Adapun kegiatan penampungan susu hanya mengeluarkan emisi CO<sub>2</sub> dari penggunaan listrik yang berkontribusi pada kategori dampak *global warming potential*.

#### b. Normalisasi

Normalisasi adalah tahap keseragaman unit untuk semua kategori dampak. Tujuan normalisasi adalah untuk memudahkan perbandingan antar kategori dampak (Palupi dkk., 2014). Tahap normalisasi ini juga dapat digunakan sebagai penentuan titik *hotspot* atau unit proses kegiatan mana yang berdampak paling besar terhadap lingkungan pada produksi susu segar. Hasil analisis normalisasi untuk tiap unit proses kegiatan dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil Analisis Normalisasi Proses Produksi Susu Segar

Kategori Dampak	Total	Kegiatan Peternakan	Transportasi Peternak	Penampungan Susu	Transportasi dari KUD ke Pabrik Pengolahan Susu
Asidifikasi	$6,75 \times 10^{-9}$	0	$2,65 \times 10^{-11}$	0	$6,73 \times 10^{-9}$
Eutrofikasi	$1,10 \times 10^{-8}$	$8,60 \times 10^{-9}$	$9,89 \times 10^{-12}$	0	$2,38 \times 10^{-9}$
<i>Global warming potential</i>	$8,95 \times 10^{-9}$	$6,38 \times 10^{-9}$	$8,54 \times 10^{-11}$	$2,02 \times 10^{-10}$	$2,28 \times 10^{-9}$
<i>Human toxicity</i>	$1,43 \times 10^{-9}$	0	$8,67 \times 10^{-12}$	0	$1,42 \times 10^{-9}$
<i>Photochemical oxidation</i>	$3,12 \times 10^{-9}$	$1,51 \times 10^{-9}$	$4,23 \times 10^{-10}$	0	$1,18 \times 10^{-9}$
<b>TOTAL</b>	<b><math>3,13 \times 10^{-8}</math></b>	<b><math>1,65 \times 10^{-8}</math></b>	<b><math>5,54 \times 10^{-10}</math></b>	<b><math>2,02 \times 10^{-10}</math></b>	<b><math>1,40 \times 10^{-8}</math></b>

Berdasarkan Tabel 3, dapat diketahui bahwa unit proses kegiatan peternakan memiliki nilai normalisasi yang paling tinggi yaitu sebesar  $1,65 \times 10^{-8}$ . Adapun kategori dampak eutrofikasi menyumbang nilai paling besar dari seluruh kategori dampak yang dihasilkan yaitu sebesar  $1,1 \times 10^{-8}$ . Dampak eutrofikasi disebabkan oleh adanya senyawa ammonia dan kandungan COD dalam air. Besarnya emisi tersebut diakibatkan oleh tidak adanya perlakuan terhadap limbah cair peternakan yang telah tercampur kotoran sapi dan urin sebelum dibuang ke badan air (Brilianty dkk., 2022).

#### Interpretasi Hasil

Interpretasi merupakan tahapan terakhir dari analisis LCA. Tahapan ini dilakukan evaluasi dan analisis terhadap dampak lingkungan yang dihasilkan dalam upaya menentukan perbaikan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Tahap ini akan menghubungkan data inventori dan kategori dampak yang dikaji untuk menentukan dampak yang signifikan (*hotspot*) dan kesimpulan

Analisis *hotspot* dilakukan dengan menentukan titik-titik *hotspot* atau titik yang menimbulkan dampak paling signifikan. Titik *hotspot* dapat berupa unit proses, kategori dampak, maupun substansi yang memiliki nilai tertinggi pada suatu rangkaian proses produksi. Hasil analisis normalisasi menggunakan software OpenLCA 1.11.0 dengan metode CML-IA baseline digunakan sebagai acuan untuk menentukan titik *hotspot*.

Berdasarkan hasil normalisasi yang telah disajikan pada Tabel 3, dampak paling besar yang dihasilkan adalah eutrofikasi. Sehingga, kategori dampak eutrofikasi ini dapat dikatakan sebagai *hotspot* dampak dari proses produksi susu segar. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh Agustin (2021) dengan judul *Environmental Impact Evaluation of Fresh Milk Production* yang menghasilkan dampak paling signifikan dalam proses produksi susu segar adalah eutrofikasi. Adapun titik *hotspot* pada unit proses terletak pada unit kegiatan peternakan yang memiliki nilai normalisasi paling tinggi. Unit proses kegiatan peternakan menjadi *hotspot* proses karena menyumbang emisi eutrofikasi paling besar dimana eutrofikasi juga merupakan *hotspot* pada kategori dampak.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis LCA pada produksi susu segar di KPUB Sapi Jaya menggunakan software OpenLCA 1.11.0, dihasilkan 5 kategori dampak diantaranya adalah *global warming potential* (GWP), eutrofikasi, asidifikasi, *human toxicity* dan oksidasi fotokimia. Besarnya nilai dampak untuk setiap 1 kg produksi susu segar yaitu GWP sebesar 2,39 kg CO<sub>2</sub> eq, eutrofikasi sebesar  $1,11 \times 10^{-2}$  kg PO<sub>4</sub> eq, asidifikasi sebesar  $1,03 \times 10^{-2}$  kg

SO<sub>2</sub> eq, *human toxicity* sebesar  $2,36 \times 10^{-2}$  Kg 1,4-DB eq, dan oksidasi fotokimia sebesar  $7,32 \times 10^{-4}$  Kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq. Titik *hotspot* pada proses produksi susu segar di KUD Sido Luhur terletak pada unit proses kegiatan peternakan dan kategori dampak paling besar adalah eutrofikasi.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Y., Miftakhirizal K., Retno A., M. Arifur Rahman. 2021. Environmental Impact Evaluation of a Fresh Milk Production. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 10(2). hal. 149–161.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. *SNI ISO 14040: 2016 tentang Manajemen Lingkungan – Penilaian Daur Hidup – Prinsip dan Kerangka Kerja*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2017. *SNI ISO 14044:2017 tentang Manajemen Lingkungan – Penilaian Daur Hidup – Persyaratan dan Panduan – International Standard ISO 14044*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Brilianty, S. L., Suprihatin, S., & Purwoko, P. 2022. Penilaian Daur Hidup Produk Susu Sapi Segar: Studi Kasus di KPBS Pangalengan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 32(3), 220-228.
- Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. Japan: Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Kanagawa, Japan.
- Khalil, M. *dkk.* 2019. Waste to energy technology: The potential of sustainable biogas production from animal waste in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 105, hal. 323–331.
- Lozano-Miralles, J. A., Hermoso-Orzáez, M. J., Gago-Calderón, A., & Brito, P. (2019). LCA case study to LED Outdoor Luminaries as a Circular Economy Solution to Local Scale. *Sustainability*, 12(1), 190.
- Palupi, A. H., Tama, I. P., & Sari, R. A. 2014. Evaluasi dampak lingkungan produk kertas dengan menggunakan Life Cycle Assessment (LCA) dan Analytic Network Process (ANP) (Studi Kasus: PT X Probolinggo). *JRMSI*, 2(5), 1136–1147.
- Santos, L. D. L. C. D., Renato, N. D. S., Florindo, T. J., Rosa, A. P., & Borges, A. C. (2022). Life cycle assessment of dairy products: a case study of a dairy factory in Brazil. *Sustainability*, 14(15), 9646.