

Kajian Dampak lingkungan *Energy Corrected Milk* Produksi Susu Segar pada Peternakan Sapi Perah di Nongkojajar dengan Metode *Life Cycle Assessment*

Krisna Sindu Alan Darmasaputra¹, Tanti Utami Dewi^{1*}, Ahmad Erlan Afiuddin¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: tanti.dewi@ppns.ac.id

Abstrak

Kegiatan produksi susu mulai dari peternakan sampai dengan distribusi susu ke pabrik berpotensi menimbulkan emisi dan limbah yang mencemari lingkungan. Air limbah pada kegiatan peternakan sapi perah memiliki kandungan organik yang tinggi seperti BOD, COD, TSS, Amonia yang berpotensi mencemari perairan. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisis dampak lingkungan dari proses produksi susu segar menggunakan analisis *Life Cycle Assessment* (LCA). Penelitian ini menggunakan batasan *cradle to gate* meliputi kegiatan peternakan, Transportasi susu ke Pos Penampungan Susu, penampungan susu di Pos Penampungan Susu dan Koperasi Susu, dan Transportasi susu ke industri pengolahan susu. Analisis dampak lingkungan menggunakan *software* OpenLCA 1.11.0 menggunakan metode CML-IA *Baseline*. Nilai dampak untuk setiap 1 kg ECM susu segar pada salah satu peternakan di Nongkojajar yaitu *Global Warming Potential* sebesar $3,14 \times 10^{-2}$ Kg CO₂ eq, eutrofikasi sebesar $1,15 \times 10^{-6}$ Kg PO₄ eq, asidifikasi sebesar $1,81 \times 10^{-6}$ Kg SO₂ eq, *Human Toxicity* sebesar $4,15 \times 10^{-6}$ Kg 1,4-DB eq, *Photochemical Oxidation* sebesar $1,19 \times 10^{-7}$ Kg CO₂ eq. *Hotspot* proses produksi susu segar terletak pada kegiatan peternakan dengan dampak *Global Warming Potential* sebesar $7,51 \times 10^{-16}$ dari substansi pencemar CO₂.

Keywords: CML-IA *Baseline*, Dampak Lingkungan, *Energy Corrected Milk* (ECM), *Life Cycle Assessment*, Peternakan Sapi Perah.

1. Pendahuluan

Sektor peternakan sapi perah di Indonesia memberikan kontribusi emisi gas rumah kaca sebesar 3,8% (Permana, dkk., 2012). Proses produksi susu 1 kg ECM (*Energy Corrected Milk*) yang dikirimkan pada gerbang pertanian pada tahun 2010 selama 1 tahun, menghasilkan jejak karbon total susu yang diproduksi sebesar $1,23 \pm 0,04$ kg CO₂ eq/kg ECM, dengan 80% berasal dari kegiatan *on-farm* (Brilianty, dkk., 2022). Menurut penelitian yang dilakukan Cahyaputri (2021), aktivitas produksi susu atau peternakan sapi perah seperti aktivitas pendinginan, penyediaan konsentrat, dan adanya kegiatan transportasi untuk pengumpulan susu dari peternak dapat menyebabkan masalah baru yaitu pencemaran lingkungan. Kegiatan peternakan dapat menghasilkan beberapa emisi gas berupa hidrogen sulfida (H₂S), nitrogen (N), karbon dioksida (CO₂), dan metana (CH₄). Hasil analisis LCA dengan *scope cradle to gate* pada 1 kg produk susu segar memberikan dampak pada lingkungan untuk kategori GRK sebesar 3,16 kg CO₂ eq, kategori asidifikasi sebesar 0,00639 kg SO₂ eq, dan kategori eutrofikasi sebesar 0,0119 kg PO₄³⁻.

Metode pendekatan untuk mengidentifikasi dampak lingkungan perlu dilakukan untuk mengatasi persoalan pada proses kegiatan produksi susu segar. Metode yang digunakan yakni *Life Cycle Assessment* (LCA). Analisis dampak lingkungan dapat menggunakan *software* OpenLCA 1.11.0 dengan metode CML-IA *Baseline*. Metode ini dapat mengevaluasi kategori dampak berdasarkan unit per unit dan dapat menilai kategori dampak berdasarkan satuannya, yaitu meliputi perubahan iklim (kg CO₂ eq), penipisan lapisan ozon (kg CFC₁₁ eq), pengasaman atau asidifikasi (kg SO₂ eq), eutrofikasi (kg PO₄ eq), potensi pembentukan oksidan fotokimia (kg C₂H₄ eq), serta penipisan abiotik dari sumber fosil (MJ). Metode ini umumnya dapat digunakan untuk studi LCA pada sektor susu sehingga paling cocok untuk studi perbandingan (Santos, 2022).

Penerapan metode penilaian daur hidup memiliki hubungan yang erat terhadap semua rantai produksi, dan pentingnya hal ini dapat dilihat dari eksternalitas pada pasar: a) konsumen menginginkan produk ramah lingkungan dan bersedia membayar lebih untuk produk tersebut, b) produsen yang tidak mampu menunjukkan bahwa produk mereka ditanam secara berkelanjutan, mengalami kesulitan dalam mengakses pasar-pasar penting, dan c) kriteria lingkungan hidup secara bertahap ditambahkan oleh negara-negara ke dalam persyaratan impor produk pertanian mereka (F.Ruviaro., 2012). Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk membuat strategi mitigasi pencemaran emisi dari aktivitas produksi susu,

membuat strategi efisiensi dari sumber daya contohnya air, energi, dan bahan pakan yang digunakan dalam kegiatan produksi susu, memberikan informasi dan edukasi dampak kajian LCA kepada peternak sapi perah yang dapat mempromosikan sebagai produk yang memperhatikan aspek lingkungan.

2. Metode

Penelitian dilakukan pada salah satu anggota peternak di KPSP Setia Kawan Desa Wonosari, Kecamatan Tukur, Kabupaten Pasuruan Jawa Timur. Terdapat 4 komponen utama yang dilakukan dalam kajian LCA, diantaranya yaitu: 1) penentuan *goal and scope*; 2) LCI; 3) LCIA; dan 4) interpretasi dan kesimpulan (SNI-ISO 14040:2016).



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan LCA
Sumber: SNI-ISO 14040:2016

3. Hasil dan Diskusi

Kegiatan pada proses produksi susu segar pada salah satu peternakan di Nongkojajar terdiri dari tiga bagian yaitu pemeliharaan sapi perah dan pemerahan sapi perah, kegiatan penampungan susu, dan kegiatan transportasi. Setiap proses yang 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 *hotspot*.

Penentuan *Goals and Scope*

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dampak lingkungan dari proses produksi susu segar pada salah satu peternakan di Nongkojajar dan mengidentifikasi titik hotspot. Batasan sistem yang dikaji dalam penelitian ini adalah *cradle to gate* meliputi kegiatan pemeliharaan sapi, proses pemerahan susu sapi di peternakan hingga menghasilkan susu segar siap konsumsi, penampungan susu, dan kegiatan transportasi hingga ke pabrik pengolahan susu. Unit fungsi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 1 kg ECM susu segar. Pendekatan yang paling umum adalah dengan modifikasi massa susu menggunakan 1 kg susu yang dikoreksi energi (ECM) (Sjaunja dkk., 1990). Sehingga, hasil dampak lingkungan yang dihasilkan adalah dampak dari setiap 1 kg ECM susu segar yang diproduksi. Berikut merupakan rumus konversi satuan susu menjadi *Energy Corrected Milk* (ECM) (Sjaunja dkk., 1990).

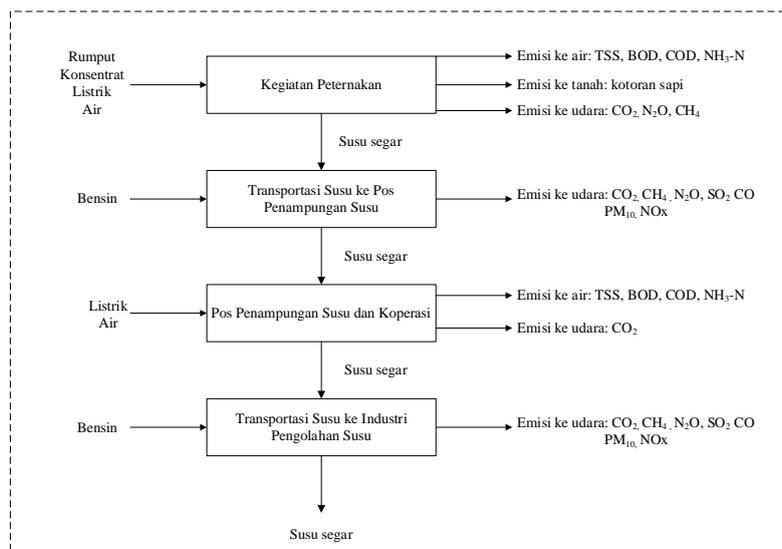
$$\text{kg ECM} = \text{kg milk} \times (0,25 + 0,122 \times \text{Fat}\% + 0,077 \times \text{Protein}\%)$$

Dimana:

kg milk = Berat susu

fat % = persentase lemak

protein % = persentase protein



Gambar 2. Alur produksi susu segar dan koperasi

Life Cycle Inventory

Life Cycle Inventory (LCI) adalah tahapan pengumpulan data berupa jumlah *input* dan *output* dalam ekstraksi susu segar sebagai bahan baku utama, proses pendinginan susu segar di koperasi, dan pengangkutan susu segar. Data yang digunakan adalah data dalam satu tahun yaitu 2023. Sedangkan data lain seperti pakan, air, listrik, dan bahan bakar merupakan data hasil generalisasi. Inventarisasi data produksi susu segar pada Tahun 2023 dan neraca massa proses produksi susu segar berdasarkan functional unit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 3. Neraca Massa Proses Produksi Susu Segar

Unit Kegiatan	Input-Output	Data Inventori	Satuan	Jumlah
Kegiatan Peternakan	Input	Rumput	Ton	22.957
		Konsentrat	Ton	7.385,6
		Air pakan dan minum sapi	m ³	1.105,95
		Air pembersihan kandang	m ³	6.635,7
		Listrik	kWh	13.372,4
	Output	Air Limbah	m ³	4.976,7
		Susu segar	Kg ECM	19.432
	Emisi ke Udara	CO ₂	Ton CO ₂	11,634
		N ₂ O	Ton N ₂ O	0,0002
		CH ₄	Ton CH ₄	4,09
	Emisi ke Tanah	Kotoran sapi	Ton	921.625
	Emisi ke Air	TSS	Ton	16,7
		BOD	Ton	5,5
COD		Ton	9,1	
NH ₃ -N		Ton	0,23	
pH		-	8	
Pos Penampungan Susu	Input	Susu segar	kg ECM	25.455,9
		Listrik	kWh	51.894,24
		Air pembersihan bejana susu	m ³	182,5
	Output	Susu segar	kg ECM	25.455,9
		Air limbah	m ³	136,8
	Emisi ke udara	CO ₂	Ton CO ₂	45,147
TSS		Ton	0,2	

Unit Kegiatan	Input-Output	Data Inventori	Satuan	Jumlah
	Emisi ke Air	BOD	Ton	0,05
		COD	Ton	0,1
		NH ₃ -N	Ton	0,00003
		pH	-	9
Transportasi peternakan ke Pos Penampungan Susu	Input	Susu segar	Kg ECM	19.432
		Kendaraan peternak	t.km	261.164,8
		BBM	L	912,5
	Output	Susu segar	Kg ECM	19.432
	Emisi	CH ₄	Ton CH ₄	0,00003
		CO ₂	Ton CO ₂	1,2
		N ₂ O	Ton N ₂ O	0,00004
		SO ₂	Ton SO ₂	0,00003
		CO	Ton CO	0,10
		PM ₁₀	Ton PM ₁₀	0,0008
NO _x		Ton NO _x	0,01	
Transportasi Pos Penampungan Susu ke pabrik	Input	Susu segar	Kg ECM	25.455,9
		Kendaraan peternak	t.km	9.539.640
		BBM	L	59.130
	Output	Susu segar	Kg ECM	25.455,9
	Emisi	CH ₄	Ton CH ₄	0,001
		CO ₂	Ton CO ₂	69,5
		N ₂ O	Ton N ₂ O	0,00272
		SO ₂	Ton SO ₂	0,07
		CO	Ton CO	0,74
		PM ₁₀	Ton PM ₁₀	0,12
NO _x		Ton NO _x	1,6	

Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

a. Characterization

Characterization merupakan tahap penilaian besarnya substansi yang berkontribusi pada *impact category* di dalam proses produksi susu. Tahap ini mengukur kontribusi dampak kegiatan pada setiap indikator dampak, yaitu melalui perkalian senyawa yang berpengaruh pada *impact category* dengan *characterization factor* sehingga dapat menunjukkan kontributif relatif dari berbagai senyawa tersebut. Dari 11 kategori dampak, sebanyak 5 muncul dari hasil analisis pada metode CML-IA baseline menggunakan *software* OpenLCA 1.11.0. Hasil analisis characterization pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Characterization

Unit Kegiatan	Global Warming Potential (GWP) (Kg CO ₂ eq/kg ECM susu segar)	Eutrofikasi (Kg PO ₄ eq/kg ECM susu segar)	Asidifikasi (Kg SO ₂ eq/kg ECM susu segar)	Human Toxicity (Kg 1,4-DB eq/kg ECM susu segar)	Photochemical Oxidation (Kg C ₂ H ₄ eq/kg ECM susu segar)
Kegiatan Peternakan	3.12E-02	7.20E-07	0.00E+00	0.00E+00	6.50E-08
Transportasi Peternakan ke pos penampungan susu	3.20E-06	3.44E-09	1.33E-08	3.35E-08	7.15E-09
Pos Penampungan Susu dan koperasi	9.14E-05	4.47E-09	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Transportasi pos penampungan susu ke pabrik	1.42E-04	4.22E-07	1.80E-06	4.12E-06	4.72E-08

Unit Kegiatan	<i>Global Warming Potential (GWP)</i> (Kg CO ₂ eq/kg ECM susu segar)	Eutrofikasi (Kg PO ₄ eq/kg ECM susu segar)	Asidifikasi (Kg SO ₂ eq/kg ECM susu segar)	<i>Human Toxicity</i> (Kg 1,4-DB eq/kg ECM susu segar)	<i>Photochemical Oxidation</i> (Kg C ₂ H ₄ eq/kg ECM susu segar)
Total	3.14E-02	1.15E-06	1.81E-06	4.15E-06	1.19E-07

b. Normalization

Normalisasi adalah perhitungan besarnya hasil indikator kategori relatif terhadap beberapa informasi acuan. Tujuan dari normalisasi adalah untuk memahami dengan lebih baik besaran relatif setiap hasil indikator dari sistem produk yang dikaji (SNI ISO 14044:2017). Tahap normalisasi juga dapat digunakan sebagai penentuan titik *hospot* atau unit proses kegiatan mana yang berdampak paling besar terhadap lingkungan pada produksi susu segar. Hasil analisis normalisasi pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Normalisasi Tiap Unit Proses

Kategori dampak	Kegiatan Peternakan	Transportasi Peternakan ke pos penampungan susu	Pos Penampungan Susu	Transportasi pos penampungan susu ke pabrik	Total
<i>Global Warming Potential</i>	7.46E-16	7.51E-20	2.19E-18	3.40E-18	7.51E-16
Eutrofikasi	4.61E-18	2.13E-20	2.77E-20	2.62E-18	7.28E-18
Asidifikasi	0.00E+00	5.63E-20	0.00E+00	7.54E-18	7.59E-18
<i>Human Toxicity</i>	0.00E+00	1.31E-20	0.00E+00	1.60E-18	1.61E-18
<i>Photochemical Oxidation</i>	1.77E-18	1.94E-19	0.00E+00	1.28E-18	3.24E-18
Total	7.52E-16	3.60E-19	2.21E-18	1.64E-17	7.71E-16

Keterangan

	Nilai total normalisasi terbesar berdasarkan kategori dampak
	Nilai total normalisasi terbesar berdasarkan unit proses

Interpretasi Hasil

Interpretasi merupakan fase akhir dari analisis siklus hidup yang memberikan kesimpulan, rekomendasi, dan keputusan. Interpretasi dilakukan dengan mengidentifikasi tema-tema besar berdasarkan hasil tahapan LCI dan LCIA. Unsur terpenting berikutnya setelah interpretasi adalah evaluasi. Evaluasi memperhitungkan pemeriksaan kelengkapan, sensitivitas, dan konsistensi. Dan unsur terakhir adalah kesimpulan, batasan, dan rekomendasi. (ISO 14044:2017).

Analisis *hotspot* dilakukan dengan menentukan titik-titik *hotspot* atau titik yang menimbulkan dampak paling signifikan. Titik *hotspot* dapat terletak pada unit proses, kategori dampak, maupun substansi yang memiliki nilai tertinggi pada suatu rangkaian proses produksi. Titik *hotspot* dapat dianalisis berdasarkan persentase kontribusi dampak yang muncul setelah melakukan *running software* OpenLCA 1.11.0.

Berdasarkan hasil normalisasi pada Tabel 3. dapat diketahui dampak paling besar adalah *global warming potential*. Sehingga, kategori dampak *global warming potential* ini dapat dikatakan sebagai *hotspot* pada kategori dampak dari proses produksi susu segar. Titik *hotspot* pada unit proses terletak pada kegiatan peternakan yang memiliki nilai normalisasi paling tinggi. Unit proses kegiatan peternakan menjadi *hotspot* proses karena menyumbang emisi *global warming potential* paling besar dimana *global warming potential* juga merupakan *hotspot* pada kategori dampak.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis LCA pada produksi susu segar di peternakan sapi perah pada Nongkojajar menggunakan software OpenLCA 1.11.0, dihasilkan 5 kategori dampak yaitu *Global Warming Potential* (GWP), eutrofikasi, asidifikasi, *human toxicity*, dan *photochemical oxidation*. Nilai dampak terbesar untuk

setiap 1 kg ECM susu segar pada peternakan sapi perah adalah *Global Warming Potential* sebesar $3,14 \times 10^{-2}$ Kg CO₂ eq., eutrofikasi sebesar $1,15 \times 10^{-6}$, asidikasi sebesar $1,81 \times 10^{-6}$, *human toxicity* sebesar $4,15 \times 10^{-6}$, *photochemical oxidation* $1,19 \times 10^{-7}$. Titik *hotspot* pada proses produksi susu segar di salah satu peternakan di Nongkojajar terletak pada unit proses kegiatan peternakan dan kategori dampak paling besar adalah *global warming potential*.

5. Daftar Pustaka

- 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.
- Cahyaputri, B. dan Yani, M. (2021) “Implementasi Penilaian Daur Hidup Produk Susu Sapi Segar (Studi Kasus Koperasi Peternak Mjm),” *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 31(1), hal. 78–87.
- Ruviaro, C. F., Gianezini, M., Brandão, F. S., Winck, C. A., & Dewes, H. (2012). Life cycle assessment in Brazilian agriculture facing worldwide trends. *Journal of Cleaner Production*, 28, 9-24.
- Santos, L. de L.C. dos dkk. (2022). “Life Cycle Assessment of Dairy Products: A Case Study of a Dairy Factory in Brazil.”. *Sustainability (Switzerland)*, 14(15).
- Sjaunja, L. O., Baevre, L., Junkkarinen, L., Pedersen, J., & Setälä, J. (1991). A Nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula.