

OPTIMISASI DAMPAK LINGKUNGAN PADA INDUSTRI MINYAK NILAM DENGAN METODE LCA DI UMKM KOLAKA UTARA

Muh. Rasdi ¹⁾, Abdul Mail ²⁾, Taufik Nur ³⁾

¹²³⁾ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

Email : rasdijack@gmail.com¹⁾, abdul.mail@umi.ac.id²⁾, taufik.nur@umi.ac.id³⁾

INFORMASI ARTIKEL

Diterima:
15/07/2024

Diperbaiki:
05/08/2024

Disetujui:
29/08/2024

Diterbitkan:
30/09/2024

ABSTRAK

Tujuan: Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi cara mengurangi dampak lingkungan dari produksi minyak nilam di UMKM Kolaka Utara dan memberikan rekomendasi perbaikan dalam proses produksinya guna meningkatkan keberlanjutan.

Desain/Methodologi/Pendekatan: Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode LCA (*Life Cycle Assessment*).

Temuan/Hasil: Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan strategi LCA dapat mengurangi dampak lingkungan pada industri minyak nilam, dengan mengurangi penggunaan pupuk urea, mengganti pestisida, mengoptimalkan transportasi, serta mendaur ulang air dan memanfaatkan limbah untuk keberlanjutan.

Dampak: Dampak dari penelitian ini adalah peningkatan kesadaran dan penerapan praktik ramah lingkungan, yang mengurangi jejak karbon dan meningkatkan keberlanjutan industri minyak nilam di Kolaka Utara.

Kesimpulan: Kesimpulannya, untuk mengurangi dampak lingkungan pada industri minyak nilam, langkah-langkah yang dapat diterapkan antara lain mengurangi penggunaan pupuk urea, mengganti pestisida dengan bahan nabati, menggunakan transportasi efisien, serta memanfaatkan air bekas penyulingan, abu, dan ampas nilam untuk mendukung keberlanjutan dan efisiensi.

Kata kunci: Dampak Lingkungan, Industri Minyak Nilam, LCA, Keberlanjutan.



DOI: <https://doi.org/10.3926/japsi.v2i3.1622>

2024 The Author(s). This open-access article is distributed under a Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 license.

Situs web: <https://jurnal.fti.umi.ac.id/index.php/JAPSI>

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang cukup berpotensi dalam melakukan produksi minyak nilam (Pamungkas & Irawan, 2021). Pemanfaatan minyak nilam atau minyak atsiri sebagai obat semakin mendapatkan perhatian dari masyarakat sebagai bentuk penerapan “kembali ke alam” (*back to nature*) yang dilakukan masyarakat (Ardianto & Humaida, 2020). Permintaan minyak nilam di seluruh nusantara terus meningkat, seiring dengan semakin tingginya permintaan minyak nilam di pasar dunia (Mukhtar et al., 2020). Terdapat 80 jenis minyak atsiri yang telah di perdagangkan di pasar dunia dan Indonesia memiliki 40 jenis tanaman penghasil minyak atsiri, namun hanya 14 jenis yang berkontribusi nyata sebagai komoditas ekspor seperti minyak nilam, minyak lada, minyak kenanga, minyak kayu putih, minyak serih wangi, minyak akar wangi, minyak pala, minyak jahe, minyak cengkeh, minyak melati (Jusrianto et al., 2024).

Minyak nilam (*Patchouli oil*) merupakan minyak atsiri yang didapatkan dari penyulingan daun, batang dan cabang tanaman nilam (Sidiq et al., 2024). Terdapat tiga jenis minyak nilam yang biasa dibudidayakan masyarakat Indonesia diantaranya yaitu *Pogostemon heyneanus* (nilam Jawa), *Pogostemon cablin* (nilam Aceh), dan *Pogostemon hortensis* (nilam sabun) (Rahmayanti et al., 2022). Minyak nilam dapat digunakan sebagai bahan campuran seperti produk kosmetik (pembuatan sabun, pasta gigi, shampo, lotion, dan deodorant), kebutuhan industri smakanan, kebutuhan aroma terapi, bahan baku *compound* serta pengawetan barang, dan berbagai kebutuhan industri lainnya (Ahmad et al., 2023; Fole, 2022; Wahyudi et al., 2022). Bahwa saat ini dengan banyaknya produk yang dihasilkan konsumen sudah mulai mempertanyakan asal-usul bahan baku yang di gunakan dan proses produksi (Fole, 2023; Mail et al., 2019; Nur et al., 2023).

Life Cycle Assessment (LCA) adalah salah satu metode yang efektif untuk menilai dampak lingkungan secara menyeluruh dari sebuah produk atau proses, mulai dari tahap bahan baku hingga pembuangan akhir (Karkour et al., 2021). Metode ini memberikan gambaran yang jelas mengenai komponen-komponen mana yang memberikan kontribusi terbesar terhadap dampak lingkungan dan bagaimana cara untuk meminimalkannya (Ben-Alon et al., 2021). LCA juga dapat digunakan untuk merancang strategi pengelolaan lingkungan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Boakye-Yiadom et al., 2021; Malik et al., 2021). Dalam konteks industri minyak nilam di Kolaka Utara, penerapan LCA dapat membantu mengidentifikasi area-area yang perlu diperbaiki untuk mengurangi jejak karbon dan dampak lainnya, serta memberikan rekomendasi perbaikan yang dapat diimplementasikan oleh UMKM setempat (Füchsl et al., 2022).

Peningkatan produksi minyak nilam di Kolaka Utara dihasilkan dari industri minyak nilam tradisional dan modern. Secara umum petani nilam di Kolaka Utara masih menggunakan cara tradisional dalam menyuling tanaman nilam untuk mendapatkan minyak nilam yang menyebabkan kurangnya kandungan minyak nilam yang didapat. UMKM bergerak dibidang pemilahaaran tanaman nilam hingga tahap produksi minyak nilam yang terletak di Desa Awo, Kecamatan Kodeoha, Kota Lasusua. Industri minyak nilam tidak selalu ramah lingkungan. Pada UMKM tersebut melakukan pengolahan tanaman nilam mulai dari proses pemeliharaan, pengeringan, parajangan, sampai tahap akhir yaitu penyulingan yang dimana menghasilkan emisi gas rumah kaca, penggunaan pupuk yang tidak terkendali dan penggunaan petsida yang secara berlebihan dalam peroses produksinya.

Pada aktivitasnya, industri minyak nilam di UMKM tersebut tidak ramah terhadap lingkungan karena hanya berfokus pada kuantitas produksi untuk mencapai keuntungan dengan tidak memperhatikan manajemen lingkungan serta dapat mengancam kesehatan lingkungan dan warga yang berada di sekitarnya. Hal ini meningkatkan kekhawatiran terhadap kerusakan lingkungan yang semakin parah disebabkan kegiatan perindustrian minyak nilam di Kabupaten Kolaka Utara.

Beberapa penelitian sebelumnya yang menerapkan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) telah berhasil mengidentifikasi dampak lingkungan dalam berbagai sektor industri. Misalnya, penelitian oleh (Prasad et al., 2020), yang menggunakan LCA untuk mengevaluasi dampak lingkungan pada produksi minyak kelapa sawit, serta penelitian oleh (Mail et al., 2021; Maury et al., 2020), yang menerapkan LCA pada industri tekstil untuk menilai penggunaan energi dan pengelolaan limbah. Hasil dari penelitian-penelitian ini menunjukkan bahwa LCA dapat memberikan wawasan yang jelas tentang kontribusi terbesar terhadap dampak lingkungan dan menawarkan solusi untuk mengurangi jejak (Fole & Mujaddid, 2023; Herdianzah et al., 2022) karbon serta meningkatkan efisiensi sumber daya (Corominas et al., 2020). Sebagai contoh, dalam sektor pertanian, LCA juga telah digunakan untuk menilai dampak dari penggunaan pupuk dan pestisida pada produksi tanaman, yang relevan untuk aplikasi pada industri minyak nilam.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh industri minyak nilam di UMKM Kolaka Utara dengan menggunakan metode LCA. Penelitian ini bertujuan memberikan rekomendasi perbaikan yang dapat mengurangi dampak negatif lingkungan, seperti pengurangan penggunaan pupuk dan pestisida kimia, serta mengoptimalkan penggunaan energi dan pengelolaan limbah. Selain itu, penelitian ini juga berfokus pada peningkatan keberlanjutan produksi minyak nilam melalui penerapan praktik ramah lingkungan yang dapat meningkatkan efisiensi dan daya saing industri di pasar lokal maupun internasional.

2. METODE

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan melakukan evaluasi pada metode *Life Cycle Assessment (LCA)* untuk mengevaluasi dampak lingkungan pada industri minyak nilam di UMKM Minyak Nilam yang berlokasi di Desa Awo, Kecamatan Kodeoha, Kota Lasusua, Kabupaten Kolaka Utara, Sulawesi Selatan. Jangka waktu penelitian yang akan dilaksanakan kurang lebih selama satu bulan.

2.1 Metode Pengumpulan Data

Pada penentuan metode pengumpulan data dibagi menjadi dua yaitu pengumpulan data primer yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan wawancara, dan data sekunder didapatkan dari dokumen atau data yang dimiliki UMKM Kolaka Utara berupa data penggunaan bahan baku, jumlah daya tampung, bahan kimia tambahan, bahan bakar, energi, air, mesin, jumlah limbah yang di hasilkan, jumlah minyak nilam yang di hasilkan dan peralatan yang digunakan pada setiap tahapan proses produksi dan beberapa refrensi hasil penelitian yang sudah dipublikasikan sebelumnya.

2.2 Metode Analisis

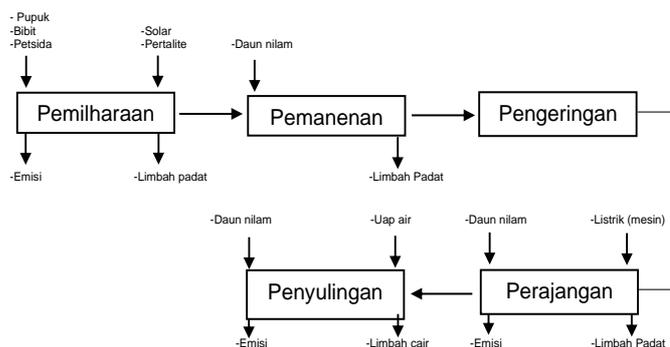
Penentuan metode analisis dilakukan dalam menyelesaikan evaluasi dampak lingkungan produksi feronikel dengan pendekatan *Life Cycle Assessment (LCA)*. Adapun tahapan dalam proses penyelesaian hasil analisis adalah sebagai berikut.

- Penetapan Tujuan dan Ruang Lingkup menetapkan tujuan dari studi LCA dan batasan ruang lingkungnya, termasuk sistem produk dan batasan sistem.
- Life cycle inventory (LCI)* Mengumpulkan data tentang input (seperti bahan baku, energi) dan output (seperti limbah, emisi) selama siklus hidup produk.
- Life Cycle Impact Assessment (LCIA)* Menghitung dampak lingkungan berdasarkan data inventarisasi. Ini melibatkan mengonversi data inventarisasi menjadi indikator dampak lingkungan seperti pemanasan global, penipisan ozon, dan lain-lain.
- Interpretasi menganalisis hasil LCIA untuk menarik kesimpulan dan membuat rekomendasi berdasarkan hasil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Goal and Scope Definition

Tahapan ini berfungsi untuk menentukan tujuan dan batasan penelitian. Setelah adanya penetapan tujuan, akan ditentukan ruang lingkup penelitian. Ruang lingkup penelitian akan terdiri dari semua batasan-batasan yang digunakan pada saat penelitian. batas pada penelitian ini terbatas pada *cradle to gate* yang dimulai dari Pemeliharaan nilam sampai tahap produksi minyak nilam (*patchouli oil*) atau *finish product*.



Gambar 1. Proses Produksi Minyak Nilam

Sumber: data diperoleh (2024)

3.2 Life Cycle Inventory (LCI)

Tahapan *life cycle inventory (LCI)* akan melakukan penguraian pada material, sumber daya yang dipakai, dan emisi yang dibuang ke lingkungan selama masa daur hidup produk

Tabel 1. Life cycle inventory

Raw Material	Total	Satuan	Raw Material	Total	Satuan
<i>Petsida</i>	21	Liter	Emisi ke udara :		
<i>Pupuk sp 36</i>	1	Kg	<i>Partikulat matter</i>	2,688	Kg
<i>Pupuk KCl</i>	1,35	Kg	<i>Carbon dioxide</i>	6.101	Kg
<i>Pupuk Urea</i>	1,555	Kg	<i>Nitrogen dioxide</i>	33,98	Kg
<i>Nilam Basah</i>	8	Kg	<i>Sulfur dioxide</i>	1,574	Kg
<i>Nilam kering</i>	8	Kg	Emisi Ke Air :		
Kebutuhan Air :	174	Liter	<i>Organic substances, unspecified</i>	10	Kg
Kebutuhan energi listrik :	96,8	kwh	Emisi Ke Tanah :		
Kebutuhan BB cair :			<i>Nitrogen</i>	84,07	Kg
<i>Premium</i>	192	Liter	<i>Fosfat</i>	60,6	Kg
Kebutuhan BB Padat :			Limbah Yang Dhasilkan :		
<i>Kayu Bakar</i>	100,67	Kg	<i>Abu bekas pembakaran</i>	4.400	Kg

Sumber: data diperoleh (2024)

3.3 Life Cycle Impact Assesment (LCIA)

Tahapan impact assessment akan dilakukan penentuan besarnya dampak pada lingkungan yang didapatkan dari tahapan life cycle inventory (LCI). Beberapa langkah-langkah yang terdapat dalam tahapan LCIA ini, yaitu : *Characterization, Normalization, Weighting, Single score, Interpretation.*

Emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan pupuk urea dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 &= (M \times EF) \times 44/12 \\
 &= (1,55 \text{ ton th}^{-1} \times 0,20 \text{ ton C ton}^{-1} \text{ urea}) \times 44/12 \\
 &= 1,14 \text{ CO}_2 \text{ ton ton}^{-1} \\
 &= 1,140 \text{ CO}_2 \text{ kg ton}^{-1}
 \end{aligned}$$

Nilai EF atau Faktor Emisi untuk urea adalah 0,20 ton C ton⁻¹ urea berdasarkan nilai default IPCC (2006). Untuk mengkonversi C menjadi CO₂ maka jumlah C dalam ton dikalikan 44/12.

Selain menghasilkan emisi CO₂, pengaplikasian pupuk urea atau pupuk nitrogen pada tanah juga akan menghasilkan emisi nitrogen oksida (N₂O). Menurut IPCC (2006) emisi N₂O yang dihasilkan dari penggunaan pupuk urea/pupuk sintetis yang mengandung unsur nitrogen akan menghasilkan emisi N₂O langsung (*direct*) dan tidak langsung (*indirect*). Adapun perhitungan yang digunakan untuk emisi N₂O langsung dan tidak langsung, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi N}_2\text{O}_{\text{direct}} &= (M \times EF) \times 44/28 \\
 &= (46 \text{ ton th}^{-1} \times 0,010 \text{ kg N ton}^{-1} \text{ urea}) \times 44/28 \\
 &= 0,72 \text{ N}_2\text{O kg ton}^{-1} \\
 \text{Emisi N}_2\text{O}_{\text{indirect}} &= (M \times EF) \times 44/12 \\
 &= (46 \text{ ton th}^{-1} \times 0,00325 \text{ kg N ton}^{-1} \text{ urea}) \times 44/28 \\
 &= 0,23 \text{ N}_2\text{O kg ton}^{-1} \\
 \text{Jumlah emisi N}_2\text{O} &= \text{emisi N}_2\text{O}_{\text{direct}} + \text{N}_2\text{O}_{\text{indirect}} \\
 &= 0,72 \text{ N}_2\text{O kg th}^{-1} + 0,23 \text{ N}_2\text{O kg th}^{-1} \\
 &= 0,96 \text{ N}_2\text{O kg th}^{-1}
 \end{aligned}$$

Jumlah N (nitrogen) dari pemakaian 100 kg pupuk urea didapat dengan mengkalikan jumlah pemakaian pupuk urea dengan kandungan N dalam pupuk urea tersebut yaitu 46% atau 0,46, sehingga jumlah N untuk pemakaian 100 kg pupuk urea adalah sebesar 46 kg N. Nilai EF atau Faktor Emisi untuk urea adalah 0,010 kg N kg⁻¹ urea untuk emisi langsung dan 0,00325 kg N kg⁻¹ urea untuk emisi tidak langsung (IPCC, 2006). Untuk mengkonversi N₂O-N menjadi N₂O maka jumlah N dalam kg dikalikan 44/28. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.12/2010, Perhitungan untuk masing-masing emisi beban pencemar pada tahap transportasi berdasarkan rumus, yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{NO}_x &= 1.920 \text{ km} \times 17,7 \text{ g/km} \times (100 - 0)/100 \\
 &= 33,984 \text{ kg/tahun} \\
 \text{CO}_x &= 1.920 \text{ km} \times 8,4 \text{ g/km} \times (100 - 0)/100
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 16,128 \text{ kg/tahun} \\
 \text{PMx} &= 1.920 \text{ km} \times 1,4 \text{ g/km} \times (100 - 0)/100 \\
 &= 2,688 \text{ kg/tahun} \\
 \text{SO}_2 &= 1.920 \text{ km} \times 0,82 \text{ g/km} \times (100 - 0)/100 \\
 &= 1,574 \text{ kg/tahun} \\
 \text{CO}_2 &= 1.920 \text{ km} \times 3178 \text{ g/km} \times (100 - 0)/100 \\
 &= 6.101 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

Total panjang perjalanan untuk 1 tahun penggunaan mobil pick-up dalam mengantar bahan baku nilam pulang pergi menuju lokasi pabrikasi nilam adalah 1.920 km.

Penggunaan energi listrik dapat menyumbang emisi CO₂ pada lingkungan. Perhitungan emisi energi listrik dapat menggunakan rumus. Nilai FE adalah faktor emisi listrik berdasarkan nilai default dari IPCC (2006) yaitu 0,794 kgCO₂/kWh. Perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan dari penggunaan energi listrik pada proses perajangan berdasarkan rumus, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 &= 96,8 \text{ kwh} \times 0,794 \text{ kgCO}_2 / \text{kwh} \\
 &= 76,8592 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

Penggunaan energi listrik dapat menyumbang emisi CO₂ pada lingkungan. Perhitungan emisi dari penggunaan energi listrik dapat dihitung menggunakan rumus sesuai pada persamaan, yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi penggunaan energi Listrik} \\
 \text{Emisi CO}_2 &= 96,2 \text{ kwh} \times 0,794 \text{ kgCO}_2 / \text{kwh} \\
 &= 76,38 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

Penggunaan kayu bakar dapat menghasilkan emisi yaitu CO₂. FE adalah faktor emisi untuk gas CO₂, dimana nilai FE yaitu 112 gr/MJ berdasarkan nilai default IPCC (2006), NK adalah nilai kalor dari bahan bakar kayu yaitu 15 MJ. Perhitungan untuk mendapatkan nilai emisi yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar kayu berdasarkan persamaan (5), yaitu:

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 &= 100.672 \text{ batang} \times 112 \text{ gr/MJ} \times 15 \text{ MJ/Kg} \\
 &= 169.128.980 \text{ gr/tahun} \\
 &= 169.128,96 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

Melakukan penilaian dampak dari proses produksi minyak nilam (*patchouli oil*) terhadap lingkungan. Beberapa tahap yang dilakukan dalam penilaian dampak yaitu *characterization*, *normalization*, *weighting*, dan *single score*.

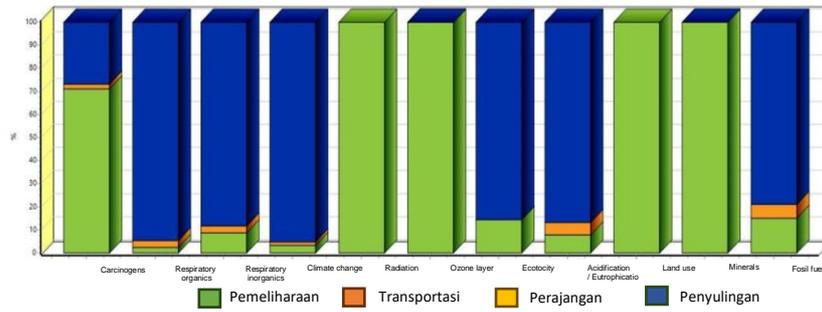
a. *Characterization*

Terdapat 11 kategori pada metode EI 99 diantaranya yaitu *carcinogens*, *resp.organics*, *resp.inorganics*, *climate change*, *radiation*, *ozone layer*, *ecotoxicity*, *acidification/eutrophication*, *land use*, *minerals*, *fossil fuels*. Hasil yang didapat dari karakterisasi dampak lingkungan dalam proses produksi minyak nilam dapat dilihat pada table dan grafik.

Tabel 3. Hasil *Characterization* Dampak Lingkungan

No	Impact Characterization	Satuan	Total
1	<i>Carcinogens</i>	DALY	0,00293
2	<i>Respiratory.organics</i>	DALY	0,00161
3	<i>Respiratory.inorganics</i>	DALY	0,05534
4	<i>Climate change</i>	DALY	0,0485
5	<i>Radiation</i>	DALY	6,8 x 10 ⁻⁶
6	<i>Ozone layer</i>	DALY	8,25 x 10 ⁻⁷
7	<i>Ecotoxicity</i>	PDF*m2yr	1,435
8	<i>Acidification/Eutrophication</i>	PDF*m2yr	0,129
9	<i>Land Use</i>	PDF*m2yr	84,9
10	<i>Minerals</i>	MJ surplus	139
11	<i>Fossil fuels</i>	MJ surplus	87,050

Sumber: data diolah pada SimaPro (2024)



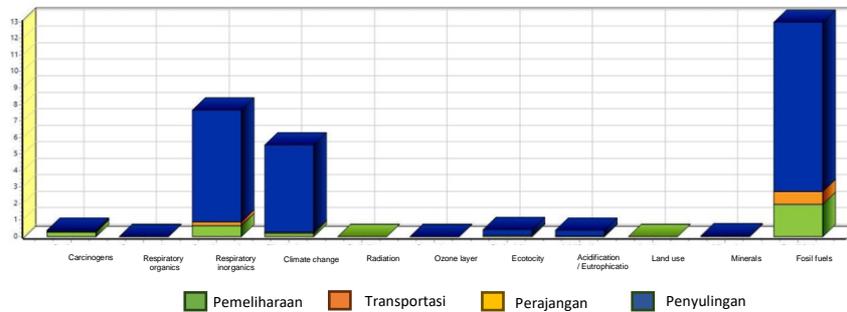
Gambar 2. Grafik *Characterization* Dampak Lingkungan
 Sumber: data diolah pada SimaPro (2024)

b. *Normalization*

Tabel 4. Hasil *Normalization* Dampak Lingkungan

No	<i>Impact Characterization</i>	Total
1	<i>Carcinogens</i>	0,501
2	<i>Respiratory.organics</i>	0,0184
3	<i>Respiratory.inorganics</i>	7,67
4	<i>Climate change</i>	5,54
5	<i>Radiation</i>	0,000780
6	<i>Ozone layer</i>	0,000097
7	<i>Ecotoxicity</i>	0,437
8	<i>Acidification/Eutrophication</i>	0,40
9	<i>Land Use</i>	0,0156
10	<i>Minerals</i>	0,0115
11	<i>Fossil fuels</i>	19

Sumber: data diolah pada SimaPro (2024)



Gambar 3. Grafik *Normalization* Dampak Lingkungan
 Sumber: data diolah pada SimaPro (2024)

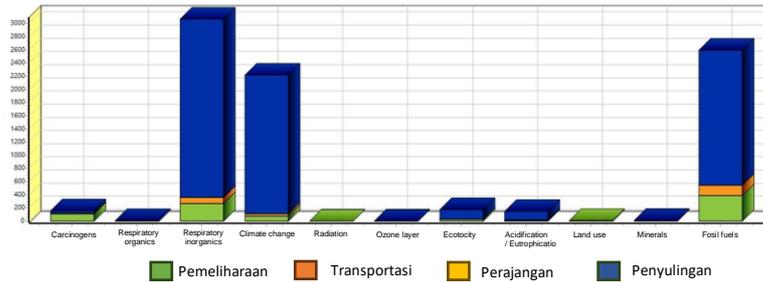
c. *Weighting*

Tabel 5. Hasil *Weighting* Dampak Lingkungan

No.	<i>Impact Characterization</i>	Satuan	Total
1	<i>Carcinogens</i>	Pt	159
2	<i>Respiratory.organics</i>	Pt	6,26
3	<i>Respiratory.inorganics</i>	Pt	3,287
4	<i>Climate change</i>	Pt	2.100
5	<i>Radiation</i>	Pt	0,262
6	<i>Ozone layer</i>	Pt	0,437
7	<i>Ecotoxicity</i>	Pt	169
8	<i>Acidification/Eutrophication</i>	Pt	1.049
9	<i>Land Use</i>	Pt	4,20
10	<i>Minerals</i>	Pt	5,27

No.	Impact Characterization	Satuan	Total
11	Fossil fuels	Pt	2.039

Sumber: data diolah pada SimaPro (2024)



Gambar 4. Grafik Weighting Dampak Lingkungan

Sumber: data diolah pada SimaPro (2024)

d. Single Score

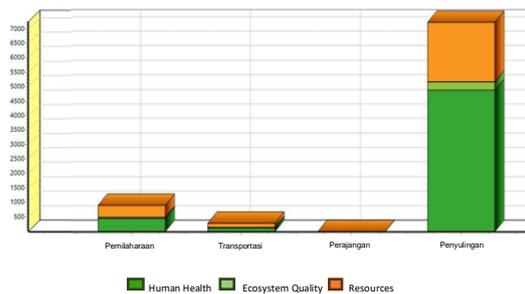
Pada tahap *single score* seluruh impact category akan dikelompokkan berdasarkan *damage category*. Berdasarkan metode EI 99, *impact category* dari setiap kategori akan menghasilkan 3 damage category yaitu human health, ecosystem quality, dan resources. Pada tahapan ini akan memperlihatkan nilai yang dihasilkan dari masing masing proses terhadap damage category. Hasil single score damage category dampak lingkungan dalam proses produksi minyak nilam dapat dilihat pada tabel

Tabel 6. Hasil Single Score Dampak Lingkungan

No	Damage category	Satuan	Total
1	Human health	Pt	4.735
2	Resources	Pt	1.300
3	Ecosystem quality	Pt	249

Sumber: data diolah pada SimaPro (2024)

Berdasarkan data yang telah diolah pada software SimaPro 9.0 didapatkan *damage category* dari yang terbesar hingga terkecil adalah *human health* sebanyak 4.735 Pt, *resources* sebanyak 1.300 Pt, dan *ecosystem quality* sebanyak 249 Pt. Grafik dari single score dampak lingkungan dalam proses produksi minyak nilam dapat dilihat pada grafik.



Gambar 5. Grafik Single Score Dampak Lingkungan

Sumber: data diolah pada SimaPro (2024)

Berdasarkan data yang telah diolah pada software SimaPro 9.0 didapatkan *damage category* dari yang terbesar hingga terkecil adalah *human health* sebanyak 5.450 Pt, *resources* sebanyak 2.600Pt, dan *ecosystem quality* sebanyak 333 Pt. Grafik dari single score dampak lingkungan dalam proses produksi minyak nilam dapat dilihat pada grafik. Terdapat limbah serta emisi yang dihasilkan akibat dari penggunaan material dan energi tersebut sehingga perlunya penanganan berupa pendekatan produksi bersih.

3.4 Interpretation

Pada penelitian ini solusi yang digunakan yaitu melakukan penerapan produksi bersih pada proses produksi minyak nilam dengan konsep produksi bersih yang digunakan yaitu 1E5R (*eliminasi, re-think, reduce, reuse recycle, dan recovery*). Diketahui bahwa tahapan proses dalam memproduksi minyak nilam yang menyumbang dampak pada lingkungan adalah pemeliharaan, transportasi, perajangan dan penyulingan. Proses produksi minyak nilam dalam penerapannya menggunakan berbagai raw material seperti penggunaan campuran media tanam, pupuk organik dan anorganik, pestisida kimia, pemakaian bahan bakar diesel untuk mobil pick-up sebagai transportasi penghantaran bahan baku, energi listrik, serta penggunaan bahan bakar kayu. Terdapat limbah serta emisi yang dihasilkan akibat dari penggunaan material dan energi tersebut sehingga perlunya penanganan berupa pendekatan produksi bersih. Adapun penerapan produksi bersih pada produksi minyak nilam di UMKM Kolaka Utara untuk mengurangi dampak lingkungan dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Saran Penerapan Produksi Bersih di UMKM Kolaka Utara

No	Proses	Produksi Bersih
1	Pemeliharaan	<ol style="list-style-type: none"> Mengurangi jumlah pemakaian pupuk urea dan mengganti jenis pupuk organik yang berasal dari kotoran sapi menjadi pupuk organik yang menggunakan kotoran ayam. Menggunakan pestisida nabati dalam pemeliharaan tanaman
2	Transportasi	<ol style="list-style-type: none"> Pergantian mobil pick-up dengan mobil truk yang memiliki muatan yang lebih besar Mengganti bahan bakar jenis premium menjadi bahan bakar jenis pertalite
3	Perajangan dan Penyulingan	<ol style="list-style-type: none"> Membuat Standar Operasional Prosedur (SOP) khusus pemakaian listrik. Melakukan recovery pada air bekas penyulingan Pemanfaatan abu kayu sebagai campuran glasir Pemanfaatan ampas nilam sebagai kompos Pemanfaatan nilam menjadi brike sebagai bahan bakar

Sumber: data diolah (2024)

3.5 Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Life Cycle Assessment (LCA)*, ditemukan bahwa penggunaan pupuk urea dan pestisida kimia menjadi dua faktor utama yang berkontribusi terhadap dampak lingkungan pada produksi minyak nilam di UMKM Kolaka Utara. Pupuk urea menghasilkan emisi gas rumah kaca seperti CO₂ dan N₂O, serta dapat merusak kualitas tanah dan mencemari air tanah melalui peningkatan kadar nitrit dan nitrat. Selain itu, penggunaan pestisida kimia berisiko menurunkan keanekaragaman hayati dan meningkatkan pencemaran lingkungan. Dampak ini semakin diperburuk dengan tingginya konsumsi energi dalam proses penyulingan dan pengelolaan limbah yang kurang optimal. Oleh karena itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa pengurangan penggunaan pupuk urea dan pestisida kimia, serta peningkatan efisiensi energi, merupakan langkah penting untuk mengurangi dampak lingkungan.

Selanjutnya, penelitian ini juga merekomendasikan beberapa perbaikan dalam proses produksi untuk meningkatkan keberlanjutan industri minyak nilam. Penggunaan pestisida nabati dan metode pengelolaan limbah yang lebih ramah lingkungan dapat mengurangi pencemaran dan meningkatkan kualitas produk. Selain itu, pemanfaatan abu dari pembakaran dan ampas nilam sebagai kompos atau briket, serta recovery air bekas penyulingan, dapat membantu mengurangi pemborosan sumber daya dan memperbaiki sistem daur ulang. Dengan mengimplementasikan rekomendasi ini, diharapkan UMKM di Kolaka Utara dapat mencapai efisiensi yang lebih baik, mengurangi jejak karbon, dan berkontribusi pada kelestarian lingkungan secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini mengungkap bahwa penggunaan pupuk urea dalam produksi minyak nilam di UMKM Kolaka Utara memberikan kontribusi signifikan terhadap dampak lingkungan, seperti

emisi gas rumah kaca (CO₂ dan N₂O), peningkatan nitrit dan nitrat dalam air tanah, serta kerusakan pada kualitas tanah dan bahan organik. Peningkatan jejak karbon yang dihasilkan dari penggunaan pupuk urea juga berdampak pada degradasi lahan yang mengurangi produktivitas tanah, serta kemungkinan pelepasan gas yang menurunkan kualitas mineral tanah. Selain itu, proses transportasi yang tidak efisien dan penggunaan bahan bakar fosil turut memperburuk dampak lingkungan. Untuk mengoptimalkan dampak lingkungan dalam industri minyak nilam, disarankan untuk mengurangi penggunaan pupuk urea dan beralih ke produk perlindungan tanaman yang lebih ramah lingkungan. Penggantian alat transportasi dengan kendaraan yang memiliki daya angkut lebih besar, serta penggunaan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan, juga menjadi langkah penting. Selain itu, penerapan standar operasional prosedur (SOP) khusus terkait penggunaan energi dan pengelolaan limbah dapat membantu mengurangi dampak lingkungan secara signifikan. Dengan mengimplementasikan rekomendasi ini, diharapkan UMKM di Kolaka Utara dapat meningkatkan keberlanjutan produksinya dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, sesuai dengan hasil analisis *Life Cycle Assessment (LCA)* yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Herdianzah, Y., Safutra, N. I., Rauf, N., Gamgulu, R., & Nur, T. (2023). Workload analysis to determine the optimal number of workforce using the Work Load Analysis (WLA) method at PT. Harapan Jaya Multi Bisnis. *OPSI, 16*(2), 241–249. <https://doi.org/10.31315/opsi.v16i2.8967>
- Ardianto, A., & Humaida, S. (2020). Pengaruh Cara Pengeringan Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) Pada Penyulingan Terhadap Hasil Minyak Nilam. *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences, 4*(1), 34–44. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v4i1.323>
- Ben-Alon, L., Loftness, V., Harries, K. A., & Cochran Hameen, E. (2021). Life cycle assessment (LCA) of natural vs conventional building assemblies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 144*, 110951. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110951>
- Boakye-Yiadom, K. A., Duca, D., Pedretti, E. F., & Ilari, A. (2021). Environmental performance of chocolate produced in Ghana using life cycle assessment. *Sustainability (Switzerland), 13*(11), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su13116155>
- Corominas, L., Byrne, D. M., Guest, J. S., Hospido, A., Roux, P., Shaw, A., & Short, M. D. (2020). The application of life cycle assessment (LCA) to wastewater treatment: A best practice guide and critical review. *Water Research, 184*, 116058. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116058>
- Fole, A. (2022). *Peningkatan Kinerja Pada Industri Kerajinan Songko Recaa (Studi Kasus : UKM ISR Bone)*. <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/39404>
- Fole, A. (2023). Perancangan Strategi Mitigasi Risiko Pada Proses Bisnis CV. JAT Menggunakan Metode House of Risk. *Journal of Industrial Engineering Innovation, 1*(02), 54–64. <https://doi.org/10.58227/jiei.v1i02.109>
- Fole, A., & Mujaddid. (2023). Identifikasi Jalur Evakuasi Institut Teknologi Dan Bisnis Nobel Indonesia. *Journal of Industrial Engineering Innovation, 1*(1), 10–17. <https://doi.org/10.58227/jiei.v1i1.56>
- Füchsl, S., Rheude, F., & Röder, H. (2022). Life cycle assessment (LCA) of thermal insulation materials: A critical review. *Cleaner Materials, 5*, 100119. <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100119>
- Herdianzah, Y., Padhil, A., Dwi Wahyuni, A. P., Pawennari, A., Alisayabana, T., Mail, A., Alimuddin, T., & Ardo Wibowo, S. (2022). Desain Jalur Evakuasi Pengguna Bangunan Pada Kondisi Darurat Di Gedung Fti-Umi Lantai Iv Menggunakan Algoritma Floyd Warshall. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri, 7*(2), 48-51. <https://doi.org/10.33884/jrsi.v7i2.4536>
- Jusrianto, J., Rahmawati, H., & Yunus, N. M. (2024). Pelatihan Dan Pendampingan Pembuatan Produk Turunan Minyak Nilam Di Desa Matano, Kab. Luwu Timur. *Jurnal Abdimas Indonesia, 4*(3), 1221–1229. <https://doi.org/10.53769/jai.v4i3.953>
- Karkour, S., Rachid, S., Maaoui, M., Lin, C.-C., & Itsubo, N. (2021). Status of Life Cycle Assessment (LCA) in Africa. *Environments, 8*(2), 10. <https://doi.org/10.3390/environments8020010>
- Mail, A., Chairany, N., & Fole, A. (2019). Evaluation of Supply Chain Performance through Integration of Hierarchical Based Measurement System and Traffic Light System: A Case Study Approach

- to Iron Sheet Factory. *Int. J. Sup. Chain. Mgt* Vol, 8(5), 79-85. <https://doi.org/10.59160/ijscm.v8i5.2584>
- Mail, A., Dahlan, M., Rauf, N., Chairany, N., Ahmad, A., & Jufri, K. (2021). Analysis Of The Effectiveness Of Clean Water Distribution Machine Using Overall Equipment Effectiveness (OEE) Method. *Journal of Industrial Engineering Management*, 6(1), 49–56. <https://doi.org/10.33536/jiem.v6i1.884>
- Malik, R., Afiah, I. N., Dahlan, M., Sabara Hw, Z., Nur, T., & Iswandi, R. (2021). Analysis Of Rating Scale Mental Effort (RSME) To Determine The Mental Workload Of Workers At Sugar Factory In South Sulawesi. *Jurnal Penelitian Dan Aplikasi Sistem & Teknik Industri (PASTI)*, XV(2), 130–136. <https://doi.org/10.22441/pasti.2021.v15i2.002>
- Maury, T., Loubet, P., Serrano, S. M., Gallice, A., & Sonnemann, G. (2020). Application of environmental life cycle assessment (LCA) within the space sector: A state of the art. *Acta Astronautica*, 170, 122–135. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2020.01.035>
- Mukhtar, T., Widayat, H. P., & Abubakar, Y. (2020). Analisis Kualitas Minyak Nilam dan Faktor yang Mempengaruhi Keputusan Petani Dalam Memilih Ketel Penyulingnya. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 12(2), 78–85. <https://doi.org/10.17969/jtipi.v12i2.17187>
- Nur, T., Hidayatno, A., Setiawan, A. D., Komarudin, K., & Suzianti, A. (2023). Environmental Impact Analysis to Achieve Sustainability for Artisan Chocolate Products Supply Chain. *Sustainability*, 15(18), 13527. <https://doi.org/10.3390/su151813527>
- Pamungkas, I., & Irawan, H. T. (2021). Analisis Break-Even Point pada Usaha Produksi Minyak Nilam di Kabupaten Aceh Selatan. *Journal Industrial Servicess*, 6(2), 112–116. <https://doi.org/10.36055/62005>
- Prasad, S., Singh, A., Korres, N. E., Rathore, D., Sevda, S., & Pant, D. (2020). Sustainable utilization of crop residues for energy generation: A life cycle assessment (LCA) perspective. *Bioresource Technology*, 303, 122964. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122964>
- Rahmayanti, D., Hadiguna, R. A., Santosa, N. A., & Nazir, N. (2022). A study on influence factors of patchouli oil industry development in Indonesia. *International Journal of Business and Globalisation*, 30(3/4), 444. <https://doi.org/10.1504/IJBG.2022.123619>
- Sidiq, M., Fahmi Ramdhani, M. U., Machmudah, S., & Winardi, S. (2024). Pra Desain Pabrik Minyak Nilam dari Daun Nilam dengan Metode Ekstraksi CO2 Superkritis. *Jurnal Teknik ITS*, 13(2), 143–147. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v13i2.123968>
- Wahyudi, A., Ermiami, E., Sujianto, S., & Maslahah, N. (2022). Developing sustainable production of patchouli oil in Kolaka, South East Sulawesi, Indonesia: a problem-solving approach. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 974(1), 012109. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/974/1/012109>