



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 4 Nomor 3 Tahun 2024 Page 18970-18984

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

## Penerapan Life Cycle Assessment (LCA) Pada Proses Produksi Minyak Kayu Putih Di Desa Sawa-Namlea

Mentari Rasyid<sup>1✉</sup>, Rani Anggriani<sup>2</sup>

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Industri, Universitas Pattimura

Email: [mentarirasyid03@gmail.com](mailto:mentarirasyid03@gmail.com)<sup>1✉</sup>

### Abstrak

Minyak kayu putih merupakan salah satu jenis minyak atsiri yang memiliki potensi dalam industri di Indonesia. Namun dalam aktivitasnya cenderung hanya berfokus pada kuantitas produksi untuk mendapatkan keuntungan dan kurang memperhatikan output terhadap lingkungan. perlu dilakukan upaya untuk mengetahui analisis dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses produksi penyulingan minyak kayu putih, serta melakukan upaya dalam mengurangi dampak ke lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak lingkungan yang dihasilkan dari produksi minyak kayu putih di IKM Ketel Parigi menggunakan pendekatan Life Cycle Assessment (LCA) serta pendekatan produksi bersih untuk mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan. Pendekatan LCA dalam penerapannya di bantu oleh software SimaPro 9.4.0 untuk mengetahui nilai dari dampak lingkungan yang dihasilkan berdasarkan pengolahan data menggunakan metode Eco Indicator 99. Berdasarkan hasil pengolahan nilai yang dihasilkan dari single score dari masing-masing damage category yaitu human health atau dampak kesehatan manusia menjadi dampak terbesar dengan nilai 2,21 Pt, selanjutnya diikuti esources atau dampak terhadap sumber daya dengan nilai sebesar 2,09 Pt, dan ecosystem quality atau dampak terhadap kualitas ekosistem memiliki nilai terkecil yaitu 0,222 Pt. Rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk mengurangi dampak lingkungan menggunakan pendekatan produksi bersih yaitu dengan memanfaatkan limbah daun kayu putih dengan pembuatan briket sebagai pengganti bahan bakar kayu.

Kata kunci: *Minyak Kayu Putih, SimaPro, Life Cycle Assessment, Limbah*

## Abstract

Eucalyptus oil is a type of essential oil that has potential in industry in Indonesia. However, their activities tend to only focus on production quantity to gain profits and pay less attention to output on the environment. Efforts need to be made to analyze the environmental impacts resulting from the eucalyptus oil refining production process, as well as making efforts to reduce the impact on the environment. This research aims to determine the environmental impact resulting from the production of eucalyptus oil at IKM Ketel Parigi using the Life Cycle Assessment (LCA) approach and a clean production approach to reduce the resulting environmental impact. The LCA approach in its application is assisted by SimaPro 9.4.0 software to determine the value of the resulting environmental impact based on data processing using the Eco Indicator 99 method. Based on the results of processing the value produced from a single score for each damage category, namely human health or health impact humans have the biggest impact with a value of 2.21 Pt, followed by esources or the impact on resources with a value of 2.09 Pt, and ecosystem quality or the impact on ecosystem quality has the smallest value, namely 0.222 Pt. Recommendations for improvements are given to reduce environmental impacts using a cleaner production approach, namely by utilizing eucalyptus leaf waste by making briquettes as a substitute for wood fuel.

Keywords: *Eucalyptus Oil, SimaPro, Life Cycle Assessment, Waste*

## PENDAHULUAN

Industri Kecil Menengah penyulingan Minyak Kayu Putih (*Euclayptus*) sesungguhnya telah dimulai skala kecil di beberapa IKM masyarakat di Namlea Maluku sejak 2014 lalu. IKM Penyulingan Minyak Kayu Putih dengan nama Ketel Parigi adalah salah satu usaha kecil dan menengah yang bergerak dalam bidang usaha pengolahan hasil perkebunan. Ketel parigi sendiri dirintis pada tahun 2016 dan sejak tujuh tahun berdirinya ketel parigi telah menjadi mitra binaan PT PLN (Persero) UIW MMU. IKM penyulingan minyak kayu putih Ketel Parigi terletak di Desa Sawa, Kecamatan Liliali, kota Namlea, Kab. Buru.

Proses produksi minyak kayu putih untuk sekali proses penyulingan adalah memerlukan 250 kg daun kayu putih, 150 liter air (masing-masing 125 liter untuk ketel minyak, dan tabung kondensor). Selain itu, proses penyulingan menggunakan bahan baku kayu sebagai energi utama. Rata-rata kebutuhan kayu bakar adalah 1 kubik kayu atau setara dengan 720 kg kayu. UKM Ketel Parigi merupakan tempat penyulingan minyak kayu putih berkapasitas 1 ton/hari, terdiri dari dua tungku masak dengan masing-masing tungku memproduksi dimana perharinya memproduksi 1 ton daun minyak kayu putih.

Aktivitas industri memiliki kontribusi yang cukup besar terhadap pencemaran lingkungan, penggunaan bahan baku sebanyak 40%, limbat pada 25%, limbah cari 25% dan efek lainnya seperti efek rumah kaca sebesar 40% (Rosyadi & Wulandari, 2021;

Muhammad & Syahrullah, 2022; Nurfatimah, 2023). Terdapat hanya 2% limbah industri manufaktur yang saat ini dikelola dan 98% dari limbah tersebut belum dikelola (Muhammad & Syahrullah, 2022). Proses produksi tentunya akan menghasilkan limbah, baik itu cair, padat ataupun uap. Limbah yang dihasilkan dari adanya produksi penyulingan minyak kayu putih berupa limbah padatan dan cair yakni daun basah kayu putih dan air hasil penyulingan dan pendingin. Penelitian ini memfokuskan penilaian dampak lingkungan yang dihasilkan oleh energi dan emisi yang dihasilkan selama proses produksi. Hal ini merupakan salah satu usaha untuk menciptakan produksi yang ramah lingkungan adalah dengan mempertimbangkan dampak yang ditimbulkan oleh daur hidup produk. Proses produksi adalah aktivitas yang berguna untuk dapat memberikan nilai tambah pada barang-barang yang melibatkan faktor-faktor produksi bersamaan (Muin, 2017; Effendy et al., 2022). Perlunya suatu penerapan metode untuk dapat menganalisis terkait penggunaan energi, limbah dan emisi yang dihasilkan dari sebuah proses produksi. Salah satu metode yang sering digunakan untuk dapat mengevaluasi hal tersebut adalah *Life Cycle Assessment* (LCA).

Pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA) secara menyeluruh dapat mengevaluasi dampak lingkungan yang dihasilkan dari suatu aktivitas produk atas jasa. Penelitian sebelumnya terkait analisis dampak lingkungan juga telah banyak dilakukan diantaranya Life Cycle Assessment pada Industri Minyak Nilam (Fisabilillah et al., 2019) evaluasi menunjukkan hasil penggunaan kayu sebagai bahan bakar merupakan komponen yang paling merusak lingkungan dengan presentase 53,2%. Selain itu Metode LCA juga dapat dilakukan untuk menganalisis proses produksi Aluminium (Suhariyanto et al., 2023). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan batang aluminium memiliki dampak terbesar pada semua kategori. Adapun strategi yang dapat diusulkan untuk pengurangan dampak lingkungan adalah menerapkan produksi bersih.

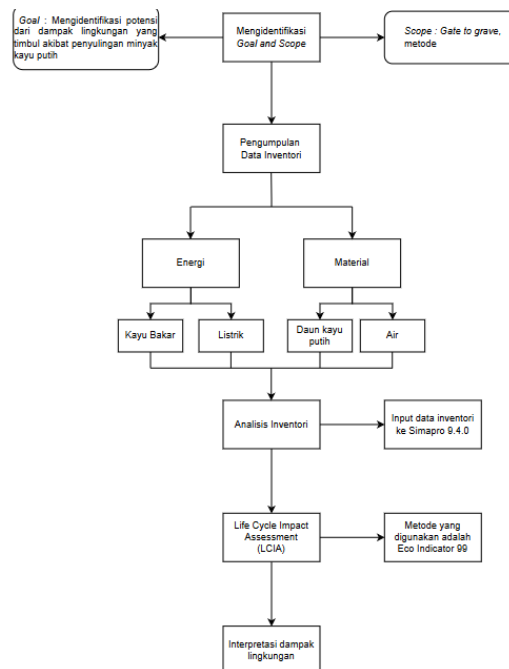
Penerapan LCA juga dilakukan pada produksi knalpot Purba, diperoleh kategori dampak terbesar adalah Global Warming Potential (GWP), kategori Acidification Potential (AP) sebesar dan kategori Abiotic Depletion Fossil ADP Fossils sebesar. Untuk itu rekomendasi perbaikan yang dapat diusulkan dalam adalah penerapan produk bersih serta pengolahan limbah secara benar (Muhammad & Syahrullah, 2022). Pemanfaatan limbah juga dilakukan guna untuk mengurangi dampak lingkungan pada proses produksi Gula Kristal (Brilliantina et al., 2023). Penggunaan kembali limbah cair didaur ulang, dengan memanfaatkan gas buang CO<sub>2</sub> untuk pemurnian nira sebagai pengganti gas SO<sub>2</sub>. Dalam penelitian Amrina (2022) mengemukakan bahwa metode LCA dapat membantu penggunaannya untuk menilai, menyusun strategi secara berkelanjutan agar dapat

menyusun strategi-strategi perbaikan seperti mengembangkan riset alternatif bahan baku pengganti SLES dengan ekstrak

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yang telah dipaparkan, penelitian ini memfokuskan untuk menganalisis potensi dampak lingkungan yang diakibatkan dari proses produksi minyak kayu putih dengan lingkup *gate-to-gate*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan masukan tentang dampak lingkungan sehingga mengurangi dampak akibat aktivitas produksi.

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan guna mengetahui potensi dan besar dampak yang ditimbulkan dari proses produksi minyak kayu putih di Industri Kecil Menengah "Ketel Parigi" Desa Sawa, Kecamatan Liliyal, Kabupaten Buru. Adapun acuan berpikir dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

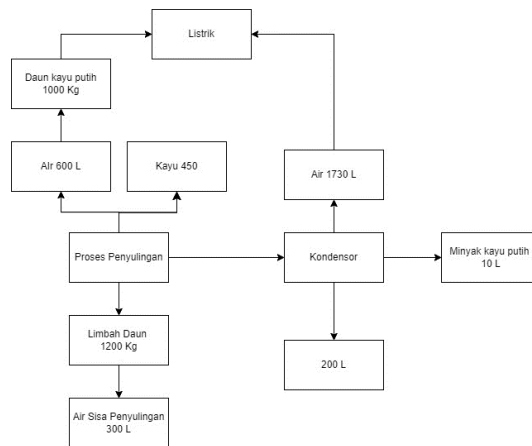
Penelitian ini menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dengan ruang lingkup *gate to gate* kemudian dibantu dengan alat ukur perhitungan dan database Software SimaPro versi 8.0. berdasarkan ISO 14040 tahun 2006 terdapat 4 tahapan LCA yakni:

### 1. *Goal and Scope Defenition*

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak pada lingkungan yang disebabkan dari kegiatan proses penyulingan minyak kayu putih di IKM Ketel Parigi berdasarkan penilaian dampak menggunakan eco indicator 99 (H).

## 2. *Life Cycle Inventory (LCI)*

Pada tahap ini digunakan untuk mengetahui input material dan energi yang digunakan, serta output dari proses produksi minyak kayu putih. Setelah diketahui input dan output produksi minyak kayu putih selanjutnya akan dianalisis kedalam Software SimaPro versi 8.0. Proses dan tahapan produksi minyak kayu putih dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Produksi Minyak Kayu Putih

## 3. *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*

Tahapan ketiga dari LCA adalah melakukan penilaian dampak dari proses produksi minyak kayu putih terhadap lingkungan. Beberapa tahap yang dilakukan dalam penilaian dampak yaitu *characterization*, *normalization*, *weighting*, dan *single score*.

## 4. *Interpretation*

Interpretation merupakan tahap terakhir dalam metode LCA yaitu memberikan solusi perbaikan pada produksi minyak kayu putih yang menghasilkan kontribusi dampak pada lingkungan. Pada penelitian ini solusi yang digunakan yaitu melakukan penerapan produksi bersih pada proses produksi minyak kayu putih dengan konsep produksi bersih yang digunakan yaitu 1E5R (*eliminasi, re-think, reduce, reuse recycle, dan recovery*)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses produksi minyak kayu putih yang diproduksi di Desa Sawa, Kabupaten Buru beroperasi setiap harinya dengan memperhatikan keamanan pasokan bahan baku utamanya, yakni daun kayu putih. Berikut ini akan dipaparkan hasil penelitian dengan menggunakan langkah-langkah pada Metode LCA.

#### A. Penetapan *Goal and Scope Defenition*

Adapun tujuan dari penelitian ini dilakukan agar mengetahui dampak lingkungan yang ditimbulkan dari aktivitas produksi minyak kayu putih. Dengan memanfaatkan metode *Eco-Indicator 99* yang merupakan pendekatan yang lengkap serta menyeluruh jika dibandingkan dengan pendekatan lainnya. Perlunya dilakukan pembatasan dalam penelitian ini, sebagai berikut :

- a. Batasan analisis pada penelitian ini adalah *gate to gate* yaitu pada proses produksi saja
- b. Analisis data menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dengan metode *eco indicator 99* (H).
- c. Potensi dampak lingkungan ditinjau dari 8 kelompok kategori dampak lingkungan pada metode *eco indicator 99* (H) yaitu: Carcinogens, Reprs. Organics, Reprs. Inorganics, climate change, Radiation, Ozone layer, Ecotoxicity, Acidification/Eutrophication, Land use, Minerals, Fossil Fuels.
- d. Analisis dampak lingkungan dilakukan pada dampak terbesar.
- e. *Life Cycle Inventory* yang diperlukan pada penelitian ini yaitu data konsumsi energi dan material pada proses penyulingan minyak kayu putih.

#### B. *Life Cycle Inventory* (LCI)

Proses serta tahapan dalam produksi minyak kayu putih di Ketel Parigi mulai dari tahap penyulingan hingga *finishing*, yaitu :

##### a. Penyulingan

Kegiatan Penyulingan dalam 1 hari daun kayu putih yang akan disuling sebanyak 250 kg sesuai dengan kapasitas ketel penyulingan, ketel parigi memiliki dua buah ketel atau panci sehingga dalam sehari ketel parigi dapat memproses sebanyak 1 ton daun kayu putih dengan kalkulasi dua kali masak per hari dan dapat memproduksi 360.000 daun kayu putih dalam 1 tahun. Total waktu yang dibutuhkan untuk 1 ketel adalah sebanyak 8 jam dengan jumlah minyak yang dihasilkan adalah 10 liter. Limbah padat yang dihasilkan adalah 1200 kg daun basah dan 600 liter air untuk 4 kali penyulingan.

Pengaliran air kedalam tangki air menggunakan pompa air dengan daya 125 Watt, digunakan 3 jam per hari. Konsumsi kWh pompa air sehari yaitu 370 Wh = 0,375 kWh. Penggunaan energi listrik dapat menyumbang emisi CO<sub>2</sub> pada lingkungan (Parinduri et al., 2018; Fitri et al., 2020).

Adapun perhitungan emisi dalam penelitian ini menggunakan persamaan (1) :

$$Emisi CO_2 = Konsumsi Daya Listrik \times FE \quad (1)$$

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan (persamaan 1), didapat nilai emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan adalah 0,2175 kgCO<sub>2</sub>/hari, 6,525 kgCO<sub>2</sub>/bulan dan 78,3 kgCO<sub>2</sub>/tahun.

Proses produksi minyak kayu putih menggunakan ketel tradisional dengan bahan bakar utama adalah kayu bakar, oleh sebab itu dalam penelitian ini menghitung emisi yang dihasilkan dari penggunaan kayu bakar dengan menggunakan persamaan (2), (Yuliana et al., 2020).

$$E = Konsumsi \times FE \times NK \quad (2)$$

FE adalah faktor emisi untuk gas CO<sub>2</sub>, dimana nilai FE yaitu 112 gr/MJ berdasarkan nilai default IPCC (2006), NK adalah nilai kalor dari bahan bakar kayu yaitu 15 MJ. Nilai emisi yang didapatkan untuk gas CO<sub>2</sub>, adalah 272.160 kg/tahun.

Berikut ini merupakan tabel 1. Yang berisikan *Life Cycle Inventory* Tahap Penyulingan

Tabel 1. *Life Cycle Inventory* Tahap Penyulingan

<i>Input</i>	Jumlah	Satuan	<i>Output</i>	Jumlah	Satuan
Daun Kayu Putih	360.000	kg	Daun sisa penyulingan	432.000	kg
			Uap		
Air	216.000	Liter	Air bekas penyulingan	108.000	Liter
Energi Listrik	0,504	kWh	Emisi CO <sub>2</sub>	400,176	Kg
Kayu Bakar	162.000	kg	Abu	4,860	kg
	15	MJ	Emisi CO <sub>2</sub>	691.891,2	kg

#### b. Kondenser

Pada proses pendinginan bak kondensor berperan mengembunkan uap minyak air serta uap air yang keluar dari dalam ketel untuk di jadikan cairan dengan langkah didinginkan dengan air pendingin. Air yang dibutuhkan pada bak kondensor yaitu 865 L sehingga total jumlah air yang di butuhkan untuk kedua tabung kondensor yaitu 165 srparator guna memisahkan campuran minyak kayu putih dari air yang keluar bersamaan dengan minyak dari dalam ketel dengan menggunakan sistem gravitasi

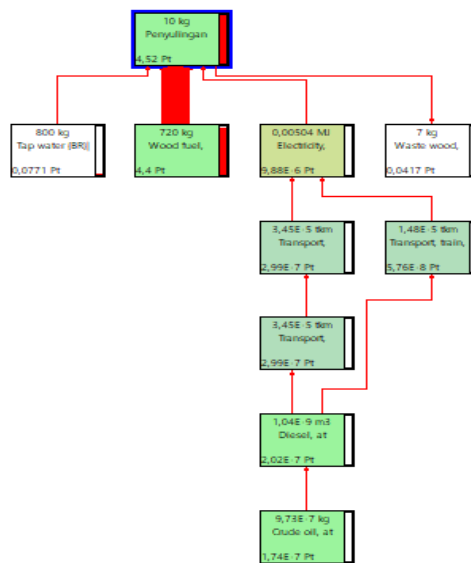
#### c. *Finishing*

Tahap akhir minyak kayu putih di dalam jerigen bak kondensor 2 dipindahkan lagi pada jerigen-jerigen lain yang telah dipersiapkan, minyak kayu putih harus disaring terlebih dahulu sebelum dituang ke dalam botol-botol minyak kayu putih. Tujuannya adalah untuk menghindari ampas-ampas daun atau air. Setelah dilakukan penyaringan

maka dilakukan pengemasan, minyak kayu putih dimasukkan kedalam botol yang sudah siap di pasaran. Kemasan yang digunakan adalah Jerigen 5 liter dan botol ukuran 220 mililiter.

### C. Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

Data *Life Cycle Inventory* (LCI) yang terkumpul dimasukkan ke dalam software SimaPro untuk dapat menilai dampak lingkungan dari produk yang diteliti. Pada software SimaPro produk didefinisikan dalam bentuk *flowchart* (diagram alir) yang berisikan daftar komponen, bahan, proses produksi dan kemudian dihubungkan dengan penggunaan dan skenario pembuangan limbah untuk menghasilkan seluruh hidup siklus produk pada proses penyulingan.

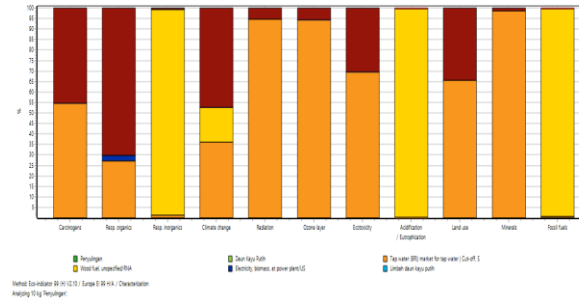


Gambar 3. *Flowchart* LCI dengan SimaPro

Setelah mendapatkan *flowchart* LCI selanjutnya dengan menggunakan EI 99 dampak lingkungan dihitung dan dikategorikan ke dalam berbagai kelas. Siklus hidup dari penyulingan minyak kayu putih akan diperoleh kontribusi (dalam persentase) dimana untuk setiap kategori dampak produk. Nilai sisa dapat dilihat pada tabel 2.

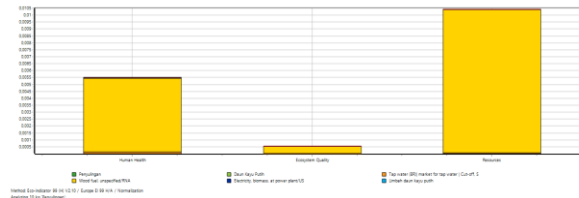
Tabel 2. Hasil *Characterization* Dampak Lingkungan

Se	Impact category	Unit	Total	Penyulingan	Damir kayu Putih	Tap water (SR) market for tap	Wood fuel, unseparFuel (R)	Electricity, biomass, at	Limbah daun kayu putih	Waste wood, untreated (AL)	limbah air	Emiss CO2
☑	Carcinogen	DALV	6.00E-7	x	x	3.70E-7	x	7.07E-14	x	3.1E-7	x	x
☑	Resp. organics	DALV	2.07E-9	x	x	7.70E-10	x	7.10E-11	x	2.02E-9	x	x
☑	Resp. inorganics	DALV	4.74E-5	x	x	7.04E-7	4.69E-5	1.17E-10	x	2.55E-7	x	x
☑	Climate change	DALV	2.0E-7	x	x	1.01E-7	4.94E-9	1.39E-11	x	1.33E-7	x	x
☑	Radiation	DALV	6.33E-10	x	x	6.02E-10	x	x	x	3.37E-11	x	x
☑	Ozone layer	DALV	3.10E-11	x	x	2.92E-11	x	1.29E-19	x	1.77E-12	x	x
☑	Acidic	PPPeq/yr	1.42	x	x	0.95	x	2.06E-9	x	0.431	x	x
☑	Acidification/ Eutrophication	PPPeq/yr	2.89	x	x	0.0108	2.96	6.62E-6	x	0.00894	x	x
☑	Land use	PPPeq/yr	0.0497	x	x	0.0235	x	x	x	0.0177	x	x
☑	Minerals	Mt surplus	0.0301	x	x	0.0219	x	x	x	0.00116	x	x
☑	Fossil fuels	Mt surplus	70.6	x	x	0.41	70	6.34E-6	x	0.165	x	x



Gambar 4. Grafik *Characterization* dampak lingkungan

Perolehan nilai *characterization* selanjutnya dilakukan tahap *normalization*, dimana dampak keseluruhan dinilai akan dilakukan perbandingan dan disederhanakan dan dibuat atas dasar ukuran yang sama. Tujuan penilaian yaitu agar mendapatkan nilai komparatif yang sama untuk masing-masing jenis dampak yang ada sehingga memudahkan saat interpretasi yang lebih lanjut (Kholil et al., 2022).

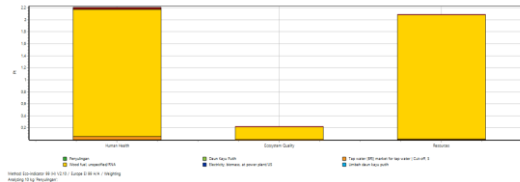


Gambar 5. Grafik *normalization* dampak lingkungan

Tabel 3. Tabel *normalization* dampak lingkungan

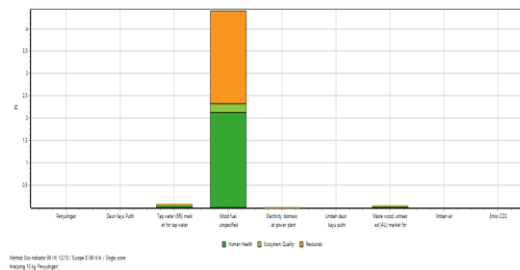
Se	Damage category	Unit	Total
<input checked="" type="checkbox"/>	Human Health		0,00552
<input checked="" type="checkbox"/>	Ecosystem Quality		0,000555
<input checked="" type="checkbox"/>	Resources		0,0104

Selanjutnya adalah tahapan pembobotan yang bertujuan untuk membuat impact category yang memiliki nilai satuan yang relatif antara setiap kategori dengan kategori lainnya. Hal ini karena dalam membandingkan semua jenis potensi dampak lingkungan, penilaian perlu dibuat relatif sehingga satuan yang digunakan akan seragam yaitu menggunakan satuan Pt (*Points*). Berdasarkan data yang telah diolah pada software SimaPro 9.4.0 diperoleh nilai impact assesment dari setiap kategori dampak didapatkan nilai dari yang terbesar hingga yang terkecil pada tahap *weighting*, yaitu *carcinogens*, *resp.inorganics*, *fossil fuels*, *acidification/eutrophication*, *climate change*, *carcinogens*, *ecotoxicity*, *land use*, *minerals*, *resp.organics*, *radiation*, *ozone layer*.



Gambar 6. Grafik *weighting* dampak lingkungan

Setelah pembobotan, berpindah kepada 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*. Berdasarkan data yang telah diolah pada software SimaPro didapatkan *damage category* dari yang terbesar hingga terkecil adalah human health sebanyak 2,21 Pt, resources sebanyak 2,09 Pt, dan ecosystem quality sebanyak 0,222 Pt.



Gambar 7. Grafik *Single Score* dampak lingkungan

Adapun tahapan selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap setiap dampak yang telah diolah dan diperoleh masing-masing nilainya.

Metode Eco Indicator 99 (EI 99) merupakan metode yang menganalisis dampak lingkungan dari setiap kategori *damage assessment* yaitu *human health*, *ecosystem quality*, dan *resources*. Setiap kategori *damage assessment* terdapat jenis dari masing-masing *impact category*. Pada kategori *human health* terdapat 6 jenis *impact category* yaitu *carcinogens*, *resp.organics*, *resp.inorganics*, *climate change*, *radiation*, dan *ozone layer*. Kategori *ecosystem quality* memiliki 3 *impact category* yaitu *ecotoxicity*, *acidification/ eutrophication*, dan *land use*. Kategori *resources* terdapat 2 jenis *impact category* yaitu *minerals* dan *fossil fuels* (Andistiara, 2018).

#### a. *Damage Assessment Kategori Human Health*

Penilaian *damage category* pada human health digunakan untuk mengetahui kontribusidari proses penyulingan minyak kayu puih terhadap kesehatan manusia. Perhitungan hasil analisis dari software SimaPro diketahui nilai dampak tertinggi untuk dampak pada kesehatan manusia yaitu *resp.inorganics* sebesar 2,16 DALY dan dampak

kategori yang memiliki nilai paling rendah terhadap kesehatan manusia adalah *ozon layer* yaitu sebesar 0,00000143 DALY.

*Resp.organics* merupakan kategori dampak yang dapat menimbulkan kerusakan pada sistem inhalasi yang diakibatkan dari substansi organik ke udara. Tahapan proses produksi minyak kayu putih yang menyumbang pada kategori *resp.organics* yaitu sebesar  $2,87E-7$ . Berdasarkan hasil pengolahan pada Software SimaPro diketahui bahwa proses penyulingan yang paling besar memberikan kontribusi pada kategori *resp.organics*. Pembakaran kayu akan menghasilkan berbagai senyawa yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan dapat mengganggu sistem pernapasan.

Ozone layer merupakan dampak yang disebabkan karena terjadinya penipisan lapisan ozon yang dapat menyebabkan berkurangnya kemampuan lapisan ozon untuk menahan sinar UV C agar tidak mencapai permukaan bumi. Tahapan proses produksi minyak kayu putih yang menyumbang pada kategori *ozone layer* yaitu sebanyak  $1,43E-6$ . Penipisan lapisan ozon dapat disebabkan oleh emisi gas rumah kaca yaitu seperti salah satunya *carbon dioxide* ( $CO_2$ ). Gas  $CO_2$  dihasilkan pada proses penyulingan dari hasil penggunaan bahan bakar kayu. Dampak terjadinya penipisan lapisan ozon akan berpengaruh terhadap kesehatan manusia seperti terjadinya efek karsinogenik pada manusia (Prihadi et al., 2016; Umar & Tasduq, 2022; Kazantzidou & Kotsis, 2023).

*b. Damage Assesment Kategori Ecosystem Quality.*

Pada kategori *ecosystem quality* terdapat 3 jenis impact assessment yaitu *ecotoxixty*, *acidification/eutrophication*, dan *land use*. Kategori ini menggunakan satuan *Potentially Disappeared Fraction* (PDF)  $PDF*m2yr$  yang mengartikan bahwa 1 (satu)  $PDF*m2yr$  atau sama dengan kerusakan ekosistem atau spesies seluas  $1m^2$  yang ada di permukaan bumi dalam waktu 1 tahun (Gong et al., 2023; Xia et al., 2023). Penilaian damage category pada *ecosystem quality* digunakan untuk mengetahui kontribusi dari proses produksi minyak kayu putih terhadap kualitas ekosistem. Perhitungan hasil analisis dari software SimaPro diketahui nilai dampak tertinggi untuk dampak pada kualitas ekosistem yaitu *Acidification/Eutrophication ecotoxicity* sebesar 2,98  $PDF*m2yr$  dan kategori yang memiliki nilai terendah adalah *land use* sebesar 0,0497  $PDF*m2yr$ .

Penggunaan kayu bakar akan menghasilkan residu abu yang mengandung berbagai macam logam berat dan dapat membahayakan tumbuhan akuatik dan terrestrial. Menurut Hindratmo et al. (2019), logam berat merupakan salah satu bahan pencemar udara ambien yang ikut bersama partikulat udara. Pembuangan air limbah hasil penyulingan juga dapat mencemari lingkungan. Penggunaan kayu bakar sebagai energi pada proses penyulingan menghasilkan emisi gas  $CO_2$  yang menjadi salah satu

penyebab pengasaman laut. Menurut Firlina (2016); Tito & Susilo (2021); Varabih & Fitri, (2024) pengasaman laut merupakan akibat dari adanya peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> terlarut didalam air laut yang disebabkan adanya interaksi yang kuat antar CO<sub>2</sub> di laut dan di atmosfer. Selain kesehatan manusia, limbah serbuk juga dapat mempengaruhi mikroorganisme, tanaman, dan kehidupan air. Pencemaran air dapat menyebabkan turunnya jumlah oksigen di bumi. Air merupakan salah satu faktor terbentuknya oksigen yang dihasilkan oleh fotosintesis dan produktivitas juga menjadi terganggu. Air yang tercemar juga dapat membunuh ekosistem yang ada di air. Penggunaan kayu dapat meningkatkan emisi karbon, serta menyebabkan kerusakan hutan dan lingkungan. Penebangan pohon di hutan pun dapat berpengaruh terhadap spesies yang ada di dalamnya

#### c. *Damage Assessment Kategori Resources*

*Resources* adalah dampak yang dapat berpengaruh terhadap kerusakan sumber daya yang akan dirasakan pada generasi mendatang atau kelengkapan sumber daya yang tidak dapat digunakan. Pada kategori resources terdapat 2 jenis *impact assessment* yaitu *minerals* dan *fossil fuels*. Tahapan proses produksi minyak kayu putih yang menyumbang pada kategori Minerals yaitu total sebesar 0,0932 MJ surplus. Air menyumbang sebesar 0,0919 MJ surplus dan limbah kayu menyumbang sebesar 0,00116. Berdasarkan hasil pengolahan pada Software SimaPro diketahui bahwa penggunaan kayu merupakan yang paling besar memberikan kontribusi pada kategori minerals. Penebangan pohon dapat berpengaruh pada ketersediaan unsur hara di dalam tanah sehingga unsur hara dan mineral dapat menurun. Sementara Tahapan proses produksi minyak kayu putih yang menyumbang pada kategori Fossil Fuels yaitu total sebesar 78,6% Mj surplus. Berdasarkan hasil pengolahan pada Software SimaPro diketahui bahwa penggunaan bahan bakar kayu merupakan yang paling besar memberikan kontribusi pada kategori *Fossil Fuels* sebesar 78%. Pada proses penyulingan penggunaan kayu sebagai energi untuk boiler mempengaruhi dampak terhadap sumber daya.

#### D. *Interpretation*

*Interpretation* merupakan tahap terakhir dalam metode LCA yaitu memberikan solusi perbaikan pada produksi minyak kayu putih yang menghasilkan kontribusi dampak pada lingkungan.

Pada penelitian ini solusi yang digunakan yaitu melakukan penerapan produksi bersih pada proses produksi minyak kayu putih dengan konsep produksi bersih yang

digunakan yaitu 1E5R (*eliminasi, re-think, reduce, reuse recycle, dan recovery*). Diketahui bahwa tahapan proses penyulingan dalam memproduksi minyak kayu putih. Proses produksi minyak kayu putih dalam penerapannya menggunakan bahan bakar kayu. Terdapat limbah serta emisi yang dihasilkan akibat dari penggunaan bahan bakar kayu, sehingga perlunya penanganan berupa pendekatan produksi bersih pada penyulingan minyak kayu putih di Ketel Parigi.

Pada proses penyulingan minyak kayu putih akan menghasilkan limbah daun kayu putih sisa hasil penyulingan yang begitu banyak, dan dibuang begitu saja di sekitaran tempat penyulingan sehingga dapat mencemari lingkungan dan dapat membuat tumbuhan disekitarnya menjadi mati, serta penggunaan bahan bakar kayu sebagai sumber energi dan dapat mengancam kelestarian lingkungan jika digunakan berkelanjutan. Limbah daun kayu putih dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pengganti bahan bakar kayu dengan pembuatan briket, sehingga menjadi sumber yang dapat diperbaharui serta akan meningkatkan efisiensi pemanfaatan limbah.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis life cycle assessment (LCA) dampak lingkungan terbesar yang dihasilkan dari proses produksi minyak kayu putih pada Desa Sawa-Namlea yakni kategori Human Health pada respiratory inorganics sebesar  $4,74E-5$  DALY, untuk *damage category* kualitas ekosistem (*ecosystem quality*) *ecotoxicity* sebesar  $1,42 \text{ PDF} \cdot \text{m}^2\text{yr}$ , untuk *damage category* sumber daya (*resources*) *fossil fuels* sebesar  $76,6 \text{ MJ}$  surplus. Rekomendasi perbaikan berdasarkan strategi 1E5R produksi bersih yaitu dengan memanfaatkan limbah daun kayu putih sebagai bahan bakar pengganti kayu atau minimal mengurangi penggunaan bahan bakar kayu.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amrina, U. (2022). Penilaian Kinerja Berkelanjutan Produk Sabun Cair Wajah Dengan Metode Life Cycle Analysis (LCA). *Jurnal PASTI (Penelitian Dan Aplikasi Sistem Dan Teknik Industri)*, 16(3). <https://doi.org/10.22441/pasti.2022.v16i3.002>
- Andistiara, N. (2018). Kajian Dampak Proses Eksplorasi dan Produksi Gas Alam Terhadap Lingkungan Dengan menggunakan Metode Life Cycle Assessment (LCA). *Atmosphere*, 5(3).
- Brilliantina, A., Adhamatika, A., Sari, E. K. N., Wijaya, R., Triardianto, D., & Sucipto, A. (2023). Penerapan Life Cycle Assessment (LCA) Untuk Mengurangi Dampak Lingkungan Pada Proses Produksi Gula Kristal Putih Di Bondowoso. *JUSTER: Jurnal Sains Dan*

- Terapan*, 2(1). <https://doi.org/10.57218/juster.v2i1.474>
- Effendy, Erwan., Musliadi., S. (2022). Manajemen Perencanaan Pra Produksi, Proses Produksi dan Nilai Produksi. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling*, 4(1).
- Firlina, M. (2016). Pemanfaatan Teknologi Carbon Capture and Storage pada PLTU dalam Upaya Mengurangi Emisi Gas Buang CO<sub>2</sub> ke Atmosfer. *Kimia Dan Teknologi Batubara Pemanfaatan*, June.
- Fisabilillah, P., Hakim, L., & Nugroho, A. (2019). Penerapan Life Cycle Assessment pada Industri Minyak Nilam di Kabupaten Aceh Jaya. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 4(1).
- Fitri, Y., Putri, A. N., & Retnawaty, S. F. (2020). Estimasi Emisi CO<sub>2</sub> Dari Sektor Rumah Tangga Di Kota Pekanbaru. *Photon: Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 11(1). <https://doi.org/10.37859/jp.v11i1.2061>
- Gong, C., Lyu, F., & Wang, Y. (2023). Spatiotemporal change and drivers of ecosystem quality in the Loess Plateau based on RSEI: A case study of Shanxi, China. *Ecological Indicators*, 155. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.111060>
- Hindratmo, B., Junaidi, E., Fauzi, R., Hidayat, M. Y., & Masitoh, S. (2019). Kemampuan 11 (Sebelas) Jenis Tanaman yang Dominan pada Rth (Ruang Terbuka Hijau) Dalam Menjerap Logam Berat Timbel (Pb). *Jurnal Ecolab*, 13(1).
- Kazantzidou, D., & Kotsis, K. T. (2023). Ozone Layer Depletion in Children's Books Available in Greece: examining accuracy in the representation of causes of ozone layer depletion in texts. *Children's Literature in Education*. <https://doi.org/10.1007/s10583-023-09524-0>
- Kholil, P. A., Budihardjo, M. A., Muhammad, F., & Karno, K. (2022). Penilaian Daur Hidup Proses Distribusi BBM di PT Pertamina (Persero) Fuel Terminal Parepare. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3). <https://doi.org/10.14710/jil.20.3.685-695>
- Muhammad, K., & Syahrullah, Y. (2022). Penerapan Life Cycle Assessment (LCA) untuk Mengurangi Dampak Lingkungan pada Proses Produksi IKM Knalpot Purbalingga. *SPECTA Journal of Technology*, 6(1). <https://doi.org/10.35718/specta.v6i1.287>
- Muin, M. (2017). Pengaruh Faktor Produksi Terhadap Hasil Produksi Merica Di Desa Era Baru Kecamatan Tellulimpoe Kabupaten Sinjai. *Jurnal Economix*, 5(2).
- Nurfatimah, N. (2023). Potensi Pencemaran Lingkungan Akibat Aktivitas Pertambangan pada Kawasan Industri Kab. Bantaeng. *Plano Madani: Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 12(1). <https://doi.org/10.24252/jpm.v12i1.40888>
- Padang, Abdullah, S., Sagaf, Cakrawati, S. W., & Harmoko. (2023). Effect of Durian By-Product on Nutrition Intake, Productivity, and Physiological Conditions of Kacang

- Goats (*Capra aegagrus hircus*). *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(6).  
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i6.3869>
- Parinduri, L., Yusmartato, Y., & Parinduri, T. (2018). Kontribusi Konversi Mobil Konvensional ke Mobil Listrik Dalam Penanggulangan Pemanasan Global. *Journal of Electrical Technology*, 3(2).
- Prihadi, T. H., Erlania, E., & Astuti, I. R. (2016). Kajian Dampak Lingkungan Global dari Kegiatan Keramba Jaring Apung melalui Life Cycle Assessment (LCA). In *Jurnal Riset Akuakultur* (Vol. 3, Issue 2).
- Rosyadi, I., & Wulandari, I. P. (2021). Penegakan Hukum Lingkungan terhadap Pencemaran Udara Akibat Aktivitas Industri di Kabupaten Gresik. *Al-Qanun: Jurnal Pemikiran Dan Pembaharuan Hukum Islam*, 24(2). <https://doi.org/10.15642/alqanun.2021.24.2.279-307>
- Suhariyanto, T. T., Asih, H. M., Ichwanuddin, A., & Rasyid, M. I. (2023). Penerapan Metode Life Cycle Assessment (LCA) Pada Proses Produksi Downlight Aluminium (Studi Kasus Di UPT Logam Yogyakarta). In *JITMI* (Vol. 6, Issue 1).
- Tito, C. K., & Susilo, E. (2021). Pengasaman Laut di Perairan Indonesia. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 5(2), 419-425.
- Umar, S. A., & Tasduq, S. A. (2022). Ozone Layer Depletion and Emerging Public Health Concerns - An Update on Epidemiological Perspective of the Ambivalent Effects of Ultraviolet Radiation Exposure. In *Frontiers in Oncology* (Vol. 12).  
<https://doi.org/10.3389/fonc.2022.866733>
- Varabih, C. A., & Fitri, D. H. (2024). Pengaruh pemanasan global dan pengasaman laut terhadap biota. *Journal of Oceanography and Aquatic Science*, 2(1).
- Xia, J., Ren, D., Wang, X., Xu, B., Zhong, X., & Fan, Y. (2023). Ecosystem Quality Assessment and Ecological Restoration in Fragile Zone of Loess Plateau: A Case Study of Suide County, China. *Land*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/land12061131>
- Yuliana, D. A., Nurhidayati, S., Aswan, A., & Febriana, I. (2020). Proses Pengambilan Minyak Atsiri dari Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin* Benth) Menggunakan Metode Microwave Hydrodistillation. *Jurnal Kinetika*, 11(03).