



Terbit online pada laman web jurnal :<http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/>

Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas

| ISSN (Print) 1829-6084 |ISSN (Online) 2597-5129|



Artikel Penelitian

Penggunaan Life Cycle Assessment (LCA) Sebagai Metode Identifikasi Dampak Lingkungan pada Environmental Management System (EMS) di Industri Eksplorasi Minyak dan Gas PT X

Muhammad Nashruddin Abdulloh^{1*)}, Adhi Yuniarto¹⁾, Iqbal Ramadhan¹⁾, Dewa Indra Luqmana Budiono¹⁾

1. Program Studi Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

*Koresponden: 6014222016@student.its.com; mnashruddin7@gmail.com

Diterima: 30 Mei 2025

Diperbaiki: 10 Juni 2025

Disetujui: 2 Agustus 2025

ABSTRACT

The oil and gas exploration industry has significant environmental impacts, requiring effective environmental management through the implementation of an Environmental Management System (EMS). A key element of EMS is the identification and evaluation of environmental aspects that influence environmental performance. Life Cycle Assessment (LCA) can support this process; however, LCA and EMS are often applied separately, reducing their overall effectiveness. This study integrates LCA results into EMS to enhance environmental impact identification and management. The methodology included environmental impact identification using LCA, environmental risk analysis, policy analysis, and gap analysis of LCA application within EMS. The results show that the most significant environmental impacts at PT X are Global Warming Potential (GWP) and Cumulative Energy Demand (CED), primarily contributed by the wellhead process, oil treating plant, flaring, produced water treatment plant, production transportation, power generation, and supporting facilities. Risk values of 25 for GWP and 20 for CED indicate that both impacts are consistent with the company's main environmental issues managed under EMS. The findings confirm that LCA can support environmental impact identification within EMS, despite certain limitations.

Keywords: Life Cycle Assessment; Environmental Management System; environmental impact; environmental risk

ABSTRAK

Industri eksplorasi minyak dan gas memiliki dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan, sehingga diperlukan pengelolaan lingkungan yang efektif melalui penerapan Environmental Management System (EMS). Salah satu tahapan penting dalam EMS adalah identifikasi dan penilaian aspek lingkungan yang berpengaruh terhadap kinerja pengelolaan lingkungan. Life Cycle Assessment (LCA) merupakan metode yang dapat digunakan untuk mendukung proses tersebut, namun dalam praktiknya LCA dan EMS sering diterapkan secara terpisah sehingga kurang efektif dan tidak terintegrasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan hasil identifikasi dampak lingkungan berbasis LCA ke dalam EMS. Metode yang digunakan meliputi identifikasi dampak lingkungan dengan LCA, analisis risiko lingkungan, analisis kebijakan lingkungan, serta analisis kesenjangan penerapan LCA dalam EMS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dampak lingkungan tertinggi di PT X adalah Global Warming Potential (GWP) dan Cumulative Energy Demand (CED). Aspek lingkungan utama yang berkontribusi meliputi proses wellhead, oil treating plant, flaring, produced water treatment plant, transportasi produksi, pembangkit listrik, dan fasilitas penunjang. Nilai risiko GWP dan CED masing-masing sebesar 25 dan 20, yang sejalan dengan isu lingkungan utama dalam EMS perusahaan. LCA dapat digunakan sebagai metode identifikasi dampak dalam EMS, meskipun masih memiliki keterbatasan.

Kata kunci: LCA, EMS, dampak lingkungan, risiko lingkungan

1. PENDAHULUAN

Data yang disampaikan dalam Our World Data tahun 2023, sebanyak 37,79 miliar ton emisi CO₂ dibuang ke lingkungan, industri batu bara, minyak, dan gas menjadi penyumbang terbesar, industri minyak dan gas menyumbang 20,11 miliar ton emisi CO₂ atau 50% dari total emisi CO₂ secara global. Indonesia sendiri tercatat menjadi 10 besar negara penyumbang emisi CO₂ dengan total emisi yang dihasilkan sebesar 88,66 juta ton. Dalam 1 mmscf gas yang di produksi menghasilkan 4,07 ton CO_{2eq} (Pritasari, 2023). Total dampak yang dihasilkan dari indikator dampak *global warming* pada proses produksi minyak dan gas sebesar 256 ton CO_{2eq}/1000 toe (Yudha dkk., 2022). Mengingat tingginya dampak lingkungan yang dihasilkan oleh industri minyak dan gas, diperlukan sistem yang dapat mengendalikan dampak lingkungan (Bilafiqri dkk, 2023). Untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan perusahaan perlu harus memiliki langkah strategis dalam pengelolaan lingkungan (Jofanka dkk., 2024).

Terdapat banyak instrumen yang dapat membantu perusahaan dalam pengelolaan lingkungan, salah satunya adalah *Environmental Management System* (EMS) atau sistem manajemen lingkungan (Syam dkk., 2021). Untuk mengantisipasi dan menanggulangi dampak lingkungan akibat industri terutama sektor migas diperlukan suatu sistem yang dapat menjaga keseimbangan lingkungan sistem tersebut adalah sistem manajemen lingkungan (Bilafiqri dkk., 2023). EMS adalah perangkat yang diperuntukan untuk mengelola masalah lingkungan, penataan terhadap kewajiban, dan mengidentifikasi risiko dan peluang pengelolaan lingkungan (Susanti dkk., 2022).

Dalam melaksanakan EMS identifikasi dan penilaian aspek lingkungan adalah aspek yang krusial, aspek yang sangat menentukan program lingkungan yang akan dilakukan (Zobel dkk., 2002). Dalam lingkup EMS perusahaan harus menentukan aktivitas, produk, serta jasa, yang dapat dikontrol dan terimbas oleh organisasi, serta dampak lingkungan yang mengikat, dengan menitikberatkan pola pikir daur hidup atau LCA (ISO 14001, 2015). Organisasi yang melakukan EMS sering ditemukan ketidakseimbangan aspek lingkungan terkait *input* dan *output* yang masuk dalam aspek lingkungan yang dikelola dikarenakan penentuan aspek lingkungan hanya didasarkan pada peraturan perundangan tanpa melihat dan kuantifikasi dampak lingkungan dari setiap proses operasional secara mendalam, hal tersebut menjadi kelemahan dalam EMS (Lewandowska dkk., 2011).

Life Cycle Assessment (LCA) adalah salah satu metode identifikasi dampak lingkungan yang sedang hangat diperbincangkan beberapa tahun terakhir. Untuk menentukan dampak lingkungan dari proses produksi dilakukan dengan menggunakan pendekatan LCA (Ketrin dkk., 2024). Dampak lingkungan yang dihasilkan dari hasil produksi migas adalah *global warming*, *acidification*, *stratospheric ozone depletion*, *eutrophication*, *photochemical oxidation*, *human toxicity* (Putri, 2021). LCA memiliki standar yang memberikan pedoman dalam melaksanakan LCA yaitu ISO 14040:2016 dan ISO 14044:2017 (Budiono, 2023).

Oleh sebab itu dalam penelitian dilakukan pengukuran dampak lingkungan dengan metodologi LCA, menghitung tingkat risiko dan peluang lingkungan dari dampak lingkungan yang dihasilkan, dan menilai gap penggunaan LCA dalam EMS.

2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan pada PT X yang merupakan salah satu industri eksplorasi minyak dan gas di Sumatera yang menjadi wilayah kerja migas terbesar di Indonesia. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis *Life Cycle Assessment* (LCA), kajian *Environmental Management System* (EMS), analisis aspek dampak lingkungan dan analisis gap untuk mengetahui apakah LCA dapat digunakan sebagai metode identifikasi dampak lingkungan EMS.

2.1. Analisis *Life Cycle Assessment* (LCA)

Analisis dampak lingkungan dengan LCA dilakukan untuk mengukur dampak lingkungan yang dihasilkan dari produk minyak mentah, aplikasi yang akan digunakan adalah Simapro. Dalam melakukan analisis LCA terdapat beberapa langkah yang dilakukan yaitu penentuan *goal and scope*, *life cycle inventory*, dan *life cycle impact assessment*. Analisis LCA dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Simapro berlisensi.

2.2. Kajian *Environmental Management System* (EMS)

Pada tahap ini dilakukan kajian EMS Langkah yang dilakukan adalah analisis konteks perusahaan, analisis risiko dan peluang, analisis kebijakan lingkungan. Dalam tahap ini dapat diketahui nilai risiko dari masing-masing dampak yang dihasilkan dari analisis LCA.

2.3. Analisis Aspek Dampak Lingkungan

Pada tahapan ini merupakan proses penilaian aspek lingkungan untuk mengetahui program apa yang dapat dilakukan untuk melakukan pengelolaan risiko dari masing-masing dampak lingkungan.

2.4. Analisis Gap

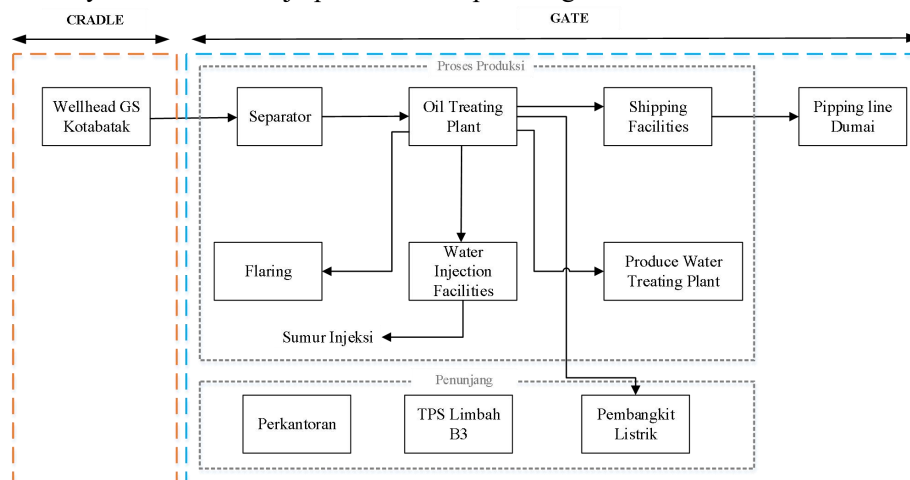
Pada tahap ini akan dilakukan penilaian kesesuaian penggunaan metode LCA dalam identifikasi dampak lingkungan pada EMS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis *Life Cycle Assessment* (LCA)

3.1.1 Penetapan *Goal and Scope*

Goal atau tujuan dilakukan kajian LCA adalah untuk mengetahui dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak di GS South KB, sedangkan *scope* atau ruang lingkup kajian LCA dilakukan pada seluruh proses yang dilakukan pada produksi minyak mentah di GS South KB. Berdasarkan *Product Category Rules Crude Petroleum And Natural Gas product Category Classification*: UN CPC 120 LCA. Sehingga pada penelitian ini digunakan *scope cradle to grave* dimana lingkup *cradle* meliputi kegiatan eksplorasi minyak, *gate* meliputi proses pengolahan fluida minyak dan fasilitas penunjang produksi dan *grave* meliputi kegiatan pengiriman produk minyak mentah menuju penerima dan pembangkit listrik **Gambar 1**.



Gambar 1 System boundary LCA

3.1.2 *Life Cycle Inventory* (LCI)

Data yang dikumpulkan merupakan *input* dan *output* dari proses dan sistem fasilitas produksi dan penunjang yang meliputi produk, bahan baku, material, penggunaan bahan kimia, pemakaian energi, penggunaan lahan, emisi dan limbah yang dihasilkan. Data yang dikumpulkan harus dilakukan verifikasi dengan tujuan untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan sesuai dengan kondisi aktual. Verifikasi dilakukan dengan pengecekan sumber data dan kesesuaian data dengan unit proses yang akan diteliti. Dari 9 kategori data yang dikumpulkan seluruh data terverifikasi sesuai dengan kondisi aktual, seluruh data yang digunakan bersumber dari data internal perusahaan hanya dua data yang menggunakan kombinasi antara data real dan pendekatan yaitu luas lahan dan transportasi, data luas lahan *wellhead* merupakan data yang dilakukan pendekatan dimana data luas lahan tersebut didapatkan dari pengukuran citra satelit dengan menggunakan Google Earth, sedangkan data transportasi dengan kendaraan pengangkut limbah adalah estimasi jarak pengangkutan limbah dari South KB ke TPS limbah B3 dengan menggunakan Google Maps.

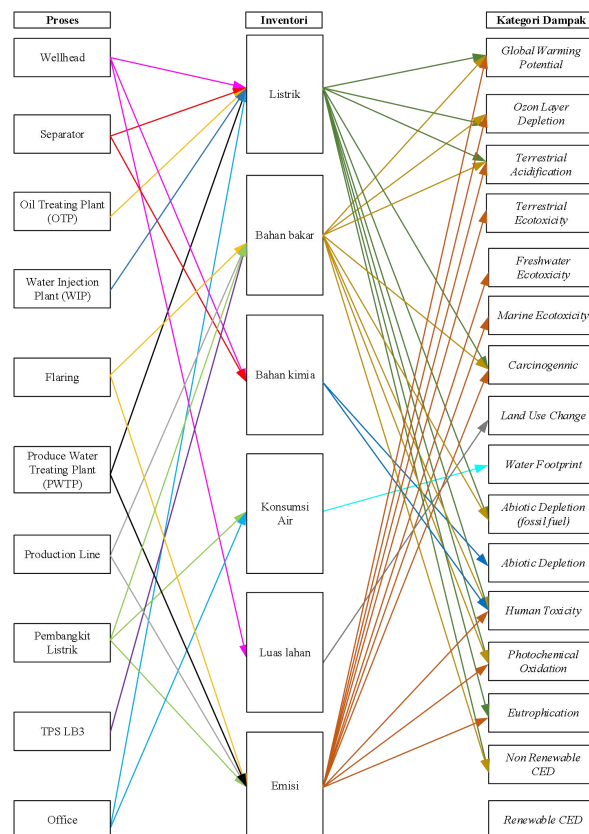
Tabel 1. Pengumpulan dan Verifikasi Data

Kategori Data	Jenis Data	Sumber Data	Status
Produksi	Minyak mentah	Meter <i>crude oil</i>	Data <i>real</i>
Bahan baku dan material	Fluida minyak mentah	Meter fluida	Data <i>real</i>
Penggunaan bahan kimia	<i>Demulsifier, scale inhibitor, biocide</i>	<i>Daily reading chemical</i>	Data <i>real</i>
Pemakaian energi	Listrik, natural gas,	SCADA, PLTS, meter gas	Data <i>real</i>
Penggunaan lahan	Luas lahan	AMDAL dan estimasi	Data <i>real</i> /pendekatan
Emisi ke udara	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, SO _x , NO _x , TOC, PM	Catatan hasil uji lab	Data <i>real</i>
Emisi ke air	Phenol Total, COD, TDS, minyak dan lemak, sulfida, amoniak	Catatan hasil uji lab	Data <i>real</i>
Transportasi	Panjang pipa dan truck	Data operasional, estimasi	Data <i>real</i> /pendekatan
Limbah yang dihasilkan	Sampah dan limbah B3	<i>Logbook</i> limbah	Data <i>real</i>

3.1.3 Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

Menurut ISO 14040:2016 terdapat tiga tahapan yang wajib dilakukan dalam melakukan LCIA yaitu menentukan indikator dan kategori dampak serta model karakterisasi, perhitungan hasil indikator kategori (karakterisasi), dan analisis keterkaitan LCI pada indikator dampak (klasifikasi).

Dari analisis peraturan dan beberapa literatur tersebut indikator dampak yang dinilai adalah *ozone depletion*, *Global Warming Potential* (GWP), *terrestrial acidification*, eutrofikasi, *photochemical oxidant*, *abiotic depletion*, *abiotic depletion (fossil fuel)*, *water footprint*, *carcinogenic*, *toxicity*, *land use change*, dan *Cumulative Energy Demand* (CED), Sehingga metode penilaian dampak yang digunakan adalah ReCiPe 2016 *Midpoint* (H), CML-IA *Baseline*, dan *Cumulative Energy Demand* (CED). Hasil karakterisasi dampak ditampilkan pada Tabel 3. Dari hasil karakterisasi kemudian dilakukan normalisasi untuk mempermudah membandingkan masing-masing dampak pada setiap proses. Hasil karakterisasi dampak ditampilkan pada Tabel 4. Klasifikasi adalah proses identifikasi dan penetapan hubungan antara LCI dengan Indikator Dampak. Pada tahap ini dilakukan analisis keterkaitan LCI dengan LCIA yang bertujuan untuk mengetahui kontributor dari indikator dampak. Hasil keterkaitan unit proses *wellhead* digambarkan seperti Gambar 2.

**Gambar 2** Keterkaitan LCI dengan LCIA *wellhead*

Hotspot analysis bermanfaat untuk mengidentifikasi lokasi diprioritaskan untuk dilakukan tindakan untuk perbaikan lingkungan (Budiono, 2023). Analisis *hotspot* dilakukan dengan membandingkan besaran nilai normalisasi dan pembobotan pada masing-masing metode yang digunakan. Persentase normalisasi atau pembobotan dihitung dengan membagi skor normalisasi dan pembobotan kategori dampak tertentu pada masing-masing unit proses dengan total skor normalisasi dan pembobotan kategori dampak tersebut dalam satuan persen. Hasil persentase perbandingan normalisasi dampak dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Persentase Perbandingan Normalisasi Dampak

No	Indikator Dampak	Normalisasi	Persentase	Inventori	Proses
Metode ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.09.					
1	<i>Global warming potential</i>	3.75E+05	84%	Listrik	Wellhead, WIP
2	<i>Ozone Layer Depletion</i>	1.60E+03	0%		
3	<i>Terrestrial Acidification</i>	2.23E+03	1%	Listrik	Wellhead dan WIP
4	<i>Terrestrial ecotoxicity</i>	2.05E+02	0%		
5	<i>Freshwater ecotoxicity</i>	1.87E+03	0%		
6	<i>Marine ecotoxicity</i>	1.18E+03	0%		
7	<i>Carcinogenic</i>	9.17E+03	2%	Listrik	Wellhead
8	<i>Land Use Change</i>	5.34E+04	12%	Luas lahan	Wellhead dan Injection Well
9	<i>Water Footprint</i>	1.55E+03	0%		
Total		4.46E+05	100%		
Metode CML-IA Baseline V3.07					
10	<i>Abiotic depletion</i>	3.17E-08	1%	Demulsifier	Wellhead
11	<i>Abiotic depletion (fossil fuels)</i>	3.23E-03	0%		
12	<i>Human Toxicity</i>	1.47E-06	52%	Listrik dan Demulsifier	Wellhead
13	<i>Photochemical oxidation</i>	6.24E-07	22%	Listrik	Wellhead dan WIP
14	<i>Eutrophication</i>	7.03E-07	25%	Listrik	Wellhead dan WIP
Total		3.23E-03	100%		
Cumulative Energy Demand					
15	<i>Non renewable</i>	1.30E+06	100%	Listrik	Wellhead dan WIP
16	<i>Renewable</i>	1.43E-02	0%		
Total		1.30E+06	100%		

Tabel 3 Hasil Karakterisasi Dampak

No	Indikator Dampak	Satuan	Total	Wellhead	Separator	OTP	Shipping Facilities	WIP	Flaring	PWTP	Production Transport	Pembangkit Listrik	TPS LB3	Office
<i>Metode ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.09</i>														
1	<i>Global warming potential</i>	kg CO ₂ eq	3,00E9	1,64E9	3,98E5	7,09E7	1,90E5	7,87E8	3,55E7	2,63E6	1,23E7	4,5138	1,39E2	3,05E2
2	<i>Ozone Layer Depletion</i>	kg CFC ₁₁ eq	9,54E1	4,18E0	1,06E1	1,73E-1	3,47E-1	1,923E1	8,65E1	6,41E-3	3,01E-2	1,1E0	5,09E-5	5,09E-5
3	<i>Terrestrial Acidification</i>	kg SO ₂ eq	1,64E4	8,73E4	7,52E1	5,64E2	1,58E3	4,14E4	4,75E3	1,38E2	6,48E2	2,37E4	3,81E-1	1,59E0
4	<i>Terrestrial ecotoxicity</i>	kg 1,4-DCB	5,17E6	2,28E6	2,24E6	0	6,43E5	0	0	5,89E-3	9,37E-2	0	1,77E3	1,14E4
5	<i>Freshwater ecotoxicity</i>	kg 1,4-DCB	4,72E4	1,9E4	2,60E4	0	2,11E3	0	0	5,81E-2	9,65E-3	0	9,75E1	1,41E2
6	<i>Marine ecotoxicity</i>	kg 1,4-DCB	5,15E4	2,6E4	2,16E4	0	3,575E3	0	0	1,42E-3	1,01E-2	0	1,45E1	1,83E2
7	<i>Carcinogenic</i>	kg 1,4-DB eq	9,46E4	4,88E4	3,88E4	0	6,90E4	0	0	0	3,41E-3	0	3,26E1	1,37E2
8	<i>Land Use Change</i>	m ² a crop eq	3,36E8	3,29E3	2,76E5	3,48E2	1,96E4	3,86E3	0	1,29E1	6,04E1	2,21E3	4,45E0	1,19E1
9	<i>Water Footprint</i>	m ³	9,89E3	2,99E4	5,96E3	9,64E-1	4,69E2	1,07E2	0	1,68E0	1,40E0	6,14E1	3,44E-1	4,48E2
<i>Metode CML-IA Baseline V3.07</i>														
10	<i>Abiotic depletion (fossil fuels)</i>	MJ	6,63E0	3,95E0	2,41E0	0	2,42E-1	0	0	0	8,81E-8	0	1,07E-3	2,06E-2
11	<i>Abiotic depletion</i>	kg Sb eq	1,23E12	1,23E12	1,27E6	1,5E5	1,93E7	1,67E6	0	5,57E3	2,61E4	9,56E5	1,82E3	3,30E3
12	<i>Human Toxicity</i>	kg 1,4-DCB	4,10E6	2,5E6	6,66E5	3,14E4	9,30E4	3,48E5	9,44E3	1,16E3	5,46E3	2,00E5	4,72E2	2,63E3
13	<i>Photochemical oxidation</i>	kg C ₂ H ₄ eq	3,11E4	1,17E4	2,04E2	7,35E2	7,94E1	8,16E3	2,73E1	2,73E1	1,28E3	4,68E3	4,95E-1	4,68E3
14	<i>Eutrophication</i>	kg PO ₄ --- eq	1,45E5	7,8E4	1,03E3	3,35E3	1,29E2	3,72E4	3,15E3	1,29E2	5,82E2	2,13E4	1,44E-1	2,13E4
<i>Metode Cumulative Energy Demand</i>														
15	Non renewable	MJ	1,3E12	1,3E12	1,36E6	1,67E5	2,05E7	1,85E6	0	2,05E7	2,9E4	1,06E6	1,94E3	3,55E3
16	Renewable	MJ	9,69E4	5,28E4	2,32E4	0	6,59E3	0	0	0	0	0	1,64E1	1,43E4

Tabel 4 Hasil Normalisasi Dampak

No	Indikator Dampak	Total	Wellhead	Separator	OTP	Shipping Facilities	WIP	Flaring	PWTP	Production Transport	Pembangkit Listrik	TPS LB3	Office
<i>Metode ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.09</i>													
1	<i>Global warming potential</i>	3,75E5	2,05E5	4,97E1	8,86E3	2,37E1	9,83E4	4,44E3	3,28E2	1,54E3	5,64E4	1,74E-2	3,81E-2
2	<i>Ozone Layer Depletion</i>	1,59E3	6,98E1	1,78E1	2,89E0	5,80E0	3,21E1	1,45E3	1,07E-1	5,02E-1	1,84E1	8,50E-4	1,93E-3
3	<i>Terrestrial Acidification</i>	4,01E3	2,13E3	2,27E1	9,10E1	3,86E1	1,91E3	1,16E2	3,86E1	1,58E1	0	9,30E-3	3,87E-2
4	<i>Terrestrial ecotoxicity</i>	3,40E2	1,5E1	1,47E2	0	4,23E1	0	0	3,87E-7	6,16E-6	0	1,16E-1	7,53E-1
5	<i>Freshwater ecotoxicity</i>	1,88.E3	7,54E2	1,03E3	0	8,37E1	0	0	2,31E-3	3,83E-4	0	3,87E-1	5,58E0
6	<i>Marine ecotoxicity</i>	1,19E3	5,89E2	4,97E2	0	8,63E1	0	0	3,27E-5	2,31E-4	0	3,34E-1	4,21E0
7	<i>Carcinogenic</i>	9,18E3	4,73E3	3,76E3	0	6,70E2	0	0	0	3,31E-4	0	3,16E0	1,13E1
8	<i>Land Use Change</i>	5,44E4	5,33E4	4,47E1	5,63E-2	3,17E0	6,25E-1	0	2,09E-3	9,79E-4	3,59E-1	7,21E-4	1,93E-3
9	<i>Water Footprint</i>	1,55E+3	2,23E+1	2,23E+2	3,63E-2	1,76E+0	4,01E-1	0	1,34E-3	5,52E-3	2,30E-1	1,29E+3	1,68E+1
<i>Metode CML-IA Baseline V3.07</i>													
10	<i>Abiotic depletion (fossil fuels)</i>	3,17E-8	1,89E-8	1,15E-8	0	1,16E-9	0	0	0	4,21E-16	0	5,13E-12	9,83E-11
11	<i>Abiotic depletion</i>	3,23E-3	3,23E-3	3,33E-9	3,9E-10	5,07E-8	3,95E-10	0	1,46E-11	6,86E-11	2,51E-9	4,78E-12	8,67E-12
12	<i>Human Toxicity</i>	1,59E-6	1,07E-6	2,58E-7	1,22E-8	3,61E-8	1,22E-8	3,66E-9	4,51E-10	2,21E-9	7,75E-8	1,83E-10	1,02E-9
13	<i>Photochemical oxidation</i>	8,46E-7	4,65E-7	5,55E-9	2,003-8	2,16E-9	2,00E-8	1,27E-10	7,41E-10	3,47E-9	1,27E-7	2,05E-12	2,76E-12
14	<i>Eutrophication</i>	9,17E-7	4,93E-7	6,52E-9	2,12E-8	1,52E-9	2,12E-8	1,99E-8	8,12E-10	3,68E-9	1,35E-7	9,13E-13	5,17E-12
<i>Metode Cumulative Energy Demand</i>													
15	Non renewable	1,30E6	1,30E6	7,46E0	1,67E-1	2,6E1	1,85E0	0	6,19E-3	2,90E-2	1,06E0	2,04E-3	0
16	Renewable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0143

3.2.1 Analisis Risiko dan Peluang Lingkungan

Dalam melakukan penilaian risiko terdapat 3 tahap yang harus dilakukan yaitu menetapkan kemungkinan risiko terjadi, menentukan besaran dampak, dan klasifikasi/penilaian risiko. Menurut (Septiansyah dkk., 2023) dalam melakukan penilaian risiko terdapat 3 tahap yang harus dilakukan yaitu menetapkan kemungkinan risiko terjadi (*likelihood*), menentukan besaran dampak (*severity*), dan klasifikasi/penilaian risiko. Sebelum dilakukan penilaian risiko perlu ditentukan aspek lingkungan atau indikator apa yang harus digunakan dalam menentukan besaran nilai *likelihood* dan *severity*.

Nilai kemungkinan (*likelihood*) ditentukan dengan menggunakan metode kuantitatif dengan melihat jumlah proses yang memiliki dampak lingkungan tertinggi. Pada penelitian ini dilakukan analisis pada 10 proses seluruh operasi meliputi wellhead, oil treating plant, flaring, produced water treatment plant, production transport, pembangkit listrik dan fasilitas penunjang, ketika dampak lingkungan terjadi pada hampir seluruh proses 10-11 proses maka memiliki nilai *likelihood* 5 (lima) atau *almost certain*, dampak lingkungan yang terjadi pada sebagian proses atau 7-9 proses maka memiliki nilai 4 (empat) atau *likely*, dampak lingkungan yang terjadi pada 50% atau 4-6 proses memiliki nilai 3 (tiga) atau *moderate*, dampak lingkungan yang terjadi pada sebagian kecil proses 2-4 proses maka memiliki nilai 2 (dua) atau *unlikely*, dan dampak lingkungan yang hanya terjadi pada 1 (satu) proses maka memiliki nilai 1 (satu) atau *rare*.

Nilai keparahan (*severity*) ditentukan berdasarkan analisis kuantitatif yaitu dengan membandingkan nilai dampak yang dihasilkan akan dibandingkan dengan dampak lingkungan yang dihasilkan oleh industri lain yang sejenis. Salah satu kriteria yang menjadi poin penilaian adalah benchmarking kinerja pengelolaan lingkungan dengan industri lain sejenis. Metode benchmarking yang harus dilakukan perusahaan seperti yang tercantum pada PERDIRJEN PPKL P.14 2020 yang dirilis oleh Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Pada peraturan tersebut telah ditetapkan grafik *benchmark* dimana data yang dibandingkan adalah data kinerja pengelolaan lingkungan dibagi dengan jumlah produksi dalam satuan *ton oil equivalent* (TOE). ketika nilai *benchmark* dibawah 100% maka nilai *severity* 5 (lima) atau *severe*, nilai *benchmark* 75%-100% maka nilai *severity* 4 (empat) atau *major*, nilai *benchmark* 50%-75% maka nilai *severity* 3 (tiga) *significant*, nilai *benchmark* 25%-50% maka nilai *severity* 2 (dua) atau *minor*, dan nilai *benchmark* diatas 25% maka nilai *severity* 1 (satu) atau *insignificant*.

Penilaian risiko digunakan untuk menentukan tingkat risiko ditinjau dari kemungkinan kejadian (*likelihood*) dan keparahan risiko (*severity*). Nilai risiko kemudian didefinisikan dengan level risiko, nilai 1-2 termasuk dalam level *very low*, nilai 3-4 termasuk dalam level *low*, nilai 4-9 termasuk dalam level *medium*, nilai 10-12 termasuk dalam level *high*, nilai 15-16 termasuk dalam level *very high*, nilai 20-25 termasuk dalam level *extreme*, dan Jika nilai 0 maka dampak tidak memiliki risiko atau *no risk*. Hasil penilaian risiko seperti tabel berikut.

Tabel 7 Hasil Perhitungan Nilai Risiko Seluruh Proses

Dampak	Fasilitas	Nilai Likelihood	Nilai Severity	Nilai Risiko	Uraian
<i>Cumulative energy demand</i>	<i>Separatot, Oil treating plant, Shipping facilities, Water injection plant, TPS LB3, PWTP, Piping line, Pembangkit listrik, dan fasilitas penunjang</i>	5	5	25	<i>Extreme</i>
<i>Global Warming Potential</i>	<i>Separatot, Oil treating plant, Shipping facilities, Water injection plant, TPS LB3, PWTP, Piping line, Pembangkit listrik, dan fasilitas penunjang</i>	4	5	20	<i>Extreme</i>

Pada Tabel 7 menjelaskan bahwa nilai risiko dari dampak *global warming potential* dan *cumulative energy demand* yang dihasilkan oleh PT X adalah *extreme*. Dampak *cumulative energy demand* memiliki nilai *likelihood* 5 karena dampak tersebut muncul pada 10 dari 11 proses dan nilai *severity* 5 karena nilai *benchmark* termasuk dibawah 100% sehingga dampak ini memiliki nilai risiko 25 atau *extreme*. Dampak *global warming potential* memiliki nilai *likelihood* 5 karena dampak tersebut muncul pada 9 dari 11 proses dan nilai *severity* 5 karena nilai *benchmark* termasuk dibawah 100% sehingga dampak ini memiliki nilai risiko 20 atau *extreme*.

3.3 Analisis Aspek Dampak Lingkungan

Setelah nilai risiko diketahui kemudian dilakukan analisis aspek dampak lingkungan untuk menentukan bagaimana cara mengelola dampak lingkungan dan risiko yang dimiliki. Analisis dilakukan dengan melihat aspek

internal dan eksternal perusahaan. Pada pembahasan sebelumnya telah diidentifikasi kewajiban penataan dimana aspek tersebut dapat mempengaruhi kinerja pengelolaan lingkungan. Berikut merupakan aspek lingkungan yang dikelola dari dampak.

Tabel 8 Hasil Perhitungan Nilai Risiko Seluruh Proses

Dampak	Aspek Lingkungan (Kontributor)	Proses	Pengendalian Risiko	Risiko jika tidak dilakukan	Peraturan
<i>Cumulative energy demand</i>	Konsumsi listrik	Wellhead, PWTP, Pipping Line, WIP, OTP dan Penunjang	Melakukan pengurangan pada proses Wellhead, PWTP, Pipping Line, WIP, OTP dan Penunjang	- Menurunnya peringkat PROPER - Menurunnya citra perusahaan - Meningkatnya anggaran pengelolaan lingkungan	- PERDIRJEN PPKL P.14 2020. - Permen LHK 01 Tahun 2021
<i>Global warming potential</i>	Konsumsi listrik	Wellhead, PWTP, Pipping Line, WIP, OTP dan Penunjang	Melakukan pengurangan pada proses Wellhead, PWTP, Pipping Line, WIP, OTP dan Penunjang	- Menurunnya peringkat PROPER - Menurunnya citra perusahaan - Meningkatnya anggaran pengelolaan lingkungan	- Permen LHK No 13 Tahun 2009 - PERDIRJEN PPKL P.14 2020. - Permen LHK No 11 Tahun 2021 - Permen LHK 01 Tahun 2021
	Konsumsi bahan bakar fosil	Flaring	Mengurangi pembakaran gas pada proses flaring	- Menurunnya peringkat PROPER - Menurunnya citra perusahaan - Aduan masyarakat akibat pencemaran	- Permen LHK No 13 Tahun 2009 - PERDIRJEN PPKL P.14 2020. - Permen LHK No 11 Tahun 2021 - Permen LHK 01 Tahun 2021

3.4 Analisis Gap Implementasi LCA Sebagai Metode Identifikasi Dampak LCA

Analisis Gap dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan penggunaan LCA sebagai metode identifikasi dampak lingkungan EMS. **Tabel 9** merupakan penilaian gap yang dilakukan, dari hasil tersebut dapat diketahui kelebihan dan kekurangan penggunaan LCA sebagai metode identifikasi dampak lingkungan EMS. Kelebihan penggunaan LCA yaitu dampak yang diidentifikasi lebih beragam, besaran dampak dapat dikuantifikasikan, penilaian risiko dapat lebih terukur dan tidak bias, sedangkan kekurangannya yaitu keterbatasan *database* yang ada di perangkat lunak sangat mempengaruhi hasil dampak, dan hasil dampak akan berbeda setiap metode sehingga perlu dilakukan penyesuaian metode agar dampak yang dihasilkan sesuai kondisi aktual.

Tabel 9 Analisis Gap

Klausul ISO 14001 2015	Acuan	Implementasi LCA
Memahami organisasi dan konteksnya	Organisasi harus menentukan isu internal dan eksternal yang relevan dengan tujuan dan yang dapat berpengaruh pada kemampuan untuk mencapai hasil yang diharapkan dari sistem manajemen lingkungan. Isu tersebut harus mencakup kondisi lingkungan yang terpengaruh oleh atau mampu mempengaruhi organisasi	LCA digunakan sebagai identifikasi dampak lingkungan, dampak lingkungan yang ada dapat digunakan untuk menentukan isu internal dan eksternal yang mempengaruhi atau dapat dipengaruhi oleh dampak lingkungan yang dihasilkan oleh perusahaan.
Memahami Kebutuhan dan harapan	Menentukan pihak berkepentingan, kebutuhan dan harapan yang menjadi kewajiban perusahaan	Dampak lingkungan yang dihasilkan LCA tidak sepenuhnya dapat digunakan untuk memahami kebutuhan dan harapan terutama kewajiban ketaatan lingkungan.
Menentukan lingkup sistem manajemen lingkungan	Menentukan batasan dan pemberlakuan sistem manajemen lingkungan	<i>Sistem boundary</i> LCA dapat sejalan dengan ruang lingkup EMS
Sistem manajemen lingkungan	Perusahaan harus menetapkan, menerapkan, memelihara, dan memperbaiki suatu sistem manajemen lingkungan secara berkelanjutan.	Dampak lingkungan yang dihasilkan oleh LCA dapat digunakan sebagai pedoman dalam menetapkan, menerapkan, memelihara, dan memperbaiki suatu sistem manajemen lingkungan
Kepemimpinan dan Komitmen	Manajemen puncak harus memperagakan kepemimpinan dan komitmen terhadap sistem manajemen lingkungan	Dampak lingkungan LCA dapat digunakan sebagai acuan manajemen puncak dalam menetapkan komitmen lingkungan.
Kebijakan lingkungan	Manajemen puncak harus menerapkan, menerapkan, dan memelihara kebijakan lingkungan	Dampak lingkungan yang dihasilkan LCA dapat digunakan dalam penentuan kebijakan lingkungan perusahaan
Peran, tanggungjawab dan Organisasi	Manajemen puncak harus memastikan bahwa tanggung jawab dan kewenangan untuk peran yang relevan telah ditetapkan dan dikomunikasikan di dalam organisasi	Tidak berhubungan langsung dengan LCA

Klausul ISO 14001 2015	Acuan	Implementasi LCA
Tindakan yang ditujukan pada risiko dan peluang	Perusahaan harus menetapkan tindakan dengan mempertimbangkan aspek lingkungan dan kewajiban penataan	LCIA dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan tindakan yang harus dilakukan
Sasaran lingkungan dan perencanaan untuk mencapai sasaran	Organisasi harus menetapkan sasaran lingkungan pada fungsi dan tingkatan yang relevan, dengan memperhitungkan aspek lingkungan penting organisasi dan kewajiban penataan yang terkait, serta mempertimbangkan risiko dan peluang	Besaran dampak dari LCA dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan sasaran lingkungan.

4. KESIMPULAN

Dampak lingkungan tertinggi yang dari proses produksi minyak di PT X adalah *global warming potential* dan *cumulative energy demand*. Aspek lingkungan penting yang teridentifikasi menghasilkan dampak lingkungan penting adalah penggunaan listrik dan bahan bakar fosil pada proses *wellhead*, *oil treating plant*, *flaring*, *produced water treatment plant*, *production transport*, pembangkit listrik dan fasilitas penunjang. Dampak lingkungan *global warming potential* memiliki nilai risiko 25 dan *cumulative energy demand* memiliki nilai risiko 20, kedua risiko dampak yang diperoleh *extreme*. Nilai risiko tersebut sesuai dengan konteks perusahaan dimana *global warming potential* dan *cumulative energy demand* menjadi isu lingkungan utama yang dikelola dalam manajemen lingkungan perusahaan.

Kelebihan penggunaan LCA sebagai identifikasi dampak lingkungan EMS adalah dampak yang dapat diidentifikasi beragam, besaran dampak dapat hirung dan penilaian risiko dapat lebih terukur dan tidak bias. Sedangkan kelemahannya adalah keterbatasan database yang ada di perangkat lunak dapat mempengaruhi hasil dampak dan hasil dampak akan berbeda setiap metode sehingga perlu dilakukan penyesuaian metode agar dampak yang dihasilkan sesuai kondisi aktual.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiana, E., & Elvania, C. (2024). Analisis Penerapan ISO 14001:2015 (Sistem Manajemen Lingkungan) Pada Industri “X.” *Jurnal Pembangunan Berkelanjutan*, 7(1), 89–96. <https://doi.org/10.22437/jpb.v7i1.35728>
- Akmal A., Astryd V. D., & Mochamad A.P. (2024). Environmental Impacts Potential of Natural Gas Production Through Life Cycle Assessment. *Journal of Materials Exploration and Findings*, 3(2), 128–137. <https://doi.org/10.7454/jmef.v3i2.1059>
- Al-Yasiri, Q., & Géczi, G. (2021). Global Warming Potential: Causes and Consequences. *Academia Letters*. <https://doi.org/10.20935/al3202>
- Arba, Y., & Thamrin, S. (2022). Journal Review: Perbandingan Pemodelan Perangkat Lunak Life Cycle Assessment (LCA) untuk Teknologi Energi. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 3(2), 142–153. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.14001>
- Arocena, P., Orcos, R., & Zouaghi, F. (2023). The scope of implementation of ISO 14001 by multinational enterprises: The role of liabilities of origin. *Journal of Environmental Management*, 327. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116844>
- Baidhok, W. (2024). Integrasi Penerapan Sistem Manajemen ISO 9001 dan ISO 14001 pada Perusahaan Rekanan Pertamina. *Reslaj: Religion Education Social Laa Roiba Journal*, 6 Nomor 3. <https://doi.org/10.47476/reslaj.v6i3.5526>
- Bilafiqri, S., & Mulyanti, H. (2023). Evaluasi Sistem Manajemen Lingkungan (SML) ISO 14001:2015 Di PT Pertamina EP Cepu-Jambaran Tiung Biru (JTB) Evaluation Of ISO 14001:2015 Environmental Management System (EMS) At PT Pertamina EP Cepu-Jambaran Tiung Biru (JTB). *CHEMVIRO: Jurnal Kimia dan Ilmu Lingkungan*, 1(1), 7–11. <https://doi.org/10.56071/chemviro.v1i1.559>

- Daizhong Su. (2020). *Sustainable Product Development*. Springer Nature Switzerland AG 2020. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-39149-2>
- Budiono D. I. L.. (2023). *Kajian Dampak Lingkungan Proses Produksi Kilang Minyak Pada Produk Bahan Bakar Gasoline RON 88 Dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- DKPU ITS. (2024). *Laporan Life Cycle Assessment PT Pertamina Hulu Rokan-Minas Siak*.
- Dwi Jofanka, A., & Bagus Ketut Bayangkara, I. (2024). Strategi Pengelolaan Lingkungan Dalam Penerapan Ekonomi Hijau Pada PT Pertamina Patra Niaga Tbk. *Jurnal Akuntansi, Manajemen dan Ilmu Ekonomi (JASMIEN)*, 4, 80–89. <https://doi.org/10.54209/jasmien.v4i03.493>
- Astuti W. D. (2017). *Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Bowtie Pada Proyek One Galaxy Surabaya*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Ferid, L. (2022). *Environmental Management Systems: barriers to successful integration*. Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet.
- Gaudreault, C., Samson, R., & Stuart, P. R. (2009). Using LCA to enhance EMS: Pulp and paper case study. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, 28(4), 576–588. <https://doi.org/10.1002/ep.10340>
- Karaeva, A., Tolkou, A., Cioca, L. I., & Lakatos, E. S. (2023). Family ISO 14000 standards as a tool of achieving environmental sustainability of enterprises. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1126(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1126/1/012036>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *PEDOMAN PENYUSUNAN LAPORAN PENILAIAN DAUR HIDUP (LCA)*.
- Ketrin, E., & Rosariawari, F. (2024). *Identifikasi Dampak Lingkungan dengan Metode Pendekatan Life Cycle Assessment Pada Proses Produksi Pabrik Gula*. IX(3).
- Lewandowska, A., Matuszak-Flejszman, A., Joachimiak, K., & Ciroth, A. (2011). Environmental life cycle assessment (LCA) as a tool for identification and assessment of environmental aspects in environmental management systems (EMS) Part 2: Case studies. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 16(3), 247–257. <https://doi.org/10.1007/s11367-011-0252-3>
- Ni Luh Sekar Asmara Putri. (2021). *Kajian Dampak Lingkungan Pada Poleng Processing Platform PT. X dengan Life Cycle Assessment*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ormazabal, M., Jaca, C., & Puga-Leal, R. (2014). Analysis and comparison of life cycle assessment and carbon footprint software. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 281, 1521–1530. https://doi.org/10.1007/978-3-642-55122-2_131
- PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA TENTANG PROGRAM PENILAIAN PERINGKAT KINERJA PERUSAHAAN DALAM PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP, Pub. L. No. 01 Tahun 2021 (2021).
- Pinja R. (2023). *Environmental Management System Development*. Turku University Of Applied Sciences.
- PRé Sustainability. (2022). *SimaPro database manual Methods library*.
- PRODUCT CATEGORY RULES (PCR) CRUDE PETROLEUM AND NATURAL GAS PRODUCT CATEGORY CLASSIFICATION: UN CPC 120, Envirodec (2023). www.environdec.com.
- Putri S, A., Apriani, M., & Rahayu W. D. (2022). *Analisis Persiapan dan Penyusunan Dokumen Sistem Manajemen Lingkungan (SML) ISO 14001:2015 di Industri Asam Fosfat Gresik*. 5(1).

- Rizky I. P. (2021). *Kajian Life Cycle Assessment (LCA) Proses Produksi Crude Oil Dan Natural Gas Di PT Pertamina Hulu Kalimantan Timur Daerah Operasi Bagian Utara (PHKT DOBU)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Rosenbaum, R. K., Hauschild, M. Z., Boulay, A. M., Fantke, P., Laurent, A., Núñez, M., & Vieira, M. (2017). Life cycle impact assessment. Dalam *Life Cycle Assessment: Theory and Practice* (hlm. 167–270). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56475-3_10
- Saffira A. & Mohammad M. (2023). Analisis Life Cycle Assessment (LCA) pada Proses Produksi Pupuk ZA II Menggunakan Metode Recipe 2016. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(3), 620–632. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i3.2074>
- Septiansyah, B. H., & Dahda, S. S. (2023). ANALISIS RISIKO BAHAYA KERJA KETINGGIAN MENGGUNAKAN METODE JOB SAFETY ANALYSIS (JSA) PADA BAGIAN PASANG BARU DI PT XYZ. *Journal of Industrial Engineering and Operation Management*, 6(1). <https://doi.org/10.31602/jieom.v6i1.10638>
- Sistem manajemen lingkungan-Persyaratan dengan panduan penggunaan (2015). www.bsn.go.id
- Speck, R., Selke, S., Auras, R., & Fitzsimmons, J. (2016). Life Cycle Assessment Software: Selection Can Impact Results. *Journal of Industrial Ecology*, 20(1), 18–28. <https://doi.org/10.1111/jiec.12245>
- Sulistiyono. (2022). *DAMPAK KEGIATAN INDUSTRI MIGAS TERHADAP LINGKUNGAN DAN UPAYA PEMANTAUANNYA* (Rusli, Ed.; 1 ed.). Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia (PRCI).
- Syam, S., Arlianti, L., & Rismaningsih, F. (2021). Penciptaan Green Industri Melalui Pelatihan ISO 14001:2015 Sistem Manajemen Lingkungan Pada Karyawan Industri Manufaktur di Kawasan Industri Manis Tangerang. Dalam *Journal of Community Service and Engagement* (Vol. 01, Nomor 02).
- Tommy Al-Hanif, E., Adi Saputro, P., Faadhilah, I., Fatika Sari, M., Sinar Pertiwi, D., & Al Farida, A. (2024). Study of The Calculation of The Potential Environmental Impact of Crude Oil Production on The Crude Oil and Gas Explore Industry in Sumatra Using The Life Cycle Assessment Method. *Jurnal Geografi*, 2 (1), 25–36. <https://doi.org/10.15294/jg.v2i1i1.2450>
- Zobel, T., Almroth, C., Bresky, J., & Burman, J.-O. (2002). Identification and assessment of environmental aspects in an EMS context: an approach to a new reproducible method based on LCA methodology. Dalam *Journal of Cleaner Production* (Vol. 10). www.cleanerproduction.net