

Penilaian Daur Hidup Proses Distribusi BBM di PT Pertamina (Persero) Fuel Terminal Parepare

Putri Alifa Kholil^{1*}, M. Arief Budihardjo², Fuad Muhammad³ dan Ketut Karno⁴

¹Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro; e-mail: putrialifak@gmail.com

²Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro; e-mail: ariefbudihardjo@lecturer.undip.ac.id

³Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro; e-mail: fuadmuhammad@lecturer.undip.ac.id

⁴PT Pertamina (Persero) Fuel Terminal Parepare; e-mail: ketutkarno12@gmail.com

ABSTRAK

Pada tahun 2020, PT Pertamina (Persero) Fuel Terminal Parepare telah mendistribusikan BBM sebesar 498.270,317 kiloliter (KL). Proses distribusi BBM tersebut menghasilkan emisi dan limbah yang berpotensi berdampak pada lingkungan sekitar. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis potensi dampak lingkungan dari proses distribusi BBM di PT Pertamina (Persero) Fuel Terminal Parepare dan mengetahui unit proses yang paling berdampak terhadap lingkungan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA). LCA dilakukan dengan ruang lingkup *gate-to-gate* dimulai dari proses penerimaan BBM hingga pendistribusian BBM mengacu pada SNI ISO 14040:2016 dan SNI ISO 14044:2017. Perhitungan penilaian dampak dilakukan menggunakan *software* Microsoft Excel dengan metode CML IA *Baseline* dengan unit fungsi yang digunakan adalah 1 KL BBM. Kategori dampak potensi pemanasan global, potensi penipisan ozon, potensi hujan asam, dan potensi eutrofikasi dipilih berdasarkan relevansi dengan aktivitas perusahaan dan yang termasuk dampak kategori utama berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 1 Tahun 2021 tentang Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Hasil interpretasi menunjukkan seluruh dampak yang dikaji memiliki isu penting (*hotspot*) pada unit proses distribusi yang disebabkan oleh penggunaan listrik untuk pompa elmot dengan nilai karakterisasi untuk potensi pemanasan global sebesar $3,01 \times 10^{-1}$ kg CO₂ ek/KL, potensi penipisan ozon sebesar $8,79 \times 10^{-9}$ kg CFC-11 ek/KL, potensi hujan asam sebesar $1,34 \times 10^{-3}$ kg SO₂ ek/KL, dan potensi eutrofikasi sebesar $1,65 \times 10^{-3}$ kg PO₄ ek/KL. Rekomendasi yang dapat diberikan adalah dengan melakukan efisiensi penggunaan listrik pompa atau dengan mengganti sumber energi listrik dari PLN menjadi energi terbarukan seperti menggunakan panel surya atau turbin angin.

Kata kunci: Distribusi BBM, Penilaian Daur Hidup, Analisis Inventori, Penilaian Dampak, Interpretasi

ABSTRACT

In 2020, PT Pertamina (Persero) Fuel Terminal Parepare has distributed fuel amounting to 498,270,317 kiloliters (KL). The fuel distribution process produces emissions and waste that have the potential to have an impact on the surrounding environment. The purpose of this study is to analyze the potential environmental impact of the fuel distribution process at PT Pertamina (Persero) Fuel Terminal Parepare and find out the process units that have the most impact on the environment using the Life Cycle Assessment (LCA) method. LCA is carried out with a gate-to-gate scope starting from the process of receiving fuel to distributing fuel referring to SNI ISO 14040: 2016 and SNI ISO 14044: 2017. The calculation of impact assessment is carried out using Microsoft Excel software with the CML IA Baseline method with the function unit used is 1 KL BBM. Categories including global warming potential, ozone depletion potential, acid rain potential, and eutrophication potential were selected based on relevance to the company's activities and which included the impact of the main categories based on the Minister of Environment and Forestry Regulation No. 1 of 2021 concerning the Company Performance Rating Assessment Program and Environmental Management. The results of the interpretation showed that all the impacts studied had important issues (hotspots) on the distribution process unit caused by the use of electricity for elmot pumps with a characterization value of 3.01×10^{-1} kg of CO₂ eq/KL, ozone depletion potential of 8.79×10^{-9} kg CFC-11 eq/KL, acid rain potension of 1.34×10^{-3} kg SO₂ eq/KL, and eutrophication potential of 1.65×10^{-3} kg PO₄ eq/KL. Recommendations that can be given are to make efficiency of the use of pump electricity or by replacing the source of electrical energy from PLN to renewable energy such as using solar cells or wind turbines.

Keywords: Fuel Distribution, Life Cycle Assessment, Life Cycle Inventory, Life Cycle Impact Assessment, Interpretation

Sitasi: 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),685-695, doi: 10.14710/jil.20.3.685-695

1. Latar Belakang

Industri migas merupakan salah satu sumber pasokan energi utama karena tingginya kebutuhan bahan bakar minyak dan gas di Indonesia (Risdiyanta, 2015). Diperkirakan hingga tahun 2050, pangsa bahan

bakar fosil khususnya minyak dan gas bumi diperkirakan masih akan bertahan (Setyono & Kiono, 2021). Berdasarkan data dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (2021), persentase konsumsi bahan bakar minyak terhadap total konsumsi energi

* Penulis korespondensi: putrialifa@students.undip.ac.id

final Indonesia merupakan yang terbesar, yaitu sebesar 42%. Hal ini disebabkan ketergantungan penggunaan bahan bakar minyak pada sektor transportasi masih cukup tinggi. BPPT juga memperkirakan bahwa total kebutuhan energi final untuk sektor transportasi akan terus tumbuh sekitar 3,2% per tahun. Pertumbuhan sektor transportasi akan sejalan dengan pertumbuhan sektor ekonomi nasional (Kholiq, 2015). Peningkatan kebutuhan BBM masyarakat akan menyebabkan peningkatan permintaan pasokan di SPBU, yang juga akan menyebabkan peningkatan aktivitas distribusi dari terminal BBM (Akhliisa & Bakhtiar, 2021).

PT Pertamina merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dalam kegiatan usaha migas di sektor hulu dan hilir untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak dan gas dalam negeri. Perusahaan ini melakukan kegiatan dari eksplorasi, produksi, hingga distribusi minyak bumi. Salah satu anak perusahaan PT Pertamina adalah Fuel Terminal Parepare yang terletak di Jalan H.A.M. Arsyad No. 1, Kelurahan Watang Soreang, Kecamatan Soreang, Kota Parepare, Provinsi Sulawesi Selatan. Fuel Terminal Parepare dibangun pada 1 Januari 1968 dan mulai beroperasi pada Januari 1972 yang memiliki kegiatan operasional distribusi BBM (Bahan Bakar Minyak) dimulai dari proses penerimaan BBM, penimbunan BBM, hingga pendistribusian BBM. Distribusi merupakan salah satu kegiatan pemasaran yang berhubungan langsung dengan konsumen dan memegang peranan penting (Zain & Wicaksono, 2019).

BBM yang diterima berasal dari RU V Kilang Balikpapan, Fuel Terminal Baubau, dan Integrated Terminal Makassar baik melalui kapal tanker maupun mobil tangki. Selanjutnya BBM ditimbun di tangki timbun berdasarkan jenis produk BBM. Fuel Terminal Parepare memiliki tangki timbun berkapasitas 8.857 KL untuk produk Premium, tangki timbun berkapasitas 5.848 KL untuk produk Bios30, tangki timbun berkapasitas 2.862 KL untuk produk Pertamina, dan tangki timbun berkapasitas 60 KL untuk produk Pertadex. Kemudian BBM akan disalurkan pada konsumen Fuel Terminal Parepare yaitu SPBU dan industri dengan menggunakan 4 jenis armada mobil tangki dengan kapasitas 5 KL, 8 KL, 16 KL, dan 24 KL.

Selama operasinya, proses distribusi BBM menghasilkan emisi dan limbah. Emisi dan limbah, baik secara langsung maupun tidak langsung, berpotensi merusak lingkungan sekitar. Sulistyono (2015) menyebutkan bahwa dampak dari kegiatan industri migas adalah pencemaran udara, pencemaran air, dan pencemaran tanah. Proses distribusi migas akan membutuhkan energi yang diperoleh dari pembakaran bahan bakar fosil yang kemudian menghasilkan emisi (Finansia, 2021). Pada tahun 2019, IEA mengestimasi kontribusi emisi dari sektor industri migas sebesar 2,5 GtCO₂eq. Untuk alasan ini, pengelolaan khusus dan tindakan pencegahan diperlukan selama proses distribusi BBM untuk menghasilkan emisi dan limbah yang minimal. Salah satu upaya yang dapat dilakukan

adalah dengan melakukan kajian dampak lingkungan pada proses distribusi BBM.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 1 Tahun 2021 tentang Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup terdapat penambahan kriteria baru pada penilaian PROPER yaitu penilaian daur hidup (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021). Metode yang digunakan dalam menilai proses daur hidup pada proses distribusi BBM adalah *Life Cycle Assessment* (LCA).

Life Cycle Assessment (LCA) adalah metode yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menghitung dampak dalam proses distribusi dan fasilitas pendukungnya berdasarkan jumlah energi yang digunakan, penggunaan sumber daya alam, emisi ke lingkungan, dan mengevaluasi dan menerapkan perbaikan yang berlaku tergantung pada kondisi (Hendrickson et al, 2010). Astuti (2019) menyatakan bahwa fungsi LCA adalah menganalisis potensi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh suatu kegiatan dengan mengetahui input yang digunakan, baik energi maupun sumber daya alam. Setelah mengetahui isu penting dari siklus hidup produk, dapat direkomendasikan alternatif perbaikan yang dapat dilakukan perusahaan untuk mengurangi dampak lingkungan. LCA memiliki banyak manfaat yang dapat digunakan oleh perusahaan maupun pemerintah (Luthfia et al, 2020). Penilaian daur hidup mengikuti kerangka kerja acuan dari SNI ISO 14040:2016 dan SNI ISO 14044:2017.

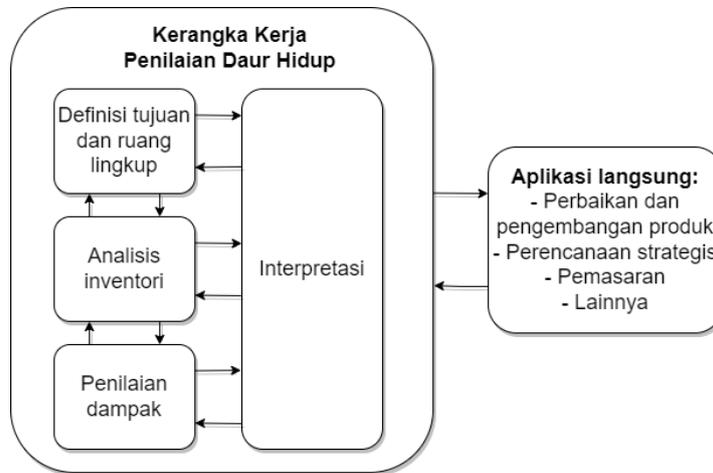
LCA telah lama digunakan di negara maju, namun LCA di Indonesia masih dalam tahap awal pengembangan (Siregar et al, 2020). Wulf et al (2018) melakukan penilaian siklus hidup dari seluruh rantai pasokan hidrogen dari transportasi dan distribusinya. Mereka berfokus pada dampak lingkungan dan ekonomi untuk melakukan pengoptimalan perekonomian. Vinyes et al (2012) melakukan penilaian siklus hidup dari proses produksi, distribusi, dan konsumsi pada buah apel dan peach untuk menganalisis dampak lingkungan dengan perspektif tahunan. Kemudian Finansia (2021) juga melakukan LCA pada transportasi distribusi produk kertas untuk dapat memilih alternatif transportasi pendistribusian produk kertas dengan membandingkan dampak lingkungan dari skenario moda transportasi. Namun sepengetahuan penulis, penerapan LCA di bagian hilir industri minyak dan gas yaitu pada proses distribusi masih belum dilakukan oleh perusahaan.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah melakukan analisis untuk mengidentifikasi unit proses distribusi BBM yang memiliki dampak lingkungan paling signifikan, sehingga dapat diberikan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan dari proses distribusi BBM.

2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah *Life Cycle Assessment* (LCA) yang mengacu pada SNI ISO 14040:2016 tentang Penilaian Daur Hidup – Prinsip dan Kerangka Kerja dan SNI ISO 14044:2017 tentang

Penilaian Daur Hidup – Persyaratan dan Panduan. Metode LCA memiliki 4 tahapan, yaitu tujuan dan ruang lingkup, analisis inventori, penilaian dampak, dan interpretasi. Bagan tahapan LCA ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Bagan Tahapan LCA (SNI ISO 14040, 2016)

2.1 Tujuan dan Ruang Lingkup

Tujuan dan ruang lingkup perlu ditetapkan terlebih dahulu sebelum melakukan tahapan selanjutnya. Tujuan dari penelitian ini adalah dapat mengidentifikasi unit proses dari proses distribusi BBM yang paling berkontribusi terhadap dampak lingkungan (*Hotspot*) sehingga dapat diberikan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan. Sedangkan ruang lingkup meliputi batas sistem, prosedur alokasi, unit fungsi, kriteria *cut-off*, dan asumsi secara detail akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Batas Sistem

Penerapan penilaian daur hidup dapat dilakukan dengan *cradle-to-grave*, *cradle-to-gate*, atau *gate-to-gate* tergantung pada batasan sistem yang ditetapkan (Zhang et al, 2017). Penetapan ruang lingkup pada penelitian ini didasarkan pada rencana strategis yang dimiliki Fuel Terminal Parepare yaitu *gate-to-gate*, dimulai dari proses penerimaan BBM, penimbunan BBM, hingga pendistribusian BBM ke konsumen beserta dengan utilitasnya, yang dapat dilihat pada Gambar 2 dan dijelaskan sebagai berikut :

a. Penerimaan BBM

Penerimaan BBM Terminal Parepare bersumber dari RU V Kilang Balikpapan, Fuel Terminal Baubau, dan Integrated Terminal Makassar Melalui Kapal Tanker. Untuk produk BBM Pertamina Turbo, penyuplai dilakukan dari Integrated Terminal Makassar menggunakan mobil tangki.

b. Penimbunan BBM

BBM yang diterima dari ketiga penyuplai akan ditimbun, dengan

penyaluran dari penerimaan ke tangki timbun menggunakan pompa discharge dari kapal tanker. Proses penimbunan didasarkan atas produk Premium dengan tangki kapasitas 8.857 KL, Bios30 dengan tangki kapasitas 5.848 KL, Pertamina dengan tangki kapasitas 2.862 KL dan Pertamina dengan tangki kapasitas 60 KL.

c. Pendistribusian BBM

Pendistribusian BBM pada konsumen dari Fuel Terminal Parepare menggunakan 4 jenis armada mobil tangki dengan kapasitas 5 KL, 8 KL, 16 KL, dan 24 KL. Konsumen penerima dari armada mobil tangki yaitu SPBU dan Industri. Pada kajian ini, karena keterbatasan pencatatan keluar masuk mobil tangki maka akan diambil 4 konsumen, yaitu 2 SPBU yang terdapat di PT Lako Sainu, 1 SPBU 74.90701 dengan jarak terjauh 69 km, dan 1 konsumen perusahaan yang ada di PT. Panca Merak Samudera.

d. Utilitas

Utilitas yang ada di Fuel Terminal Parepare adalah genset yang digunakan ketika listrik dari PLN mengalami gangguan, oil catcher untuk mengolah air limbah, pompa pemadam kebakaran, perkantoran, serta pemeliharaan water sprinkler dan water deluxe tangki timbun.

2. Prosedur Alokasi

Berdasarkan SNI ISO 14040, dinyatakan bahwa kajian LCA diupayakan untuk tidak melakukan alokasi. Pada penelitian ini hanya ada 1 produk saja yaitu avtur sehingga tidak ada dan tidak dilakukan prosedur alokasi.

3. Unit Fungsi

Unit fungsional merupakan satuan terukur dari suatu sistem produk untuk digunakan sebagai unit acuan. Unit fungsional yang digunakan Fuel Terminal Parepare dalam kajian ini didefinisikan untuk produk BBM yang didistribusikan sebagai 1 KL BBM.

4. Kriteria *Cut-off*

Pada kajian ini, kriteria *cut-off* adalah 0% yang berarti bahwa semua basis inventori yang masuk ke dalam batas sistem kajian LCA dimasukkan ke dalam tabel inventori dan dianalisis. Kriteria *cut-off* merupakan penetapan jumlah aliran bahan atau energi atau tingkat kepentingan lingkungan yang terkait dengan suatu unit proses maupun sistem produk yang dikeluarkan atau diabaikan dari lingkup kajian. Pada kajian LCA ini semua aliran input output yang terkait pada sistem distribusi dilakukan analisis dampak pada tahap penilaian dampak.

5. Asumsi

Dalam penelitian ini, beberapa data digunakan asumsi sebagai pendekatan dan penunjang perhitungan. Asumsi dilakukan baik dari pihak perusahaan maupun peneliti. Adapun asumsi yang digunakan, diantaranya:

- a. Emisi yang dihasilkan pada proses tertentu dihitung menggunakan pendekatan penggunaan BBM (*ownuse*) pada proses tersebut, contohnya genset.
- b. Penggunaan listrik pada proses dan alat menggunakan basis porsi/persentase setiap proses yang dihitung oleh pihak perusahaan.

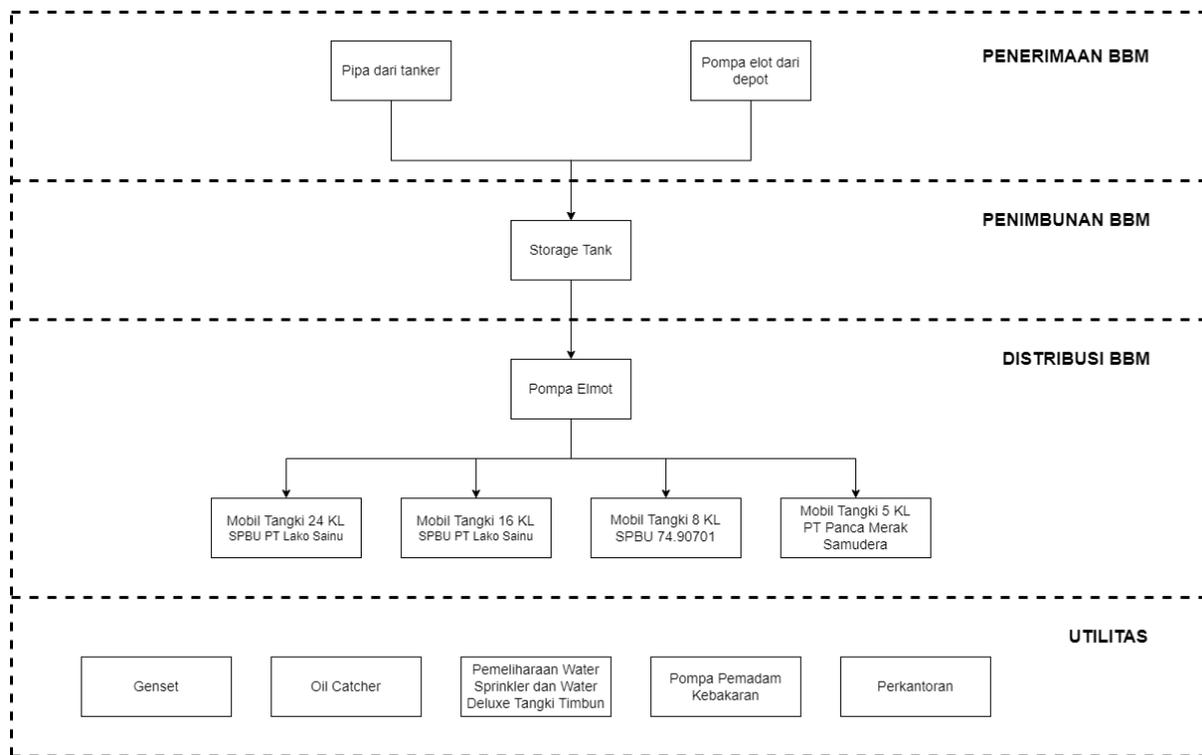
c. Data-data beban pencemar air digunakan berdasarkan *logbook* yang telah dihitung oleh pihak perusahaan.

d. Proses distribusi produk BBM ke konsumen yang menggunakan mobil tangki, dilakukan perhitungan diklasifikasikan berdasarkan kapasitas mobil tangki dengan jarak distribusi terjauh.

2.2 Analisis Inventori

Setelah tujuan dan ruang lingkup telah ditetapkan, tahapan selanjutnya adalah analisis inventori. Penelitian ini berlokasi di PT Pertamina (Persero) Fuel Terminal Parepare yang berada di Kota Parepare, Provinsi Sulawesi Selatan. Pengumpulan data inventori dapat dicapai dengan menggunakan data spesifik/primer maupun data generik/sekunder (Lasvaux et al, 2015). Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data spesifik/primer dari bulan Januari hingga Desember 2020. Data spesifik/primer adalah data yang didapatkan berdasarkan hasil pengukuran maupun kalkulasi model yang dilakukan oleh perusahaan.

Pada tahapan ini, dilakukan inventarisasi data input dan output dari seluruh proses yang termasuk dalam batas sistem. Seluruh data input dan output yang telah dikumpulkan dimasukkan ke dalam *software* Microsoft Excel. Selanjutnya, nilai data inventori tersebut diubah per unit fungsinya, yaitu 1 KL BBM dengan cara membagi masing-masing data input dan output dengan total distribusi BBM.



Gambar 2 Batas Sistem

Tabel 1 Dampak yang Dianalisis

No.	Kategori Dampak	Indikator	Metode
1.	Potensi pemanasan global	Kg CO ₂ ek	Merupakan dampak dari emisi gas rumah kaca yang dituliskan dalam jumlah dampak pemanasan global (GWP) untuk skala waktu 100 tahun (dalam satuan CO ₂ ekuivalen). Metode yang digunakan : CML IA <i>Baseline</i>
2.	Potensi penipisan ozon	Kg CFC-11 ek	Merupakan emisi gas yang menyebabkan kerusakan atau penipisan ozon stratosfer dan berpengaruh pada berkurangnya kemampuan ozon dalam mencegah cahaya ultraviolet (UV) memasuki lapisan atmosfer yang dituliskan dalam satuan <i>chlorofluorocarbon</i> -11 ekuivalen (CFC-11 ek). Metode yang digunakan : CML IA <i>Baseline</i>
3.	Potensi hujan asam	Kg SO ₂ ek	Merupakan dampak dari emisi dari gas hujan asam dan dinyatakan dalam satuan SO ₂ ekuivalen (SO ₂ ek). Metode yang digunakan : CML IA <i>Baseline</i>
4.	Potensi eutrofikasi	Kg PO ₄ ek	Merupakan dampak emisi ke air yang menyebabkan berkurangnya oksigen dinyatakan satuan phosphate ekuivalen (PO ₄ ek). Metode yang digunakan : CML IA <i>Baseline</i>

2.3 Penilaian Dampak

Menurut Acero et al (2016), metode perhitungan dampak CML IA *Baseline* adalah metode penilaian dampak yang dikembangkan oleh Institut Lingkungan Hidup di Universitas Leiden di Belanda pada tahun 2001. Metode CML-IA meliputi klasifikasi, karakterisasi, dan normalisasi (opsional). Metode ini dibagi menjadi *baseline* dan *non-baseline*, dengan *baseline* menjadi kategori dampak yang paling umum yang digunakan di LCA. Berdasarkan *Introduction to LCA with SimaPro* (2016), metode CML-IA termasuk *midpoint categories* yang merupakan kategori dampak langsung terhadap lingkungan dan kategori dampak utama di Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 1 Tahun 2021 tentang Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, yaitu potensi pemanasan global, potensi penipisan ozon, potensi hujan asam, dan potensi eutrofikasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Perhitungan penilaian dampak dilakukan dengan menggunakan metode kajian dampak CML IA *Baseline* dengan bantuan *software* Microsoft Excel. Perhitungan dampak dilakukan setelah dilakukannya inventarisasi data terhadap unit fungsi. Nilai masing-masing kategori dampak didapatkan dengan mengalikan jumlah unit fungsi setiap material *input* atau *output* dengan faktor karakterisasi seperti pada persamaan berikut (Putri, 2017).

$$\text{Indikator Dampak} = \text{Data Inventori (per unit fungsi)} \times \text{Faktor Karakterisasi}$$

Indikator Dampak = Nilai hasil karakterisasi pada setiap kategori dampak yang dikaji (GWP, ODP, AP, EP) (contoh satuan: kgCO₂ek/KL).

Data Inventori = Jumlah yang dikonsumsi (*input*) setiap proses atau jumlah keluaran (*output*) yang

didasarkan atas unit fungsi (kg/KL).

Faktor karakterisasi = Angka karakterisasi setiap material dari kategori dampak berdasarkan *database* yang digunakan.

2.4 Interpretasi

Tahapan terakhir dari LCA adalah interpretasi. Pada tahap ini dilakukan identifikasi isu penting dari setiap kategori dampak terhadap seluruh proses distribusi BBM sehingga kemudian dapat dilakukan penarikan kesimpulan yang sesuai dengan tujuan dan ruang lingkup serta memberikan rekomendasi untuk perubahan yang lebih baik pada bagian penilaian ini (Laurent et al, 2020).

3. Hasil dan Pembahasan

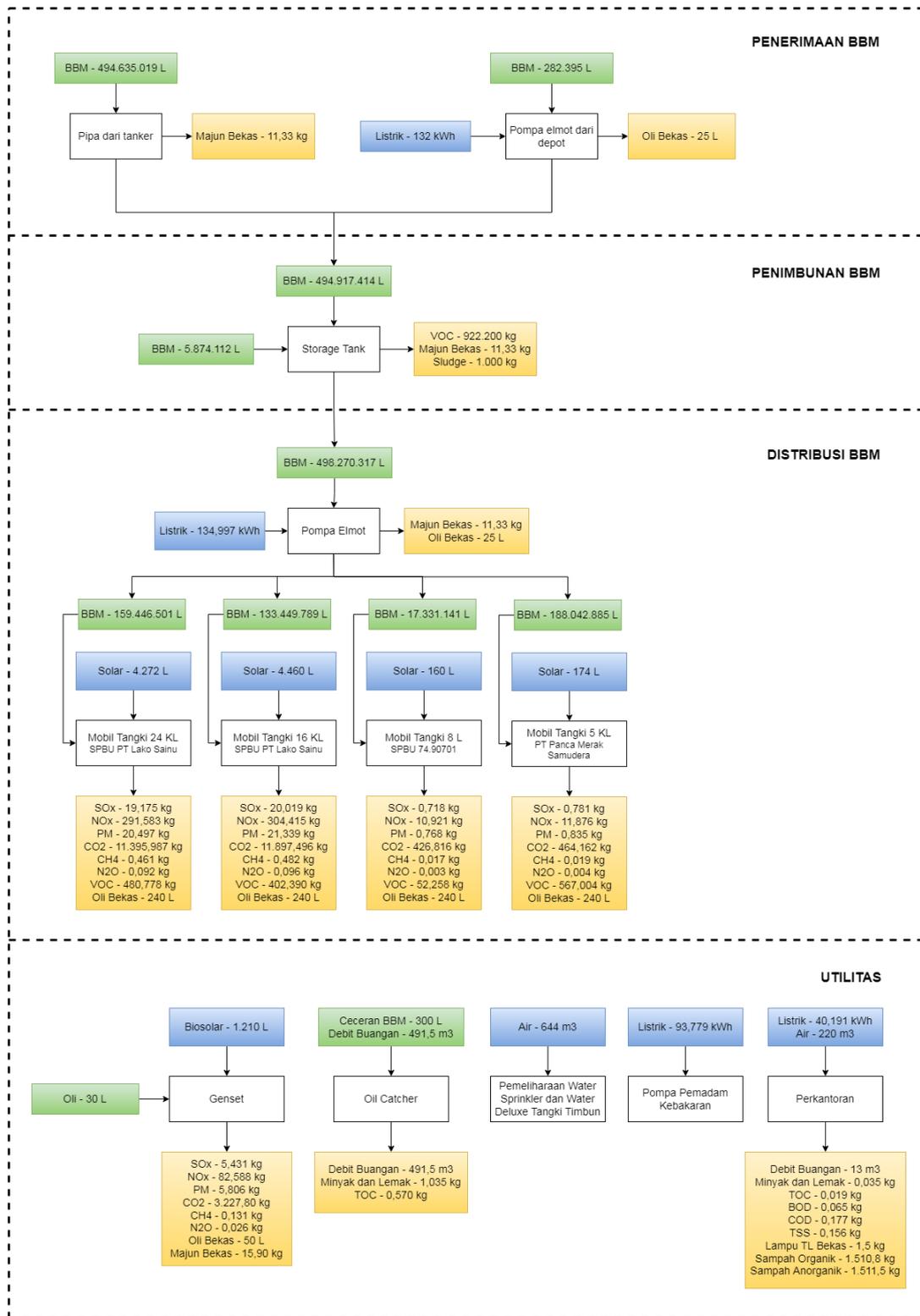
3.1. Analisis Inventori

Data inventori dikumpulkan berdasarkan data primer dari perusahaan yang berisi jumlah alat, bahan, energi, dan emisi yang digunakan dan/atau dilepaskan oleh setiap proses untuk tahun kajian yang telah ditetapkan. Analisis dilakukan terhadap inventori yang diklasifikasikan berdasarkan beberapa kategori, input meliputi bahan baku, energi dan bahan bakar, dan penggunaan air. Kemudian output berupa emisi, limbah B3, limbah non B3, limbah cair, dan produk yang dihasilkan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3.

Kolom a pada Tabel 2 merupakan seluruh input dan output yang terdapat pada proses distribusi BBM di Fuel Terminal Parepare yang akan dikaji pada penelitian ini. Setelah kolom a selesai diisi, kemudian dicari nilai pada kolom d dengan cara membagi jumlah setiap input maupun output pada kolom a dengan total BBM yang didistribusikan.

Tabel 2 Inventori Daur Hidup Proses Distribusi BBM

Input/Output	Jumlah	Satuan	Jumlah/Unit Fungsi	Satuan
a	b	c	d	e
Input				
Bahan Baku				
Bahan Bakar Minyak	500.791.526,00	liter	1,01	KL/KL
Energi Listrik				
Listrik Distribusi BBM	135.129,00	kWh	0,271	kWh/KL
Listrik Utilitas	133.969,92	kWh	0,269	kWh/KL
Bahan Bakar				
Solar Mobil Tangki	9.066	liter	0,01514	kg/KL
Biosolar Genset	1.210	liter	$2,15 \times 10^{-3}$	kg/KL
Air				
Penunjang	864	m ³	1,73	liter/KL
Bahan Pendukung				
Oli Pelumas	30	liter	$5,30 \times 10^{-5}$	kg/KL
Output				
Produk				
Bahan Bakar Minyak	498.270.317,00	liter	1,00	KL/KL
Emisi				
VOC	923.702,43	kgVOC	1,85	kgVOC/KL
SOx	5,472	kgSOx	$1,10 \times 10^{-5}$	kgSOx/KL
NOx	83,207	kgNOx	$1,67 \times 10^{-4}$	kgNOx/KL
Partikulat	5,85	kgPM	$1,17 \times 10^{-5}$	kgPM/KL
CO ₂	3.251,98	kgCO ₂	$6,53 \times 10^{-3}$	kgCO ₂ /KL
CH ₄	0,132	kgCH ₄	$2,64 \times 10^{-7}$	kgCH ₄ /KL
N ₂ O	0,026	kgN ₂ O	$5,28 \times 10^{-8}$	kgN ₂ O/KL
Limbah Cair				
Debit Limbah OC	491,50	m ³	$9,86 \times 10^{-4}$	m ³ /KL
Debit Limbah Domestik	13	m ³	$2,61 \times 10^{-5}$	m ³ /KL
Minyak dan Lemak OC	1,04	kg	$2,08 \times 10^{-6}$	kg/KL
Minyak dan Lemak Domestik	0,03	kg	$6,94 \times 10^{-8}$	kg/KL
TOC OC	0,57	kg	$1,14 \times 10^{-6}$	kg/KL
TOC Domestik	0,02	kg	$3,87 \times 10^{-8}$	kg/KL
BOD	0,07	kg	$1,30 \times 10^{-7}$	kg/KL
COD	0,18	kg	$3,55 \times 10^{-7}$	kg/KL
TSS	0,15	kg	$2,93 \times 10^{-7}$	kg/KL
Limbah B3				
Sludge	1.000	kg	$2,01 \times 10^{-3}$	kg/KL
Oli Bekas	820	kg	$1,87 \times 10^{-3}$	kg/KL
Majun Bekas	49,90	kg	$1,00 \times 10^{-4}$	kg/KL
Lampu TL Bekas	1,50	kg	$3,01 \times 10^{-6}$	kg/KL
Limbah Non B3				
Sampah Organik	1.510,80	kg	$3,03 \times 10^{-3}$	kg/KL
Sampah Anorganik	1.511,50	kg	$3,03 \times 10^{-3}$	kg/KL



Gambar 3 Diagram Alir Inventori Proses Distribusi BBM

Pada input inventori, bahan baku yang ada di Fuel Terminal Parepare hanyalah BBM dan bahan pendukung adalah oli pelumas, tidak terdapat bahan kimia atau bahan tambahan lain. Sumber energi listrik di Fuel Terminal Parepare berasal dari PLN, genset akan digunakan hanya ketika listrik dari PLN mengalami gangguan. Terkait air bersih, Fuel Terminal Parepare mendapatkan air bersih dari sumur bor.

Sedangkan bahan bakar cair adalah solar dan biosolar untuk mobil tangki dan genset.

Pada output inventori, produk yang disalurkan adalah BBM. Emisi yang dihasilkan adalah VOC yang berasal dari tangki timbun, serta partikulat, SO_x, NO_x, CO₂, CH₄, dan N₂O yang berasal dari mobil tangki. Limbah B3 yang dominan adalah sludge yang berasal dari tangki timbun, selain itu juga terdapat oli bekas,

majun bekas, dan lampu TL bekas. Fuel Terminal Parepare memiliki izin TPS Limbah B3 dan bekerjasama dengan pihak ketiga. Sementara untuk limbah non B3 organik dilakukan pengomposan dan untuk limbah non B3 anorganik bekerjasama dengan bank sampah.

Air limbah yang ada di FT Parepare berupa tumpahan minyak dan limpasan air hujan yang akan masuk ke dalam *oil catcher*. FT Parepare memiliki 2 *oil catcher*, *oil catcher* 1 mengolah air limbah dari pembuangan area tangki timbun BBM, air limpasan hujan di area tangki timbun, air limpasan hujan di area filling shed, air limpasan hujan di area filling drum dan air limpasan hujan di area rumah pompa produk. Sedangkan *oil catcher* 2 mengolah air limbah dari air limpasan hujan di area rumah pompa pemadam kebakaran, air limpasan hujan di area TPS LB3, air limpasan hujan di area genset, air limpasan hujan di area gudang material dan air limbah domestik (Perkantoran dan mushola). Cara kerja *oil catcher* adalah dengan menahan lapisan minyak yang berada di bagian atas air karena adanya perbedaan massa jenis minyak dan air. Setelah diproses di *oil catcher*, seluruhnya akan dibuang ke *outfall*/Teluk Parepare.

3.2 Penilaian Dampak

Menurut Hall & Howe (2012) terdapat enam kategori dampak lingkungan yang umum, yaitu penipisan ozon, pemanasan global, hujan asam, eutrofikasi, penggunaan lahan, dan asap kabut fotokemikal. Pada penelitian ini, pemilihan kategori dampak yang dinilai berdasarkan relevansi dengan aktivitas perusahaan dan termasuk dampak kategori utama berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 1 Tahun 2021 tentang Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, maka dampak yang akan dikaji dalam kajian LCA ini adalah potensi pemanasan global, potensi penipisan ozon, potensi hujan asam, dan potensi eutrofikasi. Berikut merupakan penilaian dampak daur hidup proses distribusi BBM di Fuel Terminal Parepare:

a. Potensi Pemanasan Global

Pada potensi pemanasan global, dapat dilihat pada Tabel 3, per KL unit fungsi BBM, dihasilkan dampak pada unit proses penerimaan sebesar $4,37 \times 10^{-4}$ kg CO₂ ek/KL, pada unit proses penimbunan $3,97 \times 10^{-3}$ kg CO₂ ek/KL, pada unit proses distribusi $3,56 \times 10^{-1}$ kg CO₂ ek/KL, dan pada unit proses utilitas sebesar $3,14 \times 10^{-1}$ kg CO₂ ek/KL. Sehingga total dampak potensi pemanasan global adalah sebesar $6,75 \times 10^{-1}$ kg CO₂ ek/KL.

b. Potensi Penipisan Ozon

Pada penipisan lapisan ozon, dapat dilihat pada Tabel 4, per KL unit fungsi BBM, dihasilkan dampak pada unit proses penerimaan sebesar $9,03 \times 10^{-12}$ kg CFC-11 ek/KL, pada unit proses penimbunan $5,76 \times 10^{-10}$ kg CFC-11 ek/KL, pada unit proses distribusi $1,97 \times 10^{-8}$ kg CFC-11 ek/KL, dan pada

unit proses utilitas sebesar $1,05 \times 10^{-8}$ kg CFC-11 ek/KL. Sehingga total dampak potensi penipisan ozon adalah sebesar $3,08 \times 10^{-8}$ kg CFC-11 ek/KL.

c. Potensi Hujan Asam

Pada potensi hujan asam, dapat dilihat pada Tabel 5, per KL unit fungsi BBM, dihasilkan dampak pada unit proses penerimaan sebesar $1,37 \times 10^{-6}$ kg SO₂ ek/KL, pada unit proses penimbunan $7,79 \times 10^{-6}$ kg SO₂ ek/KL, pada unit proses distribusi $1,55 \times 10^{-3}$ kg SO₂ ek/KL, dan pada unit proses utilitas sebesar $1,38 \times 10^{-3}$ kg SO₂ ek/KL. Sehingga total dampak potensi hujan asam adalah sebesar $2,94 \times 10^{-3}$ kg SO₂ ek/KL.

Tabel 3 Nilai Dampak Potensi Pemanasan Global

Unit Proses	Nilai Dampak (kg CO ₂ ek/KL)
Penerimaan	$4,37 \times 10^{-4}$
Penimbunan	$3,97 \times 10^{-3}$
Distribusi	$3,56 \times 10^{-1}$
Utilitas	$3,14 \times 10^{-1}$
TOTAL	$6,75 \times 10^{-1}$

Tabel 4 Nilai Dampak Potensi Penipisan Ozon

Unit Proses	Nilai Dampak (kg CFC-11 ek/KL)
Penerimaan	$9,03 \times 10^{-12}$
Penimbunan	$5,76 \times 10^{-10}$
Distribusi	$1,97 \times 10^{-8}$
Utilitas	$1,05 \times 10^{-8}$
TOTAL	$3,08 \times 10^{-8}$

Tabel 5 Nilai Dampak Potensi Hujan Asam

Unit Proses	Nilai Dampak (kg SO ₂ ek/KL)
Penerimaan	$1,37 \times 10^{-6}$
Penimbunan	$7,79 \times 10^{-6}$
Distribusi	$1,55 \times 10^{-3}$
Utilitas	$1,38 \times 10^{-3}$
TOTAL	$2,94 \times 10^{-3}$

Tabel 6 Nilai Dampak Potensi Eutrofikasi

Unit Proses	Nilai Dampak (kg PO ₄ ek/KL)
Penerimaan	$1,69 \times 10^{-6}$
Penimbunan	$1,87 \times 10^{-6}$
Distribusi	$1,71 \times 10^{-3}$
Utilitas	$1,70 \times 10^{-3}$
TOTAL	$3,41 \times 10^{-3}$

d. Potensi Eutrofikasi

Pada potensi eutrofikasi, dapat dilihat pada Tabel 6, per KL unit fungsi BBM, dihasilkan dampak pada unit proses penerimaan sebesar $1,69 \times 10^{-6}$ kg PO₄ ek/KL, pada unit proses penimbunan $1,87 \times 10^{-6}$ kg PO₄ ek/KL, pada unit proses distribusi $1,71 \times 10^{-3}$ kg PO₄ ek/KL, dan pada unit proses utilitas sebesar $1,70 \times 10^{-3}$ kg PO₄ ek/KL. Sehingga total dampak potensi eutrofikasi adalah sebesar $3,41 \times 10^{-3}$ kg PO₄ ek/KL.

3.3 Interpretasi

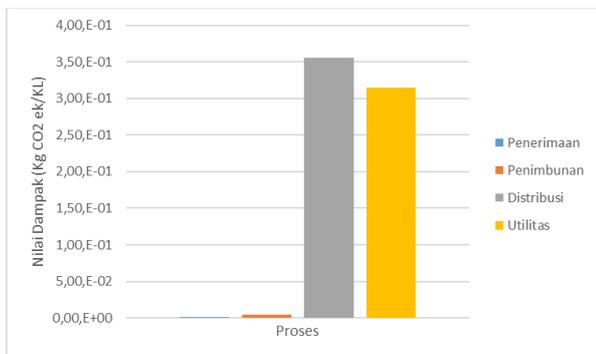
Setelah menghitung dampak untuk setiap proses, didapatkan isu penting (*hotspot*) atau sumber dampak yang paling berkontribusi terhadap kategori dampak dalam sistem produk yang dikaji sehingga dapat dibuat rekomendasi perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan. Berikut adalah interpretasi dari hasil *Life Cycle Impact Assesment (LCIA)*:

a. Potensi Pemanasan Global

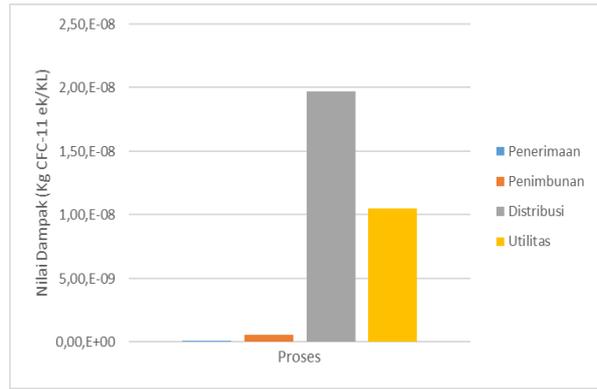
Berdasarkan Gambar 4, dapat disimpulkan bahwa yang menjadi isu penting (*hotspot*) adalah unit proses distribusi. *Hotspot* pada unit proses distribusi disebabkan oleh penggunaan energi listrik pada pompa elmot sebesar 134,997 kwh dengan nilai karakterisasi sebesar $3,01 \times 10^{-1}$ kg CO₂ ek/KL. Sumber energi listrik untuk pompa elmot berasal dari PLN. Pompa elmot digunakan untuk menyalurkan BBM dari tangki timbun ke mobil tangki.

b. Potensi Penipisan Ozon

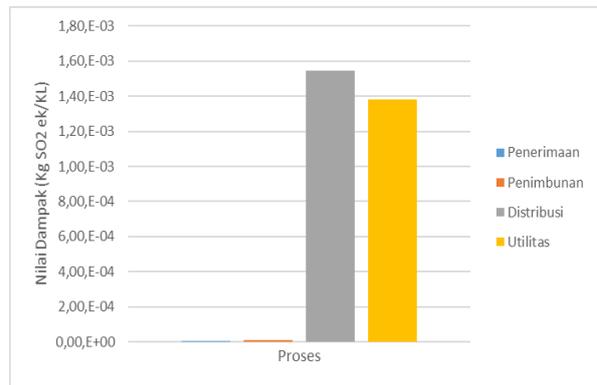
Berdasarkan Gambar 5, dapat disimpulkan bahwa yang menjadi isu penting (*hotspot*) adalah unit proses distribusi. *Hotspot* pada unit proses distribusi disebabkan oleh penggunaan energi listrik pada pompa elmot sebesar 134,997 kwh dengan nilai karakterisasi sebesar $8,78 \times 10^{-9}$ kg CFC-11 ek/KL. Sumber energi listrik untuk pompa elmot berasal dari PLN. Pompa elmot digunakan untuk menyalurkan BBM dari tangki timbun ke mobil tangki.



Gambar 4 Nilai Dampak Potensi Pemanasan Global



Gambar 5 Nilai Dampak Potensi Penipisan Ozon



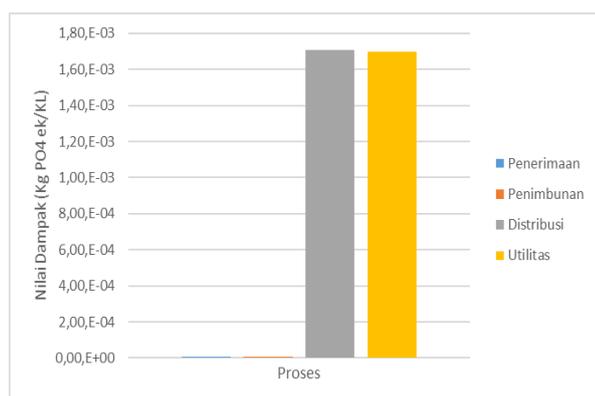
Gambar 6 Nilai Dampak Potensi Hujan Asam

c. Potensi Hujan Asam

Berdasarkan Gambar 6, dapat disimpulkan bahwa yang menjadi isu penting (*hotspot*) adalah unit proses distribusi. *Hotspot* pada unit proses distribusi disebabkan oleh penggunaan energi listrik pada pompa elmot sebesar 134,997 kwh dengan nilai karakterisasi sebesar $1,34 \times 10^{-3}$ kg SO₂ ek/KL. Sumber energi listrik untuk pompa elmot berasal dari PLN. Pompa elmot digunakan untuk menyalurkan BBM dari tangki timbun ke mobil tangki.

d. Potensi Eutrofikasi

Berdasarkan Gambar 7, dapat disimpulkan bahwa yang menjadi isu penting (*hotspot*) adalah unit proses distribusi. *Hotspot* pada unit proses distribusi disebabkan oleh penggunaan energi listrik pada pompa elmot sebesar 134,997 kwh dengan nilai karakterisasi sebesar $1,65 \times 10^{-3}$ kg PO₄ ek/KL. Sumber energi listrik untuk pompa elmot berasal dari PLN. Pompa elmot digunakan untuk menyalurkan BBM dari tangki timbun ke mobil tangki.



Gambar 7 Nilai Dampak Potensi Eutrofikasi

Berdasarkan hasil interpretasi tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa isu penting terdapat pada penggunaan listrik sehingga dapat diberikan rekomendasi yaitu dengan melakukan efisiensi penggunaan listrik atau dengan mengganti sumber energi listrik dari PLN menjadi energi terbarukan seperti menggunakan panel surya atau turbin angin.

4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk dapat mengidentifikasi unit proses dari proses distribusi BBM yang paling berkontribusi terhadap dampak lingkungan (*Hotspot*) sehingga dapat diberikan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan. Ruang lingkup dari penelitian ini adalah *gate-to-gate* dari proses penerimaan BBM hingga pendistribusian BBM. Penilaian dampak dilakukan pada 4 kategori dampak, yaitu potensi pemanasan global, potensi penipisan ozon, potensi hujan asam, dan potensi eutrofikasi.

Dari hasil interpretasi diketahui bahwa seluruh kategori dampak yang dikaji memiliki isu penting (*hotspot*) pada unit proses distribusi yang disebabkan oleh penggunaan listrik untuk pompa elmot dengan nilai karakterisasi untuk potensi pemanasan global sebesar $3,01 \times 10^{-1}$ kg CO₂ ek/KL, potensi penipisan ozon sebesar $8,79 \times 10^{-9}$ kg CFC-11 ek/KL, potensi hujan asam sebesar $1,34 \times 10^{-3}$ kg SO₂ ek/KL, potensi eutrofikasi sebesar $1,65 \times 10^{-3}$ kg PO₄ ek/KL. Rekomendasi yang dapat diberikan adalah dengan melakukan efisiensi penggunaan listrik atau dengan menggunakan sumber energi terbarukan.

DAFTAR PUSTAKA

Acero, A.P., Giroth, A., Rodríguez, C. 2016. *LCIA methods: Impact Assessment Methods in Life Cycle Assessment and Their Impact Categories*. Berlin, Germany: GreenDelta.

Akhliisa, S. B., & Bakhtiar, A. (2021). *Penentuan Jumlah Kebutuhan Mobil Tangki dalam Proses Distribusi BBM pada PT Pertamina (Persero) Integrated Terminal Semarang*. *Industrial Engineering Online Journal*, 10(3).

Astuti, A. D., 2019. *Analisis potensi dampak lingkungan dari budidaya tebu menggunakan pendekatan life cycle assessment (LCA)*. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan dan IPTEK*, 15(1), pp. 51-64.

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2021. *Outlook Energi Indonesia 2021*. Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi, Tangerang.

Finansia, C., 2021. *Life Cycle Assessment Pada Transportasi Distribusi Produk Kertas*. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 11(2), pp. 98-105.

Hall, G.M. and Howe, J., 2012. *Energy from waste and the food processing industry*. *Process Safety and Environmental Protection*, 90(3), pp.203-212.

Hendrickson, C. T., Matthews, H. S., and Matthews, D. H. 2010. *Life Cycle Assessment: Quantitative Approaches for Decisions That Matter*. USA: Resources for The Future.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2021. *Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup*.

Kholiq, I., 2015. *Analisis Pemanfaatan Sumber Daya Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substitusi BBM*. *Jurnal Iptek*, 19(2), pp. 75-91.

Lasvaux, S., Habert, G., Peuportier, B. and Chevalier, J., 2015. *Comparison of generic and product-specific Life Cycle Assessment databases: application to construction materials used in building LCA studies*. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(11), pp.1473-1490.

Laurent A, Weidema BP, Bare J, Liao X, Maia de Souza D, Pizzol M, Sala S, Schreiber H, Thonemann N, Verones F. 2020. *Methodological review and detailed guidance for the life cycle interpretation phase*. *J Ind Ecol* 24(5):986-1003.

Luthfia, A., Abfertiawan, M. S., Nuraprianisandi, S., Pranoto, K., Samban, P. R., & Elistyandari, A., 2020. *Penggunaan Life Cycle Assessment dalam Penilaian Resiko Dampak Lingkungan dan Pemilihan Alternatif Teknologi di Pertambangan Batubara Indonesia*. *Prosiding SATU BUMI*, 2(1).

Putri, H. P., 2017. *Life cycle assessment (LCA) emisi pada proses produksi bahan bakar minyak (BBM) jenis bensin dengan pendekatan metode analytical hierarchy process (AHP)*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Risdiyanta. 2015. *Mengenal Kilang Pengolahan Minyak Bumi (Refinery) di Indonesia*. *Forum Teknologi Vol.5 No.4*.

Setyono, A. E., & Kiono, B. F. T., 2021. *Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020-2050*. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 2(3), pp. 154-162.

Siregar, K., Setiawan, A. A. R., Wiloso, E. I., Miharza, T., & Sofia, I., 2020. *IDN-LCI: The conceptual framework of the Indonesian life cycle inventory database to support the life cycle assessment*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 542, No. 1, p. 012044). IOP Publishing.

SNI ISO 14040. 2016. *Penilaian Daur Hidup – Prinsip dan Kerangka Kerja*. Badan Standardisasi Nasional

SNI ISO 14044. 2017. *Penilaian Daur Hidup – Persyaratan dan Panduan*. Badan Standardisasi Nasional

Sulistiyono, S., 2015. *Kegiatan Usaha Industri Migas Hubungannya dengan Dampak dan Tanggung Jawab Kelestarian Lingkungan Hidup*. *Swara Patra*, 5(2).

U.S. Energy Information Administration, 2021. *International Energy Outlook 2021 with Projection to 2050*. www.eia.org

Vinyes, E., Asin, L., Alegre, S., Muñoz, P., Boschmonart, J. and Gasol, C.M., 2017. *Life Cycle Assessment of apple and*

- peach production, distribution and consumption in Mediterranean fruit sector. *Journal of Cleaner Production*, 149, pp.313-320.
- Wulf, C., Reuß, M., Grube, T., Zapp, P., Robinius, M., Hake, J.F. and Stolten, D., 2018. *Life Cycle Assessment of hydrogen transport and distribution options*. *Journal of cleaner production*, 199, pp.431-443.
- Yerdianti, A. and Aziz, R., 2021, November. *Environmental impact evaluation of crumb rubber industry production process by life cycle assessment (LCA) method (case study: PT FRP)*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 896, No. 1, p. 012046). IOP Publishing.
- Zain, M. S., & Wicaksono, P. A. (2019). *Desain Perbaikan Proses Distribusi dengan Prinsip Sustainable Manufacturing (Studi Kasus: CV. Mugiharjo Indonesia)*. *Industrial Engineering Online Journal*, 7(4).
- Zhang, X., Bauer, C., Mutel, C. L., & Volkart, K. (2017). *Life Cycle Assessment of Power-to-Gas: Approaches, system variations and their environmental implications*. *Applied Energy*, 190, 326-338.