

Life Cycle Assessment pada Proses Distribusi BBM di PT Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Panjang

Reza Ismail Alqindy¹, Suherman², Tri Retnaningsih Soeprbowati³, dan Yusep Sopian⁴

¹Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Sekolah Pascasarjana, Universitas Diponegoro; e-mail: alqindi10@gmail.com

²Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro; email: suherman@lecturer.undip.ac.id

³Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro; email: trsoeprbowati@live.undip.ac.id

⁴PT Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Panjang; email: yusep_s@pertamina.com

ABSTRAK

PT Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Panjang mendistribusikan BBM sebesar 2.243.016,58 kiloliter (KL) pada tahun 2022. Dari proses distribusi BBM berpotensi menimbulkan dampak lingkungan yaitu dampak pencemaran udara dimana proses distribusi BBM banyak memakai transportasi berbahan bakar fosil. Penelitian ini bertujuan menganalisis dampak lingkungan dari proses distribusi BBM PT Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Panjang menggunakan metode *life cycle assesment* (LCA) dengan ruang lingkup *gate to gate* dimulai dari proses penerimaan BBM hingga pendistribusian BBM. Metode penelitian ini mengacu pada SNI ISO 14040:2016 dan SNI ISO 14044:2017, analisis inventori, penilaian dampak, dan interpretasi. Penilaian dampak dilakukan menggunakan *software SimaPro 9.5.0* dengan metode CML IA *Baseline* dengan unit fungsi adalah 1 KL BBM. Kategori dampak yang dikaji pada penelitian ini yaitu kategori dampak utama berdasarkan 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. Dari masing – masing potensi dampak, terdapat dua isu penting (*hotspot*) yaitu dari proses distribusi dari penggunaan solar yang menghasilkan nilai karakterisasi potensi pemanasan global sebesar 6,77E+00 kg CO₂ ek/KL, potensi penipisan ozon sebesar 1,30E-07 Kg CFC-11 ek/KL, dan potensi hujan asam sebesar 1,18E-02 Kg SO₂ ek/KL. Untuk potensi eutrofikasi isu penting (*hotspot*) disebabkan oleh proses penyaluran dari penggunaan listrik dengan menghasilkan nilai dampak eutrofikasi sebesar 2,78E-03 Kg PO₄ ek/KL. Rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan adalah penggunaan transportasi ramah lingkungan dan melakukan gerakan hemat energi atau mengganti penggunaan listrik dari PLN dengan energi terbarukan seperti menggunakan panel surya.

Kata kunci: Distribusi BBM, Penilaian Daur Hidup, Analisis Inventori Penilaian Dampak, Interpretasi, Isu Penting (Hotspot)

ABSTRACT

PT Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Panjang in 2022 distributed 2,243,016.58 kiloliters (KL) of fuel products. The distribution of fuel products has the potential to have environmental impacts, particularly air pollution, as it heavily relies on fossil fuel-based transportation. The objective of this research is to analyze the environmental impact potential of PT Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Panjang's fuel product distribution process using the life cycle assessment (LCA) method. The scope of the assessment covers the entire process from the receipt of fuel products to their distribution (*gate to gate*). This research method adheres to the SNI ISO 14040:2016 and SNI ISO 14044:2017 standards, including inventory analysis, impact assessment, and interpretation. Impact assessment calculations were conducted using SimaPro 9.5.0 software with the CML IA Baseline method, and the functional unit used was 1 KL of fuel products. The selected impact categories in this study are the main impact categories based on Minister of Environment and Forestry Regulation Number 1 of 2021 concerning Company Performance Rating and Environmental Management Assessment Program, including global warming potential, ozone depletion potential, acidification potential, and eutrophication potential. From these potential impact categories, two significant issues (*hotspots*) were identified in the distribution process, the use of diesel fuel resulted in a characterization value of 6.77E+00 kg CO₂ eq/KL for global warming potential, 1.30E-07 kg CFC-11 eq/KL for ozone depletion potential, and 1.18E-02 kg SO₂ eq/KL for acidification potential. The eutrophication potential hotspot was caused by the electricity consumption in the distribution process, resulting in a eutrophication impact of 2.78E-03 kg PO₄ eq/KL. Recommendations for improvement that can be given are the use of environmentally friendly transportation and carrying out energy saving movements or replacing the use of electricity from PLN with renewable energy such as using solar panels.

Keywords: Fuel Distribution, Life Cycle Assesment, Inventory Analysis Impact Assessment, Interpretation, Important Issues (Hotspots)

Citation: Alqindy, R. I., Suherman, Soeprbowati, T. R., Sopian, Y. (2024). *Life Cycle Assesment* pada Proses Distribusi BBM di PT Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Panjang, 22(4), 904-913, doi:10.14710/jil.22.4.904-913

1. PENDAHULUAN

Energi minyak dan gas di Indonesia masih menjadi komoditas atau andalan utama dalam perekonomian Indonesia, baik sebagai penghasil devisa ataupun pemasok kebutuhan energi dalam negeri. Di Indonesia pembangunan prasarana dan industri sedang gencar-gencarnya, yang menyebabkan peningkatan konsumsi energi mencapai rata-rata 7% dalam 10 tahun belakang. Dalam proses produksi minyak dan gas, terdapat pembentukan gas tambahan yang umumnya mengalami pembakaran (*flaring*) atau pelepasan (*venting*). Hingga tahun 2050, minyak bumi masih mendominasi pasokan energi primer di Indonesia dengan cadangan terbukti minyak bumi sebesar 2,44 juta barel (Migas, 2020). Berdasarkan data dari total konsumsi energi final Indonesia pada tahun 2019 adalah 989,9 juta SBM (Setara Barel Minyak) dengan konsumsi tertinggi yaitu BBM sebesar 42% (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2021),.

Peningkatan perkembangan teknologi dalam sektor transportasi darat di Indonesia telah mengalami kemajuan yang pesat. Hal ini telah memudahkan aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan mereka. Namun, perkembangan ini juga menyebabkan dampak negatif yang perlu diperhatikan. Selain meningkatnya penjualan kendaraan bermotor, produksi emisi gas rumah kaca juga mengalami peningkatan yang signifikan. Emisi tersebut berkontribusi pada peningkatan suhu permukaan bumi yang mengakibatkan perubahan iklim global, terutama melalui mekanisme gas rumah kaca.

Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) merupakan polutan yang menjadi salah satu faktor kerusakan lingkungan karena peningkatan suhu bumi atau pemanasan global (Ismail, 2020). Apabila gas tersebut semakin meningkat di atmosfer dan berlangsung secara terus menerus, maka akan berakibat pada pemanasan bumi atau biasa disebut dengan *global warming* (Pratama, 2019). Secara global, Indonesia berada pada urutan keenam dalam menghasilkan gas emisi atau gas buang sekitar 4,47% (Aisyi, 2020). Menurut Samiaji, 2011 pemanasan global menjadi salah satu indikasi terjadinya perubahan iklim. Peningkatan suhu global disebabkan oleh berbagai aktivitas manusia, seperti industri, kendaraan bermotor, produksi energi listrik, kebakaran hutan, dan kegiatan pertambangan yang terus meningkat. Produksi energi listrik dan transportasi merupakan dua sumber utama emisi CO₂, masing-masing menyumbang sekitar 37% (dari sektor produksi listrik dan energi) dan 22% (dari sektor transportasi) dari total emisi tersebut. (Kuncoro, 2016).

PT Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Panjang merupakan perusahaan yang bergerak dalam distribusi minyak dengan kemampuan rata-rata penyaluran BBM ke konsumen sekitar 137.475 kL/bulan (Pertamina, 2021). PT Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Panjang didirikan pada tahun 1967 di atas tanah seluas 8,5 Ha dan merupakan

perusahaan milik negara BUMN. Tugas pokok perusahaan ini adalah memasarkan dan mendistribusikan BBM ke seluruh wilayah Provinsi Lampung. PT Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Panjang. Proses ini meliputi penerimaan, penimbunan, penyaluran, distribusi dan utilitas. Distribusi suatu kegiatan pemasaran yang berhubungan langsung dengan konsumen (Zain dan Wicaksono, 2019).

Proses bisnis yang ada di PT Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Panjang dimulai dari penerimaan BBM dari PT Kilang Pertamina Internasional Refinery Unit II Plaju baik melalui perpipaan maupun bridger. BBM kemudian disimpan di tangki pengumpul sebelum ditimbun di tangki timbun. Sebelum BBM ditimbun, BBM akan dilewatkan pada manifold. Manifold berfungsi untuk menghubungkan manifold kapal dengan manifold dermaga. Kemudian BBM disimpan di tangki timbun yang ada untuk selanjutnya BBM dipompa dari tangki timbun menuju filling shed lalu BBM akan di distribusikan melalui dua jenis yaitu menggunakan mobil tangki dan kapal tanker. Selain itu, juga terdapat utilitas seperti genset sebagai fasilitas penunjang apabila listrik dari PLN sedang mati dan juga pompa pemadam kebakaran sebagai fasilitas apabila terjadi keadaan darurat kebakaran.

Proses produksi dari PT Pertamina Patra Niaga IT Panjang yang utama yaitu proses pendistribusian BBM dimana proses pendistribusian ini akan menghasilkan emisi dan limbah yang berpotensi menimbulkan dampak lingkungan terhadap kualitas udara berupa potensi dampak pemanasan global, potensi dampak hujan asam. Sektor penyumbang gas rumah kaca di Indonesia antara lain industri produsen energi (43,83%), transportasi (24,64%), industri manufaktur dan konstruksi (21,46%), sektor lainnya (4,13%). Penyumbang emisi gas rumah kaca yaitu dari dari industri produsen energi (ESDM 2020). Salah satunya industri sektor migas distribusi. Industri migas distribusi yang terdapat di Indonesia yaitu PT Pertamina Patra Niaga Integrated Terminal Panjang. Menurut Sulistyono (2015), kegiatan industri migas menghasilkan dampak berupa pencemaran udara, pencemaran air, dan pencemaran tanah. Proses distribusi migas menghasilkan emisi dari proses pembakaran bahan bakar fosil (Finansia, 2021).

Proses produksi industri migas distribusi menghasilkan emisi baik secara langsung maupun tidak langsung berpotensi dalam membahayakan lingkungan sekitar. Untuk itu, dibutuhkan pengelolaan khusus dan pencegahan dalam proses produksi pada industri agar menghasilkan limbah seminimal mungkin. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah menganalisis apakah suatu proses produksi memiliki dampak-dampak tertentu bagi lingkungan sekitarnya. Metode yang digunakan dalam menilai kategori dampak pada proses produksi BBM yang tepat adalah *life cycle assessment* (LCA). Produk

yang mudah terbakar (BBM) tidak hanya dianalisis selama proses pembuatan tetapi juga sebagai bagian dari penilaian siklus hidup untuk memprioritaskan dampak lingkungan. Cara yang digunakan meliputi hal-hal yang berpengaruh terhadap lingkungan (Palupi et al,2014). Gas Rumah Kaca yang dihasilkan produk minyak bumi tidak hanya dihasilkan oleh kegiatan produksi perusahaan saja tapi juga dihasilkan oleh kegiatan rantai pasok, dimana rantai pasok mencakup proses hulu ke hilir, khususnya pengumpulan bahan baku hingga pendistribusiannya ke konsumen (Kautzar et al., 2015).

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) telah menjadikan LCA sebagai salah satu syarat dalam pemenuhan dokumen hijau Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan (Proper) berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 1 Tahun 2021 agar Indonesia memiliki database LCI yang akan dikelola oleh BPPT untuk membantu industri nasional dalam memenuhi persyaratan lingkungan. Hal ini sejalan dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), terutama untuk tujuan 7 (Memastikan akses terhadap energi yang terjangkau, dapat diandalkan, berkelanjutan, dan modern bagi semua), tujuan 12 (Memastikan pola konsumsi dan produksi yang berkelanjutan), dan tujuan 13 (mengambil aksi segera untuk memerangi perubahan iklim dan dampaknya), LCA dapat digunakan sebagai alat ukur pencapaian SDGs karena LCA mampu mengevaluasi konsumsi bahan baku dan energi, serta emisi dan limbah yang dihasilkan. LCA merupakan baseline untuk mendapatkan dokumen deklarasi produk ramah lingkungan (*Environmental Product Declaration*). Hal ini penting mengingat arah perdagangan dunia saat ini mulai mensyaratkan sertifikat produk ramah lingkungan sehingga peran LCA menjadi penting agar produk-produk lokal dapat bersaing di pasar internasional. Selain itu LCA turut berkontribusi dalam ketercapaian program prioritas nasional nasional (PN - 4), ketahanan pangan, air, energi dan lingkungan hidup untuk kemakmuran rakyat (KPPN/Bappenas, 2017).

Menurut Farahdiba *et al.*, 2022 Studi LCA dapat mengetahui besaran kerusakan yang dihasilkan dari

setiap komponen proses produksi. Terdapat penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Kholil (2022), mengenai studi LCA pada perusahaan distribusi migas, tetapi berbeda dalam hal studi khusus dan metode yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak terbesar yang dihasilkan dari proses distribusi BBM PT Pertamina Integrated Terminal Panjang dibantu dengan *software* Simapro 9.5.0, dari dampak terbesar yang dihasilkan dapat diberikan rekomendasi untuk mengurangi dampak tersebut.

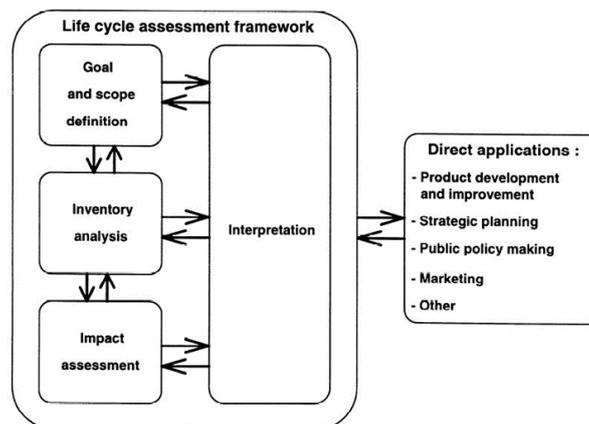
2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu LCA yang mengacu pada standar SNI ISO 14040:2016 yang berkaitan dengan penilaian daur hidup – prinsip dan kerangka dan SNI ISO 14044:2017 yang berkaitan dengan penilaian daur hidup – Persyaratan dan prinsip. Tahapan LCA ada empat yaitu tujuan dan ruang lingkup, analisis inventori, penilaian dampak dan interpretasi. Digaram langkah LCA ditunjukkan pada Gambar 1.

Metode penilaian dampak yang digunakan yaitu CML-IA *Baseline*, perhitungan dampak menggunakan *software* Simapro 9.5.0 Untuk kategori dampak yang akan di analisis yaitu dampak pemanasan global, dampak penipisan lapisan ozon, dampak hujan asam dan dampak eutrofikasi.

2.1. Tujuan dan Ruang Lingkup

Tujuan dan ruang lingkup harus ditetapkan, kemudian dilakukan inventarisasi kegiatan yang kemungkinan besar berdampak terhadap lingkungan sesuai dengan proses atau produk tertentu. Tujuan dan ruang lingkup membentuk fase yang menentukan rencana kerja untuk keseluruhan analisis siklus hidup. Penelitian ini bertujuan menganalisis dampak lingkungan yang di sebabkan oleh proses distribusi BBM. Sedangkan Ruang lingkup yang dikaji pada penelitian ini yaitu *gate to gate*, mulai dari proses penerimaan BBM hingga proses distribusi BBM dan utilitas penunjang produksi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2**



Gambar 1. Bagan Tahapn LCA (SNI ISO 14040, 2016)

2.2. Analisis Inventori

Analisis inventori merupakan suatu tahapan untuk menginventarisasi jenis dan jumlah bahan baku yang digunakan, jumlah energi yang dibutuhkan, serta emisi maupun limbah yang dihasilkan.

2.3. Penilaian Dampak

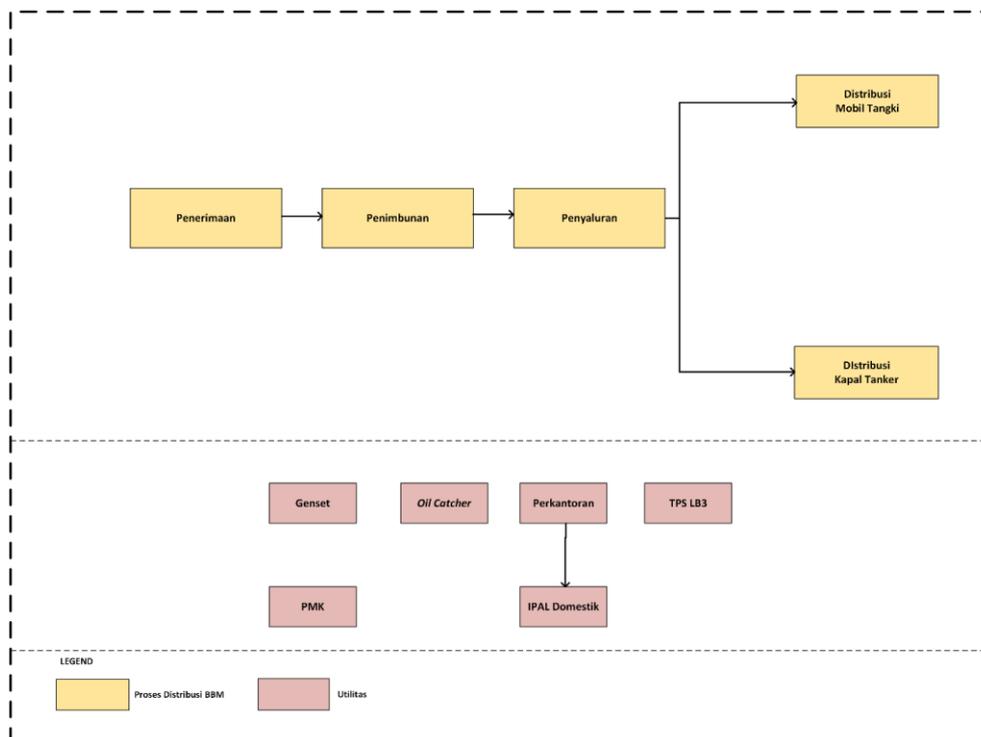
Penilaian dampak merupakan suatu langkah dalam mengevaluasi dampak lingkungan yang timbul berdasarkan hasil analisis inventori pada langkah sebelumnya. Dalam metode LCA, analisis dampak lingkungan diperlukan untuk mengukur potensi dampak lingkungan berdasarkan hasil analisis data inventori.

Perhitungan penilaian dampak dilakukan dengan menggunakan metode kajian dampak CML IA Baseline dengan bantuan software SimaPro 9.5.0. Kategori dampak yang dikaji dalam penelitian yaitu potensi pemanasan global, potensi penipisan ozon, potensi

hujan asam dan potensi eutrofikasi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1. Perhitungan dampak dilakukan setelah dilakukannya inventarisasi data terhadap unit fungsi. Menurut Putri (2017) nilai dari masing-masing kategori dampak didapatkan dengan mengalikan setiap inventori input maupun output dengan faktor karakterisasi.

2.4. Interpretasi

Tahap akhir analisis LCA yaitu memberikan alternatif untuk setiap jenis dampak lingkungan pada setiap tahap. Interpretasi dilakukan menganalisis masukan-masukan untuk melihat output atau potensi apa yang dapat menjadi penyebab dampak lingkungan yang terjadi saat ini, sehingga memerlukan kebijakan dengan pendekatan yang terpadu untuk menentukan kebijakan yang terbaik. Langkah ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis permasalahan penting (hotspot) dalam proses distribusi BBM di PT Pertamina Patra Niaga IT Panjang.



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 Baseline |
| 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 chlorofluorocarbon-11 ekuivalen (CFC-11 ek). Metode yang digunakan: CML IA Baseline |
| 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 Baseline |
| 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 Baseline |

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Inventori

Inventori dilakukan berdasarkan masukan dan keluaran bahan dalam sistem. Data masukan meliputi bahan baku/listrik, penggunaan air dan jarak transportasi. Untuk data keluaran berupa emisi, limbah cair, limbah B3, limbah non B3 dan produk yang dihasilkan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel dan Gambar 3.

Kolom a dan b pada Tabel yaitu input dan output yang berada pada proses distribusi BBM di IT Panjang yang akan dikaji. Kolom d yaitu unit fungsi untuk distribusi BBM sebesar 1 KL, sehingga untuk mendapatkan nilai pada kolom d membagi setiap nilai input dan output dengan total BBM yang didistribusikan.

Bahan baku pada proses input inventori yang ada di Integrated Terminal Panjang hanyalah bahan bakar dan bahan sekundernya berupa minyak pelumas. Energi listrik di Integrated Terminal Panjang berasal dari PLN, sumber energi listrik berasal dari genset,

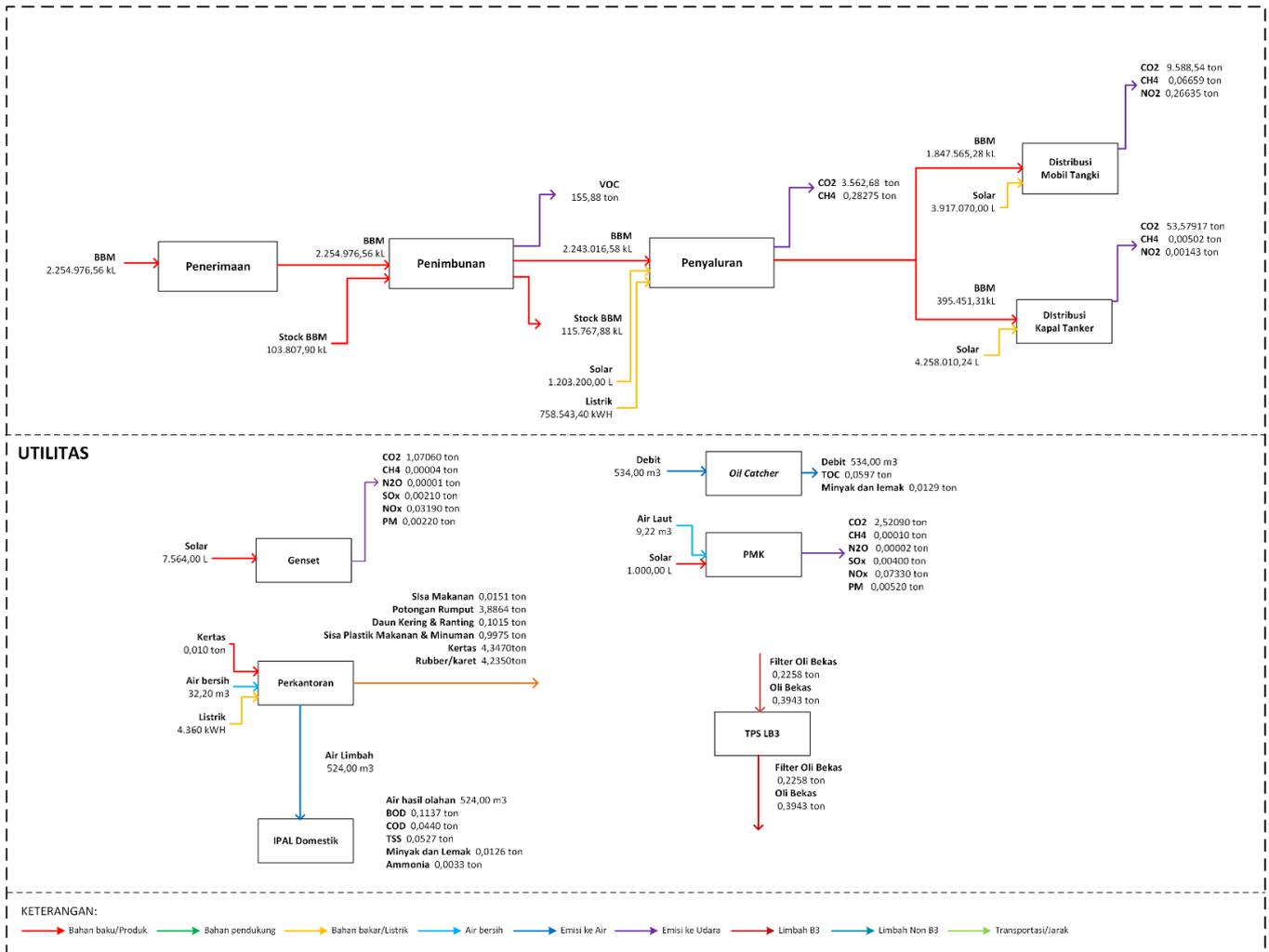
namun genset digunakan apabila pasokan listrik PLN terputus. Integrated Terminal Panjang mendapatkan air bersih dari sumur bor dan dari air laut. Bahan bakar cair yang digunakan yaitu bahan bakar solar dan biosolar untuk truk tangki dan genset.

Pada output inventori, BBM merupakan produk yang didistribusikan. Dari tangki timbun menghasilkan emisi VOC, sedangkan dari mobil tangki menghasilkan partikulat, SOx, NOx, CO₂, CH₄, PM dan N₂O. Limbah B3 yang dihasilkan limbah filter oli dan oli bekas, kedua limbah tersebut merupakan limbah dominan. Limbah Non B3 yang dihasilkan dari operasional perkantoran berupa sisa makanan, potongan rumput, daun dan dahan kering, sampah plastik, sampah kertas dan sampah karet.

Dari data input maupun output setiap proses digunakan sebagai dasar perhitungan dampak menggunakan *software* simapro 9.5.0 yang nantinya akan diketahui nilai dari masing-masing kategori dampak.

Tabel 2. Inventori Daur Hidup Proses Distribusi BBM

| Kategori | Inventory | Jumlah | Satuan | Jumlah per Unit Fungsi | Satuan per Unit Fungsi |
|----------------------------|--------------------------------|----------------|--------|------------------------|------------------------|
| | a | b | c | d | e |
| <i>Input</i> | | | | | |
| Bahan Baku Utama | BBM | 2.254.977 | kL | 1,01,E+00 | kL / kL |
| Energi Bahan Bakar/Listrik | Listrik untuk pompa penyaluran | 758.543 | kWh | 3,38,E-01 | kWh / kL |
| | Listrik Kantor | 505.696 | kWh | 2,25,E-01 | kWh / kL |
| | Solar untuk pompa penyaluran | 1.203.200 | L | 5,36,E-01 | L / kL |
| | Solar Mobil Tangki | 3.917.070 | L | 1,75,E+00 | L / kL |
| | Solar Kapal Tanker | 4.258.010 | L | 1,90,E+00 | L / kL |
| | Solar Genset | 7.564 | L | 3,37,E-03 | L / kL |
| | Solar untuk pompa PMK | 1.000 | L | 4,46,E-04 | L / kL |
| Air yang digunakan | Air Tanah | 3.837 | m3 | 1,71,E-03 | m3 / kL |
| | Air laut | 155 | m3 | 6,91,E-05 | m3 / kL |
| <i>Output</i> | | | | | |
| Produk | BBM | 2.243.017 | kL | 1,00,E+00 | kL / kL |
| Emisi ke Udara | CO2 | 5.117.459,1227 | Ton | 2,28,E+00 | Ton / kL |
| | CH4 | 375,17319 | Ton | 1,67,E-04 | Ton / kL |
| | N2O | 46,55453 | Ton | 2,08,E-05 | Ton / kL |
| | SO2 | 0,00610 | Ton | 2,72,E-09 | Ton / kL |
| | NO2 | 0,10520 | Ton | 4,69,E-08 | Ton / kL |
| | PM | 0,00740 | Ton | 3,30,E-09 | Ton / kL |
| | VOC | 155,88000 | Ton | 6,95,E-05 | Ton / kL |
| Emisi ke Air | Debit Oil Catcher | 534,00000 | m3 | 2,38,E-04 | m3 / kL |
| | Air Limbah dari kantor | 524,00000 | m3 | 2,34,E-04 | m3 / kL |
| | TOC | 0,05967 | Ton | 2,66,E-08 | Ton / kL |
| | COD | 0,11371 | Ton | 5,07,E-08 | Ton / kL |
| | Minyak dan Lemak | 0,01258 | Ton | 5,61,E-09 | Ton / kL |
| | BOD | 0,04402 | Ton | 1,96,E-08 | Ton / kL |
| | TSS | 0,05266 | Ton | 2,35,E-08 | Ton / kL |
| | Amonia Total | 0,00331 | Ton | 1,47,E-09 | Ton / kL |
| Limbah B3 | Filter Oil Bekas | 0,22575 | Ton | 1,01,E-07 | Ton / kL |
| | Oli Bekas | 0,39 | Ton | 1,76,E-07 | Ton / kL |
| Limbah Non B3 | Sisa Makanan | 0,0151 | Ton | 6,71,E-09 | Ton / kL |
| | Potongan Rumput | 3,8864 | Ton | 1,73,E-06 | Ton / kL |
| | Daun Kering & Ranting | 0,1015 | Ton | 4,53,E-08 | Ton / kL |
| | Sisa Plastik Makanan & Minuman | 0,9975 | Ton | 4,45,E-07 | Ton / kL |
| | Kertas | 4,3470 | Ton | 1,94,E-06 | Ton / kL |
| | Rubber/karet | 4,2350 | Ton | 1,89,E-06 | Ton / kL |



Gambar 3. Diagram Alir Inventori Proses Distribusi BBM

Tabel 3. Nilai Dampak

| Unit Proses | Potensi Pemanasan Global (kg CO ₂ ek/KL) | Potensi Penipisan Ozon (Kg CFC-11 ek/KL) | Potensi Hujan Asam (Kg SO ₂ ek/KL) | Potensi Eutrofikasi (Kg PO ₄ ek/KL) |
|------------------------------|--|---|--|---|
| Penerimaan | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Penimbunan | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Penyaluran | 2,38E+00 | 2,08E-08 | 3,56E-03 | 2,78E-03 |
| Distribusi | 6,77E+00 | 1,30E-07 | 1,18E-02 | 1,69E-03 |
| Utilitas | | | | |
| Genset | 2,74E-03 | 1,20E-10 | 1,92E-05 | 3,38E-06 |
| PMK | 1,43E-03 | 1,59E-11 | 1,99E-05 | 4,45E-06 |
| Kantor | 2,83E-01 | 1,12E-09 | 1,21E-03 | 1,69E-03 |
| IPAL Domestik | 0 | 0 | 0,00E+00 | 1,63E-06 |
| Oil Catcher | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pengolahan LB3 | 5,05E-04 | 3,92E-13 | 4,91E-08 | 1,63E-07 |
| Pengolahan LNB3 | 9,03E-03 | 6,48E-12 | 1,17E-06 | 7,88E-06 |
| Total Dampak Utilitas | 2,97E-01 | 1,26E-09 | 1,25E-03 | 1,71E-03 |
| Total Dampak | 9,44E+00 | 1,52E-07 | 1,66E-02 | 6,17E-03 |

3.2. Penilaian Dampak

Analisis dampak pada penelitian ini menggunakan metode CML IA *Baseline*. Dampak yang diteliti LCA ini adalah potensi pemanasan global, potensi hujan asam, dan potensi eutrofikasi sesuai dengan dampak utama berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 1 Tahun 2021 tentang Program Penilaian Peringkat Kinerja perusahaan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Berikut penilaian

dampak daur hidup proses distribusi BBM di Integrated Terminal Panjang:

a. Potensi Pemanasan Global

Pada Tabel menunjukkan nilai potensi pemanasan global, per KL unit fungsi BBM, pada unit proses penerimaan menghasilkan dampak sebesar 0 kg CO₂ ek/KL, pada unit proses penimbunan 0 kg CO₂ ek/KL, pada unit penyaluran 2,38E+00 kg CO₂ ek/KL, pada unit proses distribusi 6,77E+00 kg CO₂ ek/KL, dan unit proses utilitas sebesar 2,97E-

01 kg CO₂ ek/KL. Maka total dampak potensi pemanasan global adalah sebesar 9,44E+00 kg CO₂ ek/KL.

b. Potensi Penipisan Ozon

Pada Tabel menunjukkan nilai potensi penipisan ozon, per KL unit fungsi BBM, dihasilkan dampak pada unit proses penerimaan sebesar 0 Kg CFC-11 ek/KL, unit proses penimbunan 0 Kg CFC-11 ek/KL unit proses penyaluran 2,08E-08 Kg CFC-11 ek/KL, pada unit proses distribusi 1,30E-07 Kg CFC-11 ek/KL, dan pada unit proses utilitas sebesar 1,26E-09 Kg CFC-11 ek/KL. Dengan demikian total dampak potensi penipisan ozon adalah sebesar 1,52E-07 Kg CFC-11 ek/KL.

c. Potensi Hujan Asam

Pada Tabel menunjukkan nilai potensi hujan asam, per KL unit fungsi BBM, dihasilkan dampak pada unit proses penerimaan sebesar 0 Kg SO₂ ek/KL, unit proses penimbunan 0 Kg SO₂ ek/KL, unit proses penyaluran 3,56E-03 Kg SO₂ ek/KL, unit proses distribusi 1,18E-02 Kg SO₂ ek/KL, dan pada unit proses utilitas sebesar 1,25E-03 Kg SO₂ ek/KL. Dengan demikian total dampak potensi hujan asam sebesar 1,66E-02 Kg SO₂ ek/KL.

d. Potensi Eutrofikasi

Mengenai potensi Eutrofikasi. dapat dilihat pada Tabel, per KL unit fungsi BBM, dihasilkan dampak pada unit proses penerimaan sebesar 0 Kg PO₄ ek/KL, pada unit proses penimbunan 0 Kg PO₄ ek/KL, pada unit penyaluran 2,78E-03 Kg PO₄ ek/KL, pada unit proses distribusi 1,69E-03 Kg PO₄ ek/KL, dan pada unit proses utilitas sebesar 1,71E-03 Kg PO₄ ek/KL. Dengan demikian total dampak

potensi pemanasan global sebesar 6,17E-03 Kg PO₄ ek/KL

3.3. Interpretasi

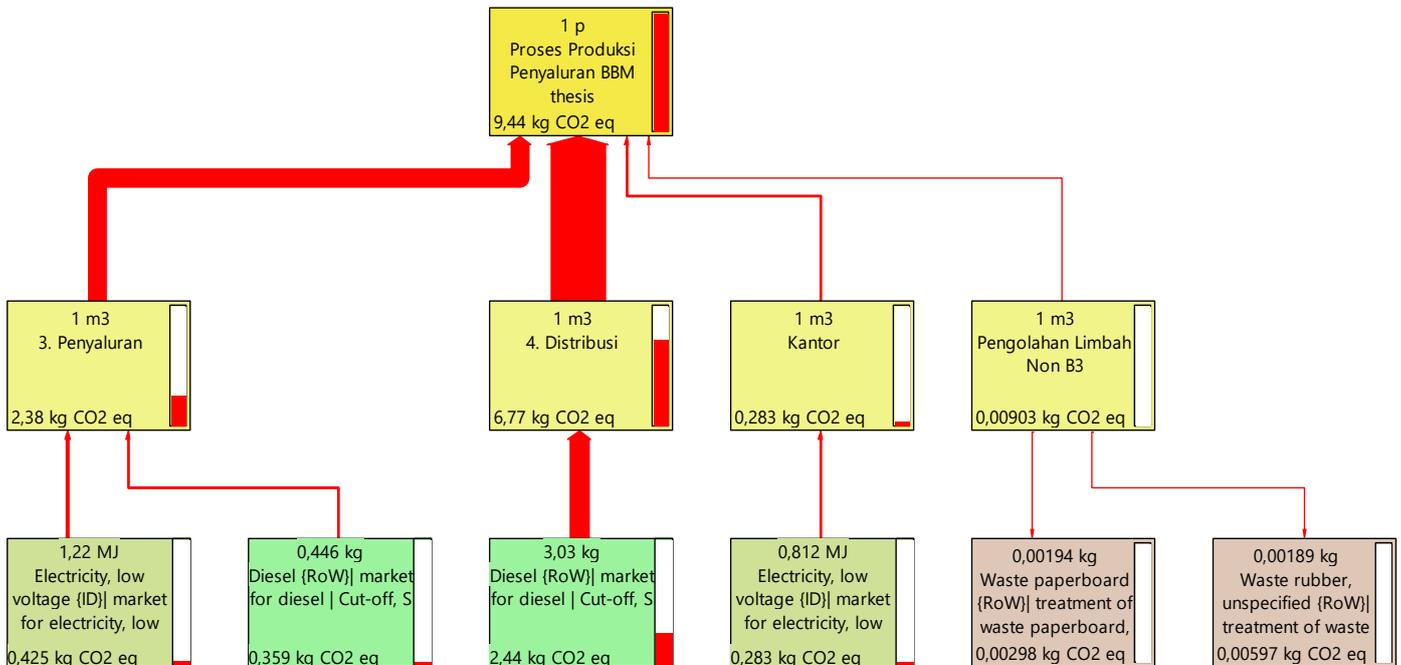
Interpretasi adalah langkah terakhir dalam melakukan studi LCA. Setelah menghitung potensi dari setiap proses, didapatkan isu penting (*hotspot*) yang berkontribusi lebih terhadap jenis dampak dalam sistem. Dari isu penting dari setiap dampak dapat diberikan rekomendasi perbaikan untuk meminimalkan dampak ke lingkungan. Berikut merupakan hasil interpretasi:

a. Potensi Pemanasan Global

Pada

Gambar 4, disimpulkan isu penting (*hotspot*) untuk potensi dampak pemanasan global yaitu pada unit proses distribusi disebabkan oleh penggunaan solar sebesar 6.801.666,76 kg dengan nilai karakteristik dampak potensi pemanasan global sebesar 6,77E+00 kg CO₂ ek/KL. Bahan bakar transportasi distribusi BBM baik mobil tangki maupun kapal tanker menggunakan bahan bakar solar, penggunaan solar secara signifikan berkontribusi pada dampak lingkungan karena melibatkan pembakaran bahan bakar solar dalam prosesnya.

Penggunaan bahan bakar solar di gunakan untuk operasinal pendistribusian ke konsumen. Penggunaan solar sendiri menimbulkan dampak pemanasan global dikarenakan pembakaran bahan bakar yang menghasilkan gas CO₂ yang merupakan salah satu komponen gas rumah kaca yang efeknya dapat menyebabkan pemanasan global (Sulistiyono, 2012).



Gambar 4. Network Proses Distribusi BBM untuk Potensi dampak Pemanasan Global

b. Potensi Penipisan Ozon

Pada Gambar 5, disimpulkan isu penting (*hotspot*) untuk potensi dampak penipisan ozon yaitu pada unit proses distribusi disebabkan oleh penggunaan solar sebesar 6.801.666,76 kg dengan nilai karakterisasi dampak potensi penipisan ozon sebesar $1,30E-07$ Kg CFC-11 ek/KL. Bahan bakar transportasi distribusi BBM baik mobil tangki maupun kapal tanker menggunakan bahan bakar solar, penggunaan solar secara signifikan berkontribusi pada dampak lingkungan karena melibatkan pembakaran bahan bakar solar dalam prosesnya.

Penggunaan solar juga berdampak pada penipisan ozon, asap asap dari proses pembakaran BBM akan naik keatas hingga kemudian menyebabkan memanasnya suhu bumi yang kelamaan akan menyebabkan penipisan lapisan ozon (Panggabean dan Hasaririn, 2020). Kadar ozon tinggi di udara disebabkan oleh tingginya konsentrasi CO, VOC, dan NO_x yang disebabkan dari pelepasan gas buang kendaraan bermotor (Lazuardi, 2003).

c. Potensi Hujan Asam

Pada Gambar 6, disimpulkan isu penting (*hotspot*) untuk potensi Hujan Asam yaitu pada unit proses distribusi disebabkan oleh

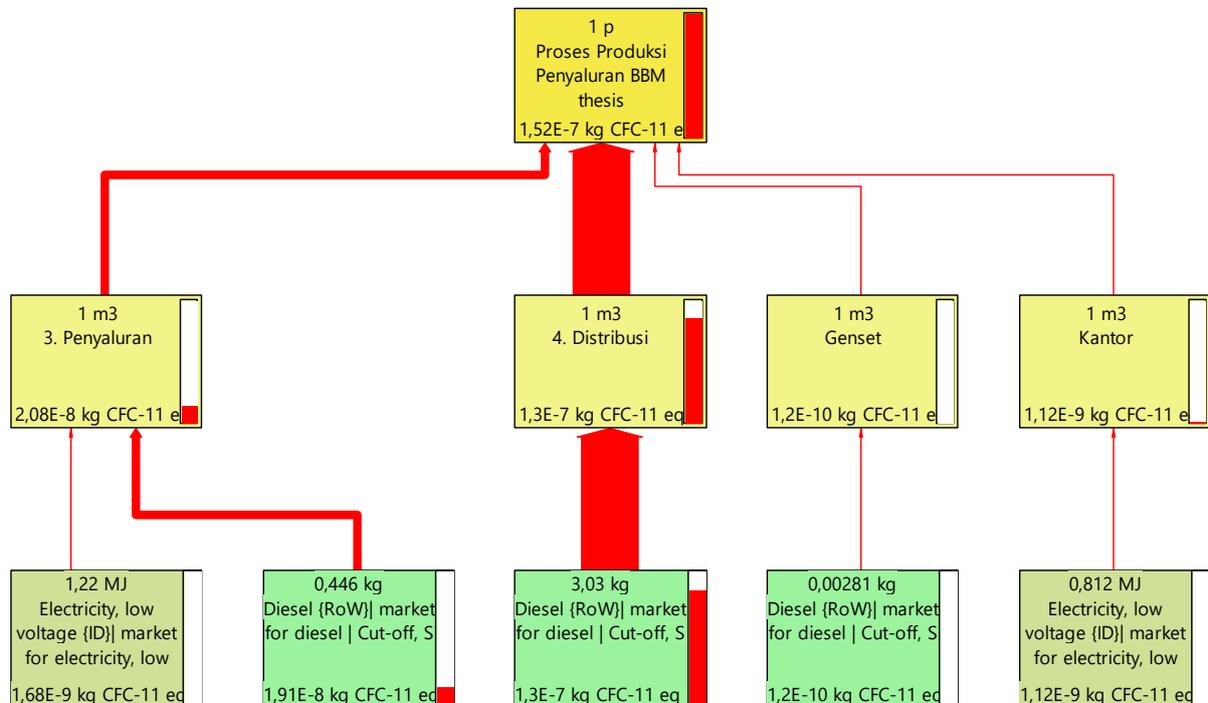
penggunaan solar sebesar 6.801.666,76 kg dengan nilai karakterisasi dampak potensi penipisan ozon sebesar $1,18E-02$ Kg SO₂ ek/KL. Bahan bakar transportasi distribusi BBM baik mobil tangki maupun kapal tanker menggunakan bahan bakar solar, penggunaan solar secara signifikan berkontribusi pada dampak lingkungan karena melibatkan pembakaran bahan bakar solar dalam prosesnya.

Salah satu emisi yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar solar yaitu gas methane, gas methane sendiri yaitu emisi yang dapat berdampak pada penipisan ozon (Futari, 2023).

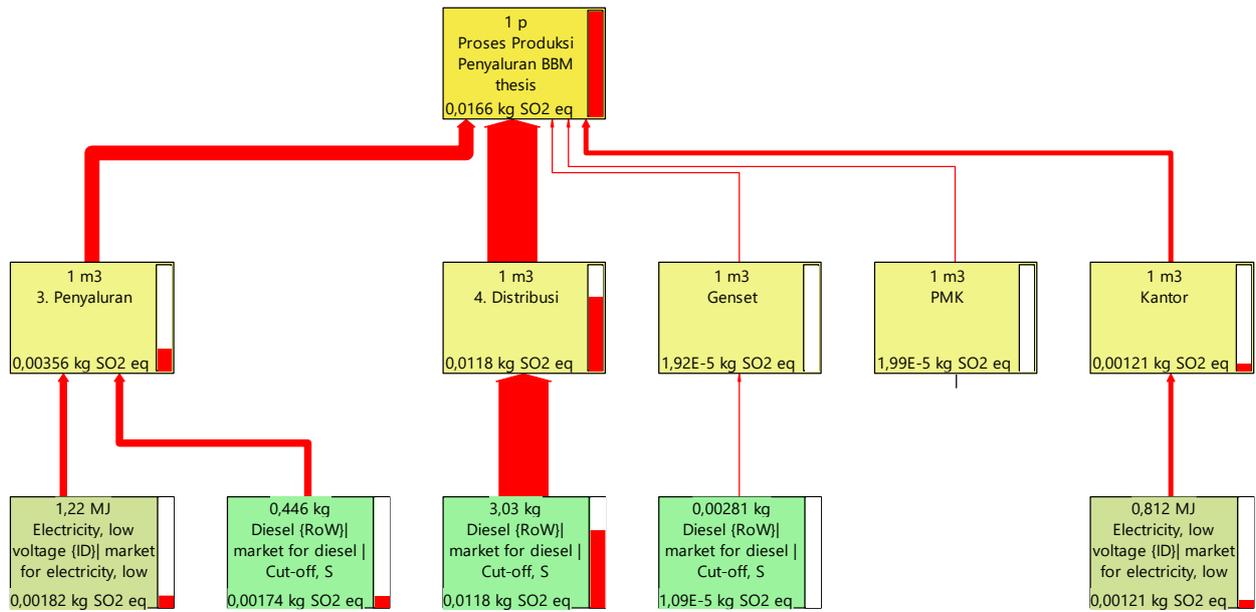
d. Potensi Eutrofikasi

Pada

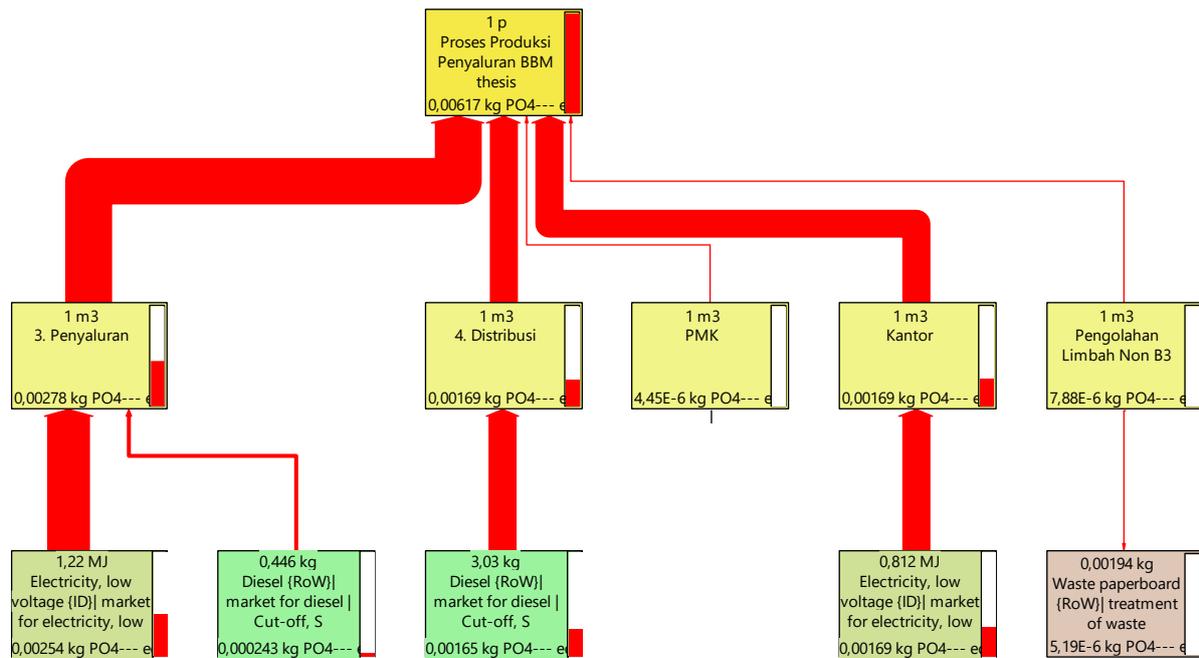
Gambar 7, disimpulkan isu penting (*hotspot*) untuk potensi dampak penipisan ozon yaitu pada unit proses penyaluran disebabkan oleh penggunaan enegi listri sebesar 758.543,40 kWh dengan nilai karakterisasi dampak potensi Eutrofikasi sebesar $2,78E-03$ Kg PO₄ ek/KL. Pompa penyaluran menggunakan listrik berasal dari PLN, pompa sendiri memiliki fungsi untuk menyalurkan BBM dari tangki timbun ke mobil tangki. Sumber polutan penyebab eutrofikasi pada industri migas yaitu NO_x. Sumber polutan NO_x berasal dari penggunaan listrik dan pemakaian BBM (Athirafitri, 2021).



Gambar 5. Network Proses Distribusi BBM untuk Potensi dampak Penipisan Ozon



Gambar 6. Network Proses Distribusi BBM untuk Potensi dampak Hujan Asam



Gambar 7. Network Proses Distribusi BBM untuk Potensi dampak Eutrofikasi

Berdasarkan hasil interpretasi tersebut, dapat disimpulkan terdapat dua isu penting yaitu penggunaan bahan bakar solar untuk proses distribusi, penggunaan solar secara signifikan berkontribusi pada dampak lingkungan karena melibatkan pembakaran bahan bakar solar dalam prosesnya. Isu penting yang ke dua yaitu penggunaan listrik pompa pada proses penyaluran BBM dari tangki timbun ke mobil tangki. Sehingga dari ke dua isu penting tersebut dapat diberikan rekomendasi perbaikan yaitu penggunaan transportasi ramah lingkungan dengan menggunakan transportasi listrik, dengan transportasi listrik dapat mengurangi emisi

dari penggunaan bahan bakar yang berlebihan sehingga intensitas CO₂ berkurang (Parinduru *et al*, 2018). Rekomendasi program lainnya yaitu melakukan gerakan hemat energi atau dapat mengganti sumber listrik dari PLN dengan energi terbarukan seperti menggunakan panel surya. Penggunaan energi terbarukan ini akan mengurangi pemakaian penggunaan bahan bakar fosil, penggunaan bahan bakar fosil sendiri mengakibatkan permasalahan lingkungan dengan tingginya emisi gas CO₂ yang dihasilkan (Reza, 2023). Emisi CO₂ sendiri memiliki dampak langsung terhadap kualitas udara (Sasana *et al*, 2019).

4. KESIMPULAN

Dari hasil analisis LCA dengan ruang lingkup gate to gate dimulai dari proses penerimaan hingga proses distribusi dapat diidentifikasi isu-isu penting (*hotspot*) untuk setiap potensi dampak. Terdapat dua isu penting (*hotspot*), yaitu proses distribusi dengan penggunaan minyak solar yang menimbulkan nilai karakterisasi potensi pemanasan global sebesar $6,77E+00$ kg CO₂ ek/KL, potensi penipisan ozon sebesar $1,30E-07$ Kg CFC-11 ek/KL, dan potensi hujan asam sebesar $1,18E-02$ Kg SO₂ ek/KL. Untuk potensi eutrofikasi isu penting (*hotspot*) disebabkan oleh proses penyaluran dari penggunaan listrik dengan menghasilkan nilai dampak eutrofikasi sebesar $2,78E-03$ Kg PO₄ ek/KL. Rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan adalah penggunaan transportasi ramah lingkungan dengan menggunakan transportasi listrik dan melakukan gerakan hemat energi dan dapat mengganti sumber listrik dari PLN dengan energi terbarukan seperti menggunakan panel surya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyi, D. (2020). *Identifikasi Pengaruh Emisi Gas Buang Rumah Tangga Dan Volume Kendaraan Terhadap Kualitas Udara Identification Effect Of Household Gas Emissions And Vehicle Volume On Air Quality In The Environment*. September, 131-136.
- Athirafitri, N., Indrasti, N. S., & Ismayana, A. (2021). Analisis dampak pengolahan hasil perikanan menggunakan metode life cycle assessment (LCA): Studi Literatur. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 31(3), 274-282.
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). (2021). *Outlook Energi Indonesia 2021 Perspektif Teknologi Energi Indonesia: Tenaga Surya untuk Penyediaan Energi Charging Station*. In Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE) Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- ESDM, (2020). *Inventarisasi Emisi GRK Bidang Energi*. Jakarta : Pusat Data dan Teknologi Informasi ESDM.
- Farahdiba, A. U., Ali, M., & Mistari, R. K. (2022). *Analisis Life Cycle Assessment (Lca) Proses Pertambangan Perusahaan Semen*. *EnviroUS*, 2(2), 120-124.
- Finansia, C. (2021). *Life Cycle Assessment pada Transportasi Distribusi Produk Kertas*. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 11(2), 98-105.
- Futari, M. Y. R. (2023). *Kajian Dampak Proses Pengolahan Minyak Bumi Di PT. X Terhadap Lingkungan Dengan Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (LCA)*. *Prosiding ESEC*, 4(1), 41-47.
- Ismail, A. (2020). *Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (Grk) Dalam Kegiatan Belajar Di Rumah Secara On-Line: Analisis Jejak Karbon (Carbon Footprint Analysis)*. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 6(2), 195-203.
<https://doi.org/10.20527/Jukung.V6i2.9262>
- Kautzar, G. Z., Sumantri, Y., & Yuniarti, R. (2015). *Analisis Dampak Lingkungan pada Aktivitas Supply Chain Produk Kulit Menggunakan Metode LCA dan ANP*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 3(1), 132403.
- Kementerian PPN/Bappenas 2017. *Ringkasan Metadata Indikator Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (TPB) / Sustainable Development Goals (SDGs) Indonesia*. Jakarta.
- 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.
- KUNCORO, M. T. (2016). *Analisis Tingkat Efisiensi Relatif Unit Produksi Rolling Mills dengan Pendekatan Data Envelopment Analysis (DEA) (Studi Kasus di PT Jakarta Cakratunggal Steel Mills)*. UPN Veteran Yogyakarta.
- Lazuardi. (2003). *Penipisan Lapisan Ozon dan Penanggulangannya*. *Jurnal Pendidikan Science*. 27(3) : 100-107.
- Migas, S. (2020). *Annual Report: Towards 1 Million BOPD & 12 BSCFD in 2030*. SKK Migas.
- Palupi, A. H., Tama, I. P., & Sari, R. A. (2014). *Evaluasi Dampak Lingkungan Produk Kertas dengan Menggunakan Life Cycle Assessment (LCA) dan Analytic Network Process (ANP) (Studi Kasus: PT X Probolinggo)*. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, 2(5), 131609.
- Panggabean, D., & Hasairin, A. (2020). *Mengenal Lichens Sebagai Bioindikator Pencemaran Udara (KIM 1 Mabur, Taman Beringin dan T-Garden)*.
- Parinduri, L., Yusmartato, Y., & Parinduri, T. (2018). *Kontribusi Konversi Mobil Konvensional Ke Mobil Listrik Dalam Penanggulangan Pemanasan Global*. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 3(2), 116-120.
- Pertamina (2021). *Dokumen PROPER Pertamina Integrated Terminal Panjang*.
- Pratama, R. (2019). *Efek rumah kaca terhadap bumi*. *Buletin Utama Teknik*, 14(2), 120-126.
- 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)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Reza, M. D. (2023). *Penggunaan Energi Matahari Sebagai Bahan Bakar Terbarukan Guna Menaggulangi Kelangkaan Bahan Bakar Fosil Bensin*. *Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, 2(4), 1015-1018.
- Samiaji, T. 2012. *Karakterisasi gas N2O (Nitrogen Oksida) di atmosfer Indonesia*. *Jurnal Lapan*, 13: 147-154.
- Sasana, Hadi, Kusuma, Panji, dan Setyaningsih, Y. 2019. *The Impact Of CO2 Gas Emissions On Government Expenditure Of Health Sector In Indonesia*. In *E3S Web of Confrences*. Vol, 125, p.04004. EDP Sciences.
- Sulistiyono, S. (2012). *Pemanasan global (Global Warming) dan hubungannya dengan penggunaan bahan bakar fosil*. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 2(2).
- Sulistiyono, S. (2015). *Kegiatan Usaha Industri Migas Hubungannya dengan Dampak dan Tanggung Jawab Kelestarian Lingkungan Hidup*. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 5(2).
- Zain, M. S., & Wicaksono, P. A. (2019). *Desain Perbaikan Proses Distribusi dengan Prinsip Sustainable Manufacturing (Studi Kasus: CV Mugiharjo Indonesia)*. *Industrial Engineering Online Jurnal*, 7(4).