

Kajian Dampak Proses Produksi BBM Di PT X Terhadap Lingkungan Dengan Menggunakan Metode *Life Cycle Assessment* (LCA)

Fajar Hidayat

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Email Korespondensi (Penulis): 20034010089@student.upnjatim.ac.id

Kata Kunci:

Life Cycle Assessment, SimaPro 9.1, BBM, CML, Global Warming Potential, Ozon Depletion Potential, Acidification Potential

ABSTRAK

Industri BBM termasuk salah satu industri dengan penyumbang emisi terbesar di Indonesia. Emisi yang dihasilkan berupa emisi gas rumah kaca CO₂, CH₄, N₂O dan gas pencemar udara SO_x, NO_x, PM. Sehingga diperlukan kajian *Life Cycle Assessment* untuk menganalisis atau mengidentifikasi dampak lingkungan total dari proses pengolahan disebuah industri. Pada penelitian kali ini menggunakan aplikasi yang digunakan merupakan Simapro 9.1. Dari hasil running yang telah dilakukan didapatkan hasil nilai dampak lingkungan pada PT X per 1 kL produk BBM yaitu Global Warming Potential (downstream) sebesar 4.70E+02 kgCO₂eq, Ozone Depletion Potential sebesar 2.44E-05 kg CFC-11 eq. Acidification Potential sebesar 8.66E+00 kg SO₂ eq/kl, Eutrophication Potential 7.02E+00 kg PO₄3-eq/kl, Photochemical oxidant formation potential 1.76E-01 Kg C₂H₄ eq/kl, Abiotic Depletion Non Fossil 3.49E-03 kg Sb eq/kl, Abiotic depletion (fossil fuel) sebesar 1.26E+04 MJ/kl, human toxicity sebesar 8.86E+02 kg 1,4-DB eq/kl. Berdasarkan hasil yang didapatkan hotspot dampak GWP adalah pada unit proses market for electricity, direkomendasikan program untuk mengurangi penggunaan genset beralih ke sumber energi terbarukan solar cell untuk memproduksi listrik yang dikonsumsi oleh unit. Hotspot dampak water use adalah pada unit process genset direkomendasikan untuk mengolah air buangan perkantoran dan mengganti bahan bakar transportasi bbm menjadi bahan bakar ramah lingkungan seperti Solar B30.

Keyword:

Life Cycle Assessment, SimaPro 9.1, BBM, CML, Global Warming Potential, Ozon Depletion Potential, Acidification Potential

ABSTRACT

The fuel industry is one of the industries with the largest emissions contributors in Indonesia. The resulting emissions are greenhouse gas emissions CO₂, CH₄, N₂O and air pollutant gases SO_x, NO_x, PM. So a Life Cycle Assessment study is needed to analyze or identify the total environmental impact of processing processes in an industry. In this research, the application used was Simapro 9.1. From the results of the running that has been carried out, the environmental impact value for PT Acidification Potential is 8.66E+00 kg SO₂ eq/kl, Eutrophication Potential 7.02E+00 kg PO₄3-eq/kl, Photochemical oxidant formation potential 1.76E-01 Kg C₂H₄ eq/kl, Abiotic Depletion Non-Fossils 3.49E-03 kg Sb eq/kl, Abiotic depletion (fossil fuel) of 1.26E+04 MJ/kl, human toxicity of 8.86E+02 kg 1.4-DB eq/kl. Based on the results obtained by the GWP impact hotspot on the market for electricity process unit, a program is recommended to reduce the use of generators by switching to renewable energy sources, solar cells to produce electricity consumed by the unit. The hotspot for the impact of water use is the process generator unit which is recommended for processing office waste water and changing fuel transportation fuel to environmentally friendly fuel such as Diesel B30.

1. PENDAHULUAN

Salah satu permasalahan yang cukup besar pada zaman sekarang adalah pemanasan global yang disebabkan oleh pencemaran udara. Ciri-ciri pemanasan global yaitu meningkatnya suhu permukaan bumi mencapai $0.74 \pm ^\circ\text{C}$ (Utina, 2009). Ciri-ciri pencemaran udara adalah dengan terjadinya penurunan kualitas udara yang dapat membahayakan dan mengganggu kesehatan manusia (Sandra, 2013). Gas rumah kaca (GRK) adalah sejumlah gas yang menimbulkan efek rumah kaca yang terdapat di atmosfer

bumi. Gas rumah kaca ini berfungsi seperti kaca yang meneruskan cahaya matahari tetapi menangkap energi panas dari dalamnya. Menurut Konvensi PBB mengenai Perubahan Iklim (*United Nations Framework Convention on Climate Change-UNFCCC*), ada 6 jenis gas yang digolongkan sebagai GRK, yaitu: CO₂ (karbon dioksida), CH₄ (metana), N₂O (dinitrogen oksida), HFC (hidro fluoro karbon), PFC (per fluoro karbon), dan SF₆ (sulfur heksa florida) (Samiaji, 2009).

Gas tersebut sebagian besar berasal dari aktivitas manusia yang berasal dari transportasi, industri, dan pembuangan

sampah (Ratnani, 2008). Dari aktivitas manusia tersebut transportasi yang menggunakan bahan bakar fosil yakni minyak bumi menjadi penyumbang terbesar emisi udara sebesar 88% (ICCSR, 2010). Angka prosentase tersebut diperkirakan akan terus meningkat tiap tahunnya, hal itu dikarenakan jumlah kendaraan bahan bakar minyak yang semakin meningkat tiap tahunnya. Peningkatan konsumsi bahan bakar bensin ini akan berdampak pula pada gas rumah kaca. Hal ini disebabkan karena gas CO₂ dan gas CH₄ yang dihasilkan dari proses pembakaran menjadi faktor utama terhadap total gas rumah kaca.

Dalam mempertimbangkan produk bahan bakar minyak yang merupakan penyumbang terbesar gas rumah kaca, perlu dilakukan suatu kajian yang berfungsi untuk mengetahui hal yang terdapat pada BBM yang dapat menimbulkan gas rumah kaca.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menerapkan kegiatan diatas adalah dengan menggunakan *Life Cycle Assessment (LCA)*. *Life Cycle Assessment (LCA)* dapat membantu dalam mengidentifikasi peluang untuk memperbaiki kinerja lingkungan dari produk pada berbagai titik dalam siklus hidupnya dan menginformasikan pengambil keputusan di industri, organisasi pemerintah atau organisasi non-pemerintah (misalnya untuk tujuan perencanaan strategis, penetapan prioritas, perancangan produk atau proses

Life Cycle Assessment (LCA) untuk menganalisis dampak pada semua tahapan dalam siklus hidup dari sumber daya, proses produksi, produksi sendiri, dan penggunaan produk sampai produk itu tidak terpakai lagi atau bisa disebut *cradle to grave*. *Life Cycle Assessment (LCA)* dikembangkan untuk mengkaji dampak lingkungan yang dihasilkan oleh pihak industri atau proses produksi yang lain. *Proses Life cycle Assessment (LCA)* dilakukan dengan prosedur objektif dalam mengevaluasi dampak lingkungan dengan melakukan determinasi kuantitatif dari semua aliran masuk ataupun keluar dari sistem terhadap lingkungan dalam tiap tahap sistem (Harjanto *et al.*, 2014). Dalam melaksanakan *Life Cycle Assessment (LCA)* melalui 4 tahap yaitu:

1.1 Penentuan Tujuan dan Batasan Penelitian (Goal and Scope).

Pada tahap ini bertujuan untuk mendefinisikan ruang lingkup studi, memformulasikan dan mendeskripsikan tujuan termasuk mendefinisikan fungsi dari masing-masing bagian. Tujuan dan batasan penelitian dengan LCA dapat dijelaskan dengan beberapa keterangan seperti Alasan menggunakan metode LCA, Deskripsi dari batasan (*boundaries*) penelitian, definisi yang tepat terhadap produksi yang akan dianalisis.

1.2 Inventarisasi data (Life Cycle Inventory).

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dan perhitungan input dan juga output ke lingkungan dari sistem yang sedang dievaluasi. *Life Cycle Inventory* berfungsi sebagai inventarisasi penggunaan sumber daya alam serta penggunaan energi dan pelepasan ke lingkungan terkait dengan sistem yang sedang dievaluasi pada penelitian ini.

1.3 Perkiraan Dampak (Life Cycle Impact Assessment).

Pada tahap ini dampak lingkungan yang signifikan dari proses atau produk berdasarkan LCI dievaluasi menggunakan *Impact Assessment*. Tahap ini bertujuan sebagai mengelompokkan dan menilai dampak lingkungan yang signifikan.

1.4 Interpretasi Data.

Pada tahap terakhir ini bertujuan untuk mengidentifikasi tahap *Life Cycle* pada keadaan tertentu dapat mengurangi dampak lingkungan pada sistem dan kombinasi hasil dari LCI dan LCIA digunakan untuk menginterpretasikan, menarik kesimpulan dan rekomendasi yang konsisten (Fantke *et al.*, 2012).

Pada penelitian ini metode *Life Cycle Assessment (LCA)* yang digunakan adalah CML. CML terdiri dari dua jenis yaitu CML IA-*Baseline* dan CML IA-*Non Baseline*. Perbedaan keduanya adalah kategori dampak pada CML IA-*Non Baseline* lebih luas dibandingkan CML IA-*Baseline*. Namun pada metode CML ini, hanya terdapat 2 tahapan yaitu *characterization* dan *normalization*. Beberapa dampak yang ditawarkan antara lain *abiotic depletion, global warming, ozone layer depletion, human toxicity, aquatic ecotoxicity, terrestrial ecotoxicity, photochemical oxidation, eutrophication*, dan *acidification* (Acero, Rodríguez, & Ciroth, 2016).

Dalam mengidentifikasi dampak lingkungan ini menggunakan software Simapro. Simapro adalah salah satu software yang dapat digunakan analisa daur hidup suatu proses, mengumpulkan data, dan memantau kinerja keberlanjutan produk dan jasa dari suatu perusahaan yang memiliki pengolahan. Simapro dikembangkan untuk membantu pengumpulan fakta dalam menggunakan metode LCA dan memberikan wawasan untuk menciptakan nilai yang berkelanjutan (ISO 14010, 2016). Data yang akan diinput kedalam Simapro berupa data distribusi bahan baku atau *raw material*, proses produksi dan distribusi akhir pada suatu produk yang dihasilkan. Simapro ada beberapa versi, untuk analisa ini versi yang akan digunakan adalah Simapro versi terbaru yang mana *database* berasal dari berbagai standar dalam analisa ekologi dan memiliki *database* ekoinventori.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Gambaran Umum

PT X merupakan perusahaan pendistribusian BBM yang menerima dari Refinery Unit. Gambaran umum mengenai penelitian ini adalah analisis dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat kegiatan proses pengolahan bahan bakar minyak. Metode penelitian digunakan sebagai dasar prosedur dan langkah-langkah sistematis dalam melakukan penelitian dan bertujuan untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan dalam proses pengolahan bahan bakar minyak terhadap effluen sehingga dapat memperoleh alternatif-alternatif pengelolaan dampak lingkungan sebagai usulan perbaikan atau evaluasi yang tepat.

2.2 Tahap Penelitian

Susunan metode ini didasarkan pada tujuan penelitian ini yaitu mengetahui dampak dari proses pengolahan BBM PT X dan mengurangi dampak dari proses pengolahan tersebut dengan menggunakan software SimaPro 9.1. Tahap penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

(1) Studi literatur dan *install software* Simapro 9.1
 (2) Penentuan *goal and scope*. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan dampak yang ditimbulkan dari proses pengolahan BBM PT.X. Sedangkan ruang lingkup (*scope*) yang dianalisis bersifat *gate to grave* yaitu terdiri dari proses penerimaan BBM hingga distribusi dengan mobil tangki. Adapun proses tersebut dimulai dari penerimaan BBM melalui *Pipeline, Fuel Storage Tank* untuk menyimpan produk BBM dari penerimaan, *Pompa Elmot* untuk mendistribusikan ke mobil tangki. Dengan unit penunjang berupa genset, IPAL domestik, *Oil catcher*, dan perkantoran.

(3) Melakukan *life cycle inventory*. Kajian LCA PT.X menggunakan dua jenis informasi data yang berbeda yaitu data yang berkaitan dengan aspek lingkungan dan data yang berkaitan dengan dampak daur hidup (*life cycle impact*). Data yang berkaitan dengan aspek lingkungan meliputi bahan atau energi yang diolah dalam setiap sistem produksi yang bersumber dari LCA PT.X sedangkan data yang berkaitan dengan *life cycle impact* berasal dari database *ecoinvent 3.8*. Sumber data yang digunakan dalam pengumpulan data adalah data spesifik berupa data yang didapat dari operasional perusahaan. Data yang digunakan antara lain: penggunaan bahan baku (material), penggunaan bahan bakar, penggunaan air, dan emisi dalam bentuk udara (GRK dan konvensional). Unit fungsi yang ditetapkan menjadi acuan masukan dan keluaran dan telah dinormalisasikan (per 1 kL BBM) adalah produk yang dihasilkan oleh PT. X, dalam hal ini BBM sejumlah 1 (satu) kL

(4) Tahap *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA). Dampak lingkungan yang dihasilkan dilakukan penilaian menggunakan metode CML-IA *Baseline V 3.08*. Dampak yang diteliti menggunakan metode ini adalah *Global Warming potential (GWP)*, *Ozone layer depletion (ODP)* dan *Acidification Potential (AP)*

(5) Tahap interpretasi data. Pada tahapan ini yaitu menganalisis penyebab dari dampak lingkungan terbesar yang ditimbulkan dari proses pengolahan BBM.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan alokasi produk dilakukan dengan memperhitungkan persentase dari masing-masing produk BBM yang meliputi biosolar, pertamax, premium, pertalite, solar terhadap total seluruh produk yang dihasilkan. Contoh perhitungan alokasi produk BBM adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Alokasi Pertalite} &= (\text{Jumlah produk} / \text{Total seluruh kluster produk}) \times 100\% \\ &= (3672158.17 / 7183408) \times 100\% \\ &= 51\% \end{aligned}$$

Tabel 1. Perhitungan Komponen Produk

| Produk | Total Produk (kL) | Alokasi (%) |
|-----------|-------------------|-------------|
| Biosolar | 3672158.17 | 51% |
| Pertamax | 1643563.75 | 23% |
| Premium | 1817402.224 | 25% |
| Pertalite | 50283.856 | 1% |
| Solar | 7183408 | 100% |
| Biosolar | 3672158.17 | 51% |
| Total | 1643563.75 | 23% |

Perhitungan emisi untuk emisi CO₂, CH₄, dan N₂O (ton) dilakukan dengan rumus yang tertera pada gambar 3.1 berikut

$$\text{Total beban emisi (kg)} = \text{Nilai Kalor} \left(\frac{\text{GJ}}{\text{L}}\right) \times \text{Massa Jenis BBM} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{L}}\right) \times \text{Konsumsi BBM (L)} \times \text{Faktor Emisi} \left(\frac{\text{kg}}{\text{GJ}}\right)$$

Gambar 1. Rumus perhitungan beban emisi udara

Dari rumus tersebut diperoleh hasil perhitungan emisi sebagai berikut.

Tabel 2. Nilai kalor dan faktor emisi BBM (a)

| Jenis | Unit Fungsi | Nilai Kalor | Konsumsi Energi |
|-----------|-------------|-------------|-----------------|
| | kL | (GJ/l) | (GJ) |
| Pertamax | 1643563.75 | 0.02854995 | 46923662.9 |
| Premium | 50283.856 | 0.0285285 | 1434522.98 |
| Pertalite | 3672158.17 | 0.0285285 | 104761164 |
| Solar | 1817402.224 | 0.00196846 | 3577495.39 |

Tabel 3. Nilai kalor dan faktor emisi BBM (b)

| | Faktor Emisi | | |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O |
| | (kgCO ₂ /GJ) | (kgCH ₄ /GJ) | (kgN ₂ O/GJ) |
| | 0.069 | 5 | 0.6 |
| | 0.069 | 5 | 0.6 |
| | 0.069 | 5 | 0.6 |
| | 0.074 | 5 | 0.6 |

Tabel 4. Nilai kalor dan faktor emisi BBM (c)

| Hasil Perhitungan | | |
|-------------------------|-----------------|------------------|
| CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O |
| kg | kg | kg |
| 3237732.74 | 234618314.5 | 28154197.74 |
| 98982.08603 | 7172614.929 | 860713.7915 |
| 7228520.34 | 523805821.7 | 62856698.6 |
| 264734.6592 | 17887476.97 | 2146497.237 |
| 3237732.74 | 234618314.5 | 28154197.74 |
| Total Beban Emisi (kg) | | |
| 10829969.82 | 783484228.1 | 94018107.37 |
| Total Beban Emisi (Ton) | | |
| 10829969.82 | 783.4842281 | 94.01810737 |

Inventori yang telah didapat tersebut dimasukkan kedalam *software* SimaPro untuk dilakukan Analisa dengan menggunakan metode CML-IA *Baseline V 3.08*.

3.1 Global Warming Potencial (GWP)

Hasil analisa kategori dampak Global Warming Potencial (GWP) adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil *Running* SimaPro 9.1 dampak GWP

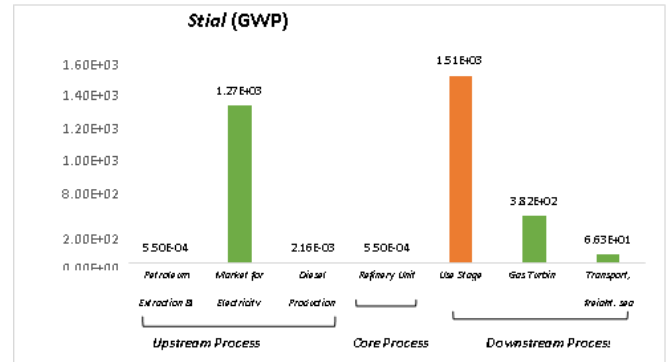
| Unit Proses | Global Warming Potencial (GWP) |
|--|--------------------------------|
| Use Stage | 1.51E+03 |
| Gas Turbin | 3.82E+02 |
| Lubricating Oil | 1.03E+00 |
| Genset | 1.36E-02 |
| IPAL | 0.00E+00 |
| Transportation of Oil | 0.00E+00 |
| Treatment of municipal solid waste | 1.12E+00 |
| Treatment of waste mineral oil | 2.20E+00 |
| Transportation of Oil | 0.00E+00 |
| Transport, freight, light commerci al | 1.05E-02 |
| Transport, freight, sea tanker for petroleum | 6.63E+01 |
| Transport, pipeline, onshore | 3.37E+00 |
| Treatment of hazardous waste | 4.77E-02 |
| Treatment of Refinery Sludge | 1.53E+01 |
| Treatment of used fluorescent lamp | 2.66E-04 |
| Treatment of waste bulk iron | 4.84E-06 |
| Transportation of Diesel | 0.00E+00 |
| Total Impact | 1.99E+03 |

Global Warming Potential (GWP) merupakan dampak lingkungan yang secara umum terjadi akibat pembakaran bahan bakar minyak yang melepaskan sejumlah emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida ke udara sehingga menyebabkan pemanasan global. GWP didasarkan atas perhitungan kg CO₂ eq/kL Berdasarkan Tabel 3.4, total dampak GWP per 1 kl BBM yang dihasilkan adalah sebesar 1990 kg CO₂ eq/kL yang didominasi oleh gas karbon dioksida sebesar 82,50%.

Tabel 6. Kontributor GWP

| Proses | Kontributor GWP Carbon Dioxide |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Market for Electricity | 1.18E+03 |
| Transport, freight, sea tanker | 0.00E+00 |
| Gas turbin | 0.00E+00 |
| Perkantoran | 0.00E+00 |
| Use stage | 1.51E+03 |
| TOTAL | 2.68E+03 |
| DAMPAK TOTAL | 3.25E+03 |
| ERSENTASE SETIAP KONTRIBUTOR | 82.50% |

Dari hasil analisa didapatkan hasil bahwa pada proses *used stage* menimbulkan dampak GWP paling besar yaitu sebesar 1510 kg CO₂ eq/kL. Berikut merupakan *hotspot* dari masing-masing ruang lingkup.



Gambar 1. Dampak GWP

Berdasarkan Gambar 3.2, kontributor GWP terbesar berasal dari *use stage*. Tingginya dampak *use stage* ini dikarenakan tingginya nilai emisi dari pembakaran BBM .Pada gas turbin, dampak yang dihasilkan adalah sebesar 3,82E+02 kg CO₂eq/kl disebabkan oleh pembakaran bahan bakar yang digunakan di gas turbin.

3.2 Ozone layer depletion (ODP)

Hasil analisa kategori dampak *Ozone layer depletion* (ODP) adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Hasil *Running* SimaPro 9.1 dampak ODP

| Unit Proses | Ozone Layer Depletion (ODP) |
|--|-----------------------------|
| Use Stage | 0.00E+00 |
| Gas Turbin | 0.00E+00 |
| Lubricating Oil | 4.56E-07 |
| Genset | 0.00E+00 |
| IPAL | 0.00E+00 |
| Transportation of Oil | 0.00E+00 |
| Treatment of municipal solid waste | 0.00E+00 |
| Treatment of waste mineral oil | 2.59E-09 |
| Transportation of Oil | 0.00E+00 |
| Transport, freight, light commerci al | 1.66E-09 |
| Transport, freight, sea tanker for petroleum | 1.04E-05 |
| Transport, pipeline, onshore | 1.53E-07 |
| Treatment of hazardous waste | 5.08E-09 |
| Treatment of Refinery Sludge | 2.24E-06 |
| Treatment of used fluorescent lamp | 3.08E-11 |
| Treatment of waste bulk iron | 1.52E-13 |
| Transportati on of Diesel | 0.00E+00 |
| Total Impact | 1.33E-05 |

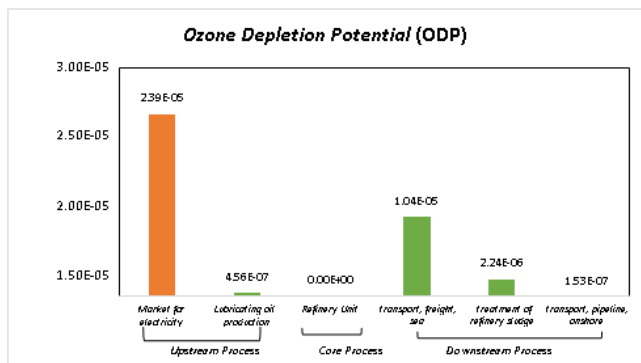
Ozone Depletion Potential (ODP) adalah dampak lingkungan yang menyebabkan terjadinya penipisan lapisan ozon pada atmosfer yang didasarkan pada perhitungan kg CFC⁻¹¹. Lapisan ozon merupakan lapisan yang terdapat pada lapisan stratosfer yang berfungsi melindungi bumi dari paparan langsung sinar ultraviolet (UV). Penipisan lapisan

ozon berpotensi merusak kesehatan manusia, kesehatan hewan, ekologi darat, dan perairan. Total dampak ODP per 1 kl BBM yang dihasilkan adalah sebesar 3,72E-05 kg CFC⁻¹¹-eq/kl. Dampak ODP tertinggi dihasilkan pada *upstream process*, yang disumbangkan oleh *market for electricity* sebesar 2,39E-05 kg CFC⁻¹¹ /kl. Hal ini terjadi karena banyaknya material yang diproses pada komponen ini sehingga menimbulkan emisi penipisan ozon yaitu gas metana.

Tabel 8. Kontributor ODP

| Proses | Kontributor ODP |
|--------------------------------|-------------------------|
| | Methane, Bromotrifluoro |
| Market for Electricity | 2.33E-05 |
| Transport, freight, sea tanker | 1.03E-05 |
| Gas turbin | 0.00E+00 |
| Perkantoran | 0.00E+00 |
| Use stage | 0.00E+00 |
| TOTAL | 3.36E-05 |
| DAMPAK TOTAL | 3.72E-05 |
| PERSENTASE SETIAP KONTRIBUTOR | 90.33% |

Berdasarkan Tabel 3.6, total dampak ODP per 1 kl BBM yang dihasilkan adalah sebesar 3.72E-05kg CFC-11-eq yang 90,33% dihasilkan oleh *gas methane*. Hal ini terjadi karena banyaknya material yang diproses pada komponen ini sehingga menimbulkan penipisan ozon. Berikut merupakan hotspot dari masing-masing ruang lingkup.



Gambar 2. Dampak ODP

3.3 Acidification Potential (AP)

Hasil analisa kategori dampak *Acidification Potential* (AP) adalah sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil *Running SimaPro 9.1* dampak AP

| Unit Proses | Acidification Potential (AP) |
|-----------------|------------------------------|
| Use Stage | 0.00E+00 |
| Gas Turbin | 7.02E+00 |
| Lubricating Oil | 6.47E-03 |
| Genset | 1.75E-04 |

| Unit Proses | Acidification Potential (AP) |
|--|------------------------------|
| IPAL | 0.00E+00 |
| Transportation of Oil | 0.00E+00 |
| Treatment of municipal solid waste | 4.61E-05 |
| Treatment of waste mineral oil | 1.42E-04 |
| Transportation of Oil | 0.00E+00 |
| Transport, freight, light commercial | 4.62E-05 |
| Transport, freight, sea tanker for petroleum | 1.59E+00 |
| Transport, pipeline, onshore | 1.48E-02 |
| Treatment of hazardous waste | 5.93E-05 |
| Treatment of Refinery Sludge | 3.06E-02 |
| Treatment of used fluorescent lamp | 1.39E-06 |
| Treatment of waste bulk iron | 2.14E-08 |
| Transportation of Diesel | 0.00E+00 |
| Total Impact | 8.66E+00 |

Total dampak AP per 1 kL BBM yang dihasilkan adalah sebesar 1,41E+01 kg SO₂-eq/kl. *Acidification Potential* (AP) atau dampak potensi hujan asam merupakan dampak lingkungan yang menyebabkan terjadinya proses acidification (hujan asam) di udara yang berpotensi merusak kesehatan manusia, meningkatkan kadar keasaman tanah dan air permukaan yang berbahaya bagi kehidupan ekosistem air dan tanaman. Hal itu dikarenakan hujan asam memiliki pH dibawah 5,6. *Acidification Potential* (AP) dapat disebabkan oleh semburan dari gunung berapi dan aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil, industri, kilang minyak, dll.

Tabel 10. Kontributor AP

| Proses | Kontributor AP | |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| | Sulfur Dioxides | Nitrogen Oxides |
| Market for Electricity | 3.44E+00 | 1.56E+00 |
| Transport, freight, sea tanker | 0.00E+00 | 5.89E-01 |
| Gas turbin | 0.00E+00 | 7.02E+00 |
| Perkantoran | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| Use stage | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| TOTAL | 3.44E+00 | 9.16E+00 |
| DAMPAK TOTAL | 1.41E+01 | |
| PERSENTASE SETIAP KONTRIBUTOR | 24.35% | 64.93% |

Acidification Potential (AP) merupakan dampak lingkungan yang menyebabkan terjadinya proses acidification di udara untuk setiap peningkatan 1 kg SO₂eq/kL. Total dampak *acidification potential* per 1 kL BBM yang dihasilkan adalah sebesar 1,41E+01 kg SO₂-eq/kl yang terdiri dari sulfur oksida 24,35% dan nitrogen oksida 64,93%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian pengolahan bahan bakar minyak pada PT.X yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

(1) Kajian yang telah dilakukan dengan menggunakan metode CML ini berfokus pada potensi dampak lingkungan yaitu dampak *Global Warming Potential* (GWP), *Ozon Depletion Potential* (ODP), dan *Acidification Potential* (AP);

(2) Total dampak yang didapatkan dari dampak *Global Warming Potential* (GWP) adalah sebesar 1990 kg CO₂ eq/kL, dimana kontributor dampak didominasi oleh karbon dioksida sebesar 82,50%.

(3) Total dampak yang didapatkan dari dampak *Ozon Depletion Potential* (ODP) adalah sebesar 3.72E-05kg CFC-11-eq yang 90,33% dihasilkan oleh *gas methane*.

(4) Total dampak yang didapatkan dari dampak *Acidification Potential* (AP) adalah sebesar 1,41E+01 kg SO₂-eq/kl yang terdiri dari sulfur oksida 24,35% dan nitrogen oksida 64,93%.

(5) Berdasarkan *hotspot* yang didapatkan saran yang dapat dilakukan adalah Mengurangi penggunaan genset dan gas turbin dengan beralih ke sumber energi terbarukan *solar cell* untuk memproduksi listrik yang dikonsumsi oleh unit, Mengalihkan konsumsi solar genset sehingga dapat mengurangi emisi GRK yang dihasilkan oleh pembakaran pada genset,

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penelitian ini. Penelitian ini dapat selesai tepat waktu, tentunya tidak lepas dari peran serta berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada pembimbing penelitian yang telah membantu untuk mengarahkan, maupun membimbing saya dalam melaksanakan penelitian ini sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. dengan baik. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan penelitian ini masih terdapat kekurangan, baik dalam metode penulisan maupun pembahasan materi. Hal ini dikarenakan penulis masih dalam tahap belajar, sehingga penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun, semoga kedepannya dapat memperbaiki segala kekurangannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Acero, A. A. P., Rodríguez, C., & Ciroth, A. (2016). LCIA methods "Impact assessment methods in Life Cycle Assessment and their impact categories.
- Fantke, P., Friedrich, R., & Jolliet, O. (2012). *Health impact and damage cost assessment of pesticides in Europe. Environment International*, 49, 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.08.001>
- Harjanto, T. R., Fahrurrozi, M., & Bendiyasa, I. M. (2014). *Life Cycle Assessment Pabrik Semen PT Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap: Komparasi antara Bahan Bakar Batubara dengan Biomassa.*
- ICCSR. (2010). Roadmap Perubahan Iklim Sektor Kesehatan. Jakarta
- Ratnani, R. D. (2008). Teknik Pengendalian Pencemaran Udara Yang Diakibatkan oleh Partikel. *Momentum*, Vol. 4, No. 2, 27 – 32. *Rekayasa Proses*, 6(2), 51–58. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.469>

- Sandra, Christyana. (2013). Pengaruh Penurunan Kualitas Udara terhadap Fungsi Paru dan Keluhan Pernafasan pada Polisi Lalu Lintas POLWILTABES Surabaya
- Utina, Ramli. 2009. Pemanasan Global: Dampak dan Upaya Meminimalisasinya. *Jurnal Saintek Universitas Negeri Gorontalo*, Vol. 3, No.03, 1-11.

TATA NAMA

| | |
|-----------------|------------------------|
| °C | derajat <i>celcius</i> |
| eq | Ekivalen |
| CO ₂ | karbon dioksida |
| SOx | sulfur oksida |
| NOx | nitrogen oksida |
| CH ₄ | metana |