

### Kajian Dampak Proses Pengolahan Minyak Bumi Di PT. X Terhadap Lingkungan Dengan Menggunakan Metode *Life Cycle Assessment (LCA)*

Mochammad Yordan Royan Futari

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

Email Korespondensi (Penulis): [20034010037@student.upnjatim.ac.id](mailto:20034010037@student.upnjatim.ac.id)

#### **Kata Kunci:**

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

#### **ABSTRAK**

Industri pengolahan BBM merupakan salah satu industri dengan penyumbang emisi terbesar di Indonesia. Emisi yang dihasilkan berupa emisi gas rumah kaca CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O dan gas pencemar udara SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM. Oleh karena itu diperlukan kajian *Life Cycle Assessment* menganalisis atau mengidentifikasi dampak lingkungan total dari suatu proses pengolahan di sebuah industri. Pada penelitian kali ini menggunakan aplikasi Simapro 9.1 dengan metode yang digunakan CML. Dari hasil analisis yang telah dilakukan didapatkan hasil nilai dampak lingkungan pada PT X per 1 kL produk BBM yaitu *Global Warming Potential (GWP)* adalah sebesar 1717,22845 kg CO<sub>2</sub> eq/kL, dimana kontributor dampak didominasi oleh karbon dioksida sebesar 94,36%, total dampak yang didapatkan dari dampak *Ozon Depletion Potential (ODP)* adalah sebesar 2,45E-06 kg CFC-11-eq, dimana kontributor keseluruhnya adalah gas metana, serta total dampak yang didapatkan dari dampak *Acidification Potential (AP)* adalah sebesar 7,03E-02 kg SO<sub>2</sub>eq/kL, dimana kontributor dampak didominasi oleh sulfur oksida 99,47%.

#### **Keyword:**

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

#### **ABSTRACT**

*The fuel processing industry is one of the industries with the largest emission contributors in Indonesia. The resulting emissions are in the form of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O greenhouse gas emissions and SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, PM. Therefore a Life Cycle Assessment study is needed to analyze or identify the total environmental impact of a processing process in an industry. In this study, the Simapro 9.1 application was used, with the method used by CML. From the results of the analysis that has been carried out, the results show that the environmental impact value at PT X per 1 kL of fuel products, namely the *Global Warming Potential (GWP)* is 1717.22845 kg CO<sub>2</sub> eq/kL, where the impact contribution is dominated by carbon dioxide by 94.36%. the total impact obtained from the *Ozone Depletion Potential (ODP)* impact is 2.45E-06 kg CFC-11-eq, where the contribution is entirely methane gas, and the total impact obtained from the *Acidification Potential (AP)* impact is 7.03E-02 kg SO<sub>2</sub>eq/kL, where the impact contribution is dominated by sulfur oxide 99.47%.*

## 1. PENDAHULUAN

Pemanasan global dan pencemaran udara menjadi salah satu isu lingkungan yang dihadapi dunia saat ini. Ciri-ciri pemanasan global yaitu meningkatnya suhu permukaan bumi mencapai 0.74 ± °C (Utina, 2009). Pada pencemaran udara, memiliki ciri-ciri yaitu terjadinya penurunan kualitas udara yang mengganggu kesehatan manusia (Sandra, 2013). Penyebab utama pemanasan global dan pencemaran udara berasal dari emisi gas rumah kaca dan pencemaran udara oleh aktivitas manusia (Solomon *et al.*, 2007). Emisi gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer dari aktivitas manusia yang berpotensi terhadap pemanasan global adalah CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub> (IPCC, 2006). 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). Parameter polusi udara dari kendaraan bermotor seperti karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dan sulfur oksida (SO<sub>x</sub>) dapat menimbulkan efek terhadap pemanasan global (Kusminingrum *et al.*, 2008). Angka prosentase tersebut diperkirakan akan terus meningkat mengingat jumlah kendaraan juga semakin bertambah tiap tahunnya. Peningkatan konsumsi bahan bakar bensin ini akan berdampak pula pada gas rumah kaca. Hal ini disebabkan karena gas CO<sub>2</sub> dan gas CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari proses pembakaran memiliki peran sebesar 50% dan 20% terhadap total gas rumah kaca (Nur *et al.*, 2009).

Dalam mempertimbangkan produk bahan bakar minyak terhadap pemanasan global, perlu dilakukan suatu kajian yang berfungsi untuk mengetahui hal yang terdapat pada BBM yang

dapat menimbulkan gas rumah kaca. Produk BBM seharusnya tidak hanya dilakukan analisis pada proses produksi saja, melainkan juga pada evaluasi *life cycle* produk yang mementingkan dampak lingkungan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menerapkan kegiatan diatas adalah dengan menggunakan *Life Cycle Assessment (LCA)*. *Life Cycle Assessment (LCA)* merupakan sebuah metode yang dapat menganalisis atau mengidentifikasi dampak lingkungan total dari suatu proses pengolahan di sebuah industri atau yang lainnya (Pujadi & Yola, 2013). *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.) 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.
- 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.
- 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.
- 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 analisis 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 analisis ini versi yang akan digunakan adalah Simapro versi terbaru yang mana database berasal dari berbagai standar dalam analisis 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.

$$\begin{aligned} \text{Alokasi Pertalite} &= (\text{Jumlah produk} / \text{Total seluruh kluster produk}) \times 100\% \\ &= (667238.6077 / 1853440.58) \times 100\% \\ &= 36\% \end{aligned}$$

**Tabel 3.1** Perhitungan Komponen Produk

| Produk       | Total Produk (kL) | Alokasi (%) |
|--------------|-------------------|-------------|
| Biosolar     | 481894.55         | 26%         |
| Pertamax     | 315084.8981       | 17%         |
| Premium      | 37068.81154       | 2%          |
| Pertalite    | 667238.6077       | 36%         |
| Solar        | 352153.7096       | 19%         |
| Biosolar     | 481894.55         | 26%         |
| <b>Total</b> | <b>1853440.58</b> | <b>100%</b> |

Perhitungan emisi untuk emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O (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 3.1** Rumus perhitungan beban emisi udara

Dari rumus tersebut diperoleh hasil perhitungan emisi seperti pada tabel 3.2

**Tabel 3.2** Nilai kalor dan faktor emisi BBM (a)

| Jenis    | Unit Fungsi | Nilai Kalor | Konsumsi Energi |
|----------|-------------|-------------|-----------------|
|          | kL          |             |                 |
| Biosolar | 481894.55   | 0.0347679   | 16754461.53     |

| Jenis     | Unit Fungsi | Nilai Kalor | Konsumsi Energi |
|-----------|-------------|-------------|-----------------|
|           | kL          |             |                 |
| Pertamax  | 315084.898  | 0.02854995  | 8995658.086     |
| Premium   | 37068.8115  | 0.0285285   | 1057517.59      |
| Pertalite | 667238.608  | 0.0285285   | 19035316.62     |
| Solar     | 352153.71   | 0.001968467 | 693202.7803     |

**Tabel 3.2** Nilai kalor dan faktor emisi BBM (b)

| Faktor Emisi            |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| CO <sub>2</sub>         | CH <sub>4</sub>         | N <sub>2</sub> O        |
| (kgCO <sub>2</sub> /GJ) | (kgCH <sub>4</sub> /GJ) | (kgN <sub>2</sub> O/GJ) |
| 0.062                   | 4.75                    | 0.57                    |
| 0.069                   | 5                       | 0.6                     |
| 0.069                   | 5                       | 0.6                     |
| 0.069                   | 5                       | 0.6                     |
| 0.074                   | 5                       | 0.6                     |

**Tabel 3.2** Nilai kalor dan faktor emisi BBM (c)

| Hasil Perhitungan       |                   |                    |
|-------------------------|-------------------|--------------------|
| CO <sub>2</sub>         | CH <sub>4</sub>   | N <sub>2</sub> O   |
| Kg                      | kg                | kg                 |
| 1051651                 | 80570064.7        | 9668407.768        |
| 604839                  | 43828914.3        | 5259469.711        |
| 60682.48                | 4397281           | 527673.7201        |
| 1353486                 | 98078715.7        | 11769445.88        |
| 50516.27                | 3413261.43        | 409591.3721        |
| Total Beban Emisi (kg)  |                   |                    |
| <b>3121175</b>          | <b>230288237</b>  | <b>27634588.45</b> |
| Total Beban Emisi (Ton) |                   |                    |
| <b>3121175</b>          | <b>230.288237</b> | <b>27.63458845</b> |

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

#### 3.1 Global Warming Potential (GWP)

Hasil analisis kategori dampak *Global Warming Potential* (GWP) adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.3** Hasil *Running* SimaPro 9.1 dampak GWP

| Unit Proses                               | Global Warming Potential (GWP) |
|---|--------------------------------|
| <b>Use Stage</b>                          | <b>1.69E+03</b>                |
| Downstream FT                             | 0.00E+00                       |
| Filter Separator                          | 0.00E+00                       |
| Genset                                    | 2.40E-01                       |
| IPAL                                      | 0.00E+00                       |
| Transportation of BBM                     | 0.00E+00                       |
| <i>Treatment of municipal solid waste</i> | 1.57E-03                       |
| <i>Treatment of waste mineral oil</i>     | 6.08E-03                       |
| <i>Transportation of Oil</i>              | 3.26E-05                       |

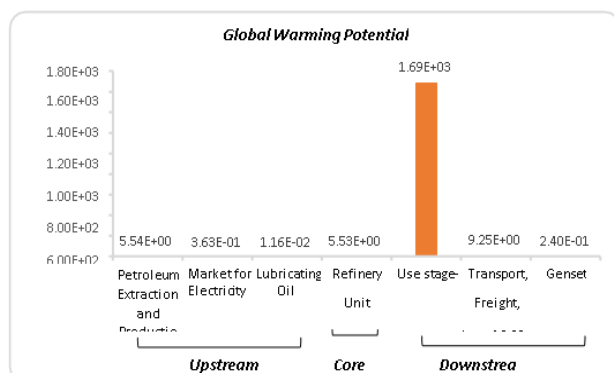
| Unit Proses                                  | Global Warming Potential (GWP) |
|--|--------------------------------|
| Transport, light commercial                  | 4.23E-04                       |
| Transport, freight, lorry 16-32              | 9.25E+00                       |
| Transport, freight, lorry 3.5-7.5            | 4.37E-08                       |
| Transport, freight, lorry 7.5-16             | 4.46E+00                       |
| Transport, pipeline, onshore                 | 3.54E-01                       |
| Mobil Tangki                                 | 0.00E+00                       |
| Treatment of Refinery Sludge                 | 4.39E-02                       |
| transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton | 4.37E-08                       |
| Transportation of Diesel                     | 1.81E-04                       |
| Total Impact                                 | 1.70E+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 CO<sub>2</sub> eq/kL Berdasarkan Tabel 3.4, total dampak GWP per 1 kl BBM yang dihasilkan adalah sebesar 1717,22845 kg CO<sub>2</sub> eq/kL yang didominasi oleh gas karbon dioksida sebesar 94,36%.

Tabel 3.4 Kontributor GWP

| Proses                               | Kontributor GWP |                 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|
|                                      | Carbon Dioxide  | Methane         |
| Petroleum Extraction and Production  | 6.98E+02        | 2.07E+02        |
| Market for Electricity               | 1.27E+01        | 2.04E-01        |
| Transport, freight, lorry 16-32      | 3.52E+00        | 7.39E-02        |
| Refinery Unit                        | 7.69E+02        | 2.70E+01        |
| Use stage                            | 2.45E+03        | 4.76E-01        |
| Genset                               | 6.45E-02        | 1.40E-04        |
| <b>TOTAL</b>                         | <b>3.93E+03</b> | <b>2.35E+02</b> |
| <b>DAMPAK TOTAL</b>                  | <b>8.33E+03</b> |                 |
| <b>PERSENTASE SETIAP KONTRIBUTOR</b> | <b>94.36%</b>   | <b>5.64%</b>    |

Dari hasil analisis didapatkan hasil bahwa pada proses *used stage* menimbulkan dampak GWP paling besar yaitu sebesar 1690 kg CO<sub>2</sub> eq/kL. Berikut merupakan *hotspot* dari masing-masing ruang lingkup.



Gambar 3.2 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 transport, Freight, Lorry 16-32 Metric Ton, dampak yang dihasilkan adalah sebesar 9,25E+00 kg CO<sub>2</sub>eq/kl yang disebabkan oleh hasil pembakaran BBM kendaraan yang digunakan untuk mengangkut BBM serta *diesel own use* dari dan ke unit.

### 3.2 Ozone layer depletion (ODP)

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

Tabel 3.5 Kontributor ODP

| Unit Proses                                  | Ozone layer depletion (ODP) |
|--|-----------------------------|
| Use Stage                                    | 0.00E+00                    |
| Downstream FT                                | 0.00E+00                    |
| Filter Separator                             | 0.00E+00                    |
| Genset                                       | 0.00E+00                    |
| IPAL   | 0.00E+00                    |
| Transportation of BBM                        | 0.00E+00                    |
| Treatment of municipal solid waste           | 0.00E+00                    |
| Treatment of waste mineral oil               | 7.15E-12                    |
| Transportation of Oil                        | 1.85E-11                    |
| Transport, light commercial                  | 6.68E-11                    |
| <b>Transport, freight, lorry 16-32</b>       | <b>1.65E-06</b>             |
| Transport, freight, lorry 3.5-7.5            | 7.19E-15                    |
| Transport, freight, lorry 7.5-16             | 7.68E-07                    |
| Transport, pipeline, onshore                 | 1.60E-08                    |
| Mobil Tangki                                 | 0.00E+00                    |
| Treatment of Refinery Sludge                 | 6.41E-09                    |
| transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton | 7.19E-15                    |
| Transportation of Diesel                     | 2.65E-10                    |
| Total Impact                                 | 2.44E-06                    |

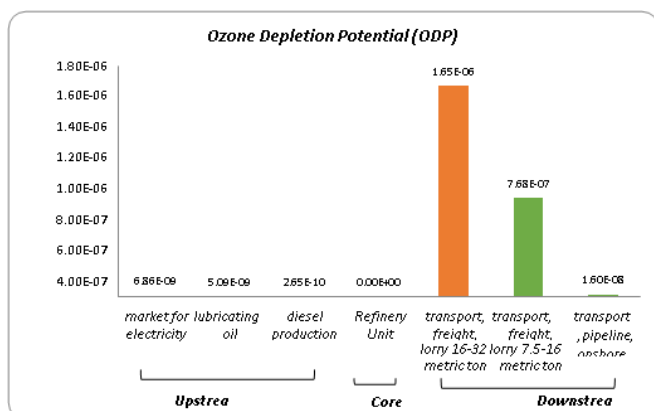
Ozone Depletion Potential (ODP) adalah dampak lingkungan yang menyebabkan terjadinya penipisan lapisan ozon pada atmosfer yang didasarkan pada perhitungan kg CFC<sup>-11</sup>. Lapisan ozon merupakan lapisan yang terdapat pada lapisan stratosfer yang berfungsi melindungi bumi dari paparan langsung sinar 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 2,45E-06 kg CFC<sup>-11</sup>-eq. Beberapa komponen pembangkit yang memberikan kontribusi dampak ODP antara lain: *market for electricity*, *lubricating oil production*, *diesel production*, *refinery unit*, dan *transportation*. Dampak ODP tertinggi dihasilkan pada downstream process, yang disumbangkan oleh *transport, Freight, Lorry 16-32 Metric Ton*, sebesar 1,65E-06 06 kg

CFC<sup>-11</sup>-eq yang disebabkan oleh pembakaran BBM pada proses distribusi dari dan ke unit serta transportasi *diesel own use*.

**Tabel 3.6** Kontributor ODP

| Proses                              | Kontributor ODP (Methane) |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Petroleum Extraction and Production | 0                         |
| Market for Electricity              | 2.48E-07                  |
| Transport, freight, lorry 16-32     | 6.35E-07                  |
| Refinery Unit                       | 0.00E+00                  |
| Use stage                           | 0.00E+00                  |
| Genset                              | 0.00E+00                  |
| <b>TOTAL</b>                        | <b>8.83E-07</b>           |
| <b>DAMPAK TOTAL</b>                 | <b>8.83E-07</b>           |
| <b>PERSENTASE KONTRIBUTOR</b>       | <b>100%</b>               |

Berdasarkan Tabel 3.6, total dampak ODP per 1 kl BBM yang dihasilkan adalah sebesar 8.83E-07 kg CFC<sup>-11</sup>-eq yang 100% dihasilkan oleh *gas methane*. Hal ini terjadi karena banyaknya material yang diproses pada komponen ini sehingga menimbulkan emisi penipisan ozon yaitu gas metana. Berikut merupakan hotspot dari masing-masing ruang lingkup.



**Gambar 3.3** Dampak ODP

Kategori dampak *Ozone Depletion Potential* (ODP) berdampak pada lapisan ozon. Dampak ODP berasal dari *transport, Freight, Lorry 16-32 Metric Ton* yang memberikan kontribusi langsung sebesar 67,193% atau 1,646E-06 kg CFC<sup>-11</sup> eq.

### 3.3 Acidification Potential (AP)

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

**Tabel 3.7** Kontributor AP

| Unit Proses      | Acidification Potential (AP) |
|------------------|------------------------------|
| Use Stage        | 0.00E+00                     |
| Downstream FT    | 0.00E+00                     |
| Filter Separator | 0.00E+00                     |

| Unit Proses                                  | Acidification Potential (AP) |
|--|------------------------------|
| Genset                                       | 1.67E-05                     |
| IPAL   | 0.00E+00                     |
| Transportation of BBM                        | 0.00E+00                     |
| Treatment of municipal solid waste           | 6.47E-08                     |
| Treatment of waste mineral oil               | 3.92E-07                     |
| Transportation of Oil                        | 1.52E-07                     |
| Transport, light commercial                  | 1.85E-06                     |
| <b>Transport, freight, lorry 16-32</b>       | <b>4.68E-02</b>              |
| Transport, freight, lorry 3.5-7.5            | 2.08E-10                     |
| Transport, freight, lorry 7.5-16             | 2.18E-02                     |
| Transport, pipeline, onshore                 | 1.56E-03                     |
| Mobil Tangki                                 | 0.00E+00                     |
| Treatment of Refinery Sludge                 | 8.77E-05                     |
| transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton | 2.08E-10                     |
| Transportation of Diesel                     | 2.01E-06                     |
| Total Impact                                 | 7.03E-02                     |

Total dampak AP per 1 kL BBM yang dihasilkan adalah sebesar 7.03E-02 kg SO<sub>2</sub>eq/kL. Hujan Asam merupakan hujan yang memiliki kandungan asam dengan pH dibawah 5,6 dan terjadi pada lapisan stratosfer. *Acidification Potential* (AP) atau dampak potensi hujan asam adalah dampak lingkungan yang menyebabkan terjadinya proses asidifikasi (hujan asam) di udara yang berpotensi merusak kesehatan manusia, meningkatkan kadar keasaman tanah dan air permukaan yang berbahaya bagi kehidupan ekosistem air dan tanaman. *Acidification Potential* (AP) dapat disebabkan oleh semburan dari gunung berapi dan aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil, industri, kilang minyak, dll.

**Tabel 3.8** Kontributor AP

| Proses                               | Kontributor AP  |                 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|
|                                      | Sulfur Oxides   | Nitrogen Oxides |
| Petroleum Extraction and Production  | 0.00E+00        | 2.25E+00        |
| Market for Electricity               | 3.56E-02        | 1.62E-02        |
| Transport, freight, lorry 16-32      | 0.00E+00        | 1.20E-02        |
| Refinery Unit                        | 7.48E+02        | 1.73E+00        |
| Use stage                            | 0.00E+00        | 0.00E+00        |
| Genset                               | 0.00E+00        | 9.60E-04        |
| <b>TOTAL</b>                         | <b>7.48E+02</b> | <b>4.01E+00</b> |
| <b>DAMPAK TOTAL</b>                  | <b>1.50E+03</b> |                 |
| <b>PERSENTASE SETIAP KONTRIBUTOR</b> | <b>99.47%</b>   | <b>5.64%</b>    |

*Acidification Potential* (AP) merupakan dampak lingkungan yang menyebabkan terjadinya proses asidifikasi di udara untuk setiap peningkatan 1 kg SO<sub>2</sub>eq/kL. Total dampak *acidification potential* per 1 kL BBM yang dihasilkan adalah sebesar 1.50E+03 kg SO<sub>2</sub>-eq yang terdiri dari sulfur oksida 99,47% dan nitrogen dioksida 5,64%. *Transport, Freight, Lorry 16-32*

*Metric Ton* memberikan kontribusi terbesar dan menjadi *hotspot* pada kategori dampak ini dengan nilai sebesar 4,68E-02 kg SO<sub>2</sub>eq.

**Tabel 3.9** Total Seluruh Dampak

| Unit Proses                                  | GWP          | ODP          | AP           | Total        |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Use Stage                                    | 1.69E<br>+03 | 0.00E<br>+00 | 0.00E<br>+00 | 1.69E<br>+03 |
| Downstream FT                                | 0.00E<br>+00 | 0.00E<br>+00 | 0.00E<br>+00 | 0.00E<br>+00 |
| Filter Separator                             | 0.00E<br>+00 | 0.00E<br>+00 | 0.00E<br>+00 | 0.00E<br>+00 |
| Genset                                       | 2.40E<br>-01 | 0.00E<br>+00 | 1.67E<br>-05 | 2.40E<br>-01 |
| IPAL   | 0.00E<br>+00 | 0.00E<br>+00 | 0.00E<br>+00 | 0.00E<br>+00 |
| Transportation of BBM                        | 0.00E<br>+00 | 0.00E<br>+00 | 0.00E<br>+00 | 0.00E<br>+00 |
| Treatment of municipal solid waste           | 1.57E<br>-03 | 0.00E<br>+00 | 6.47E<br>-08 | 1.57E<br>-03 |
| Treatment of waste mineral oil               | 6.08E<br>-03 | 7.15E<br>-12 | 3.92E<br>-07 | 6.08E<br>-03 |
| Transportation of Oil                        | 3.26E<br>-05 | 1.85E<br>-11 | 1.52E<br>-07 | 3.28E<br>-05 |
| Transport, light commercial                  | 4.23E<br>-04 | 6.68E<br>-11 | 1.85E<br>-06 | 4.25E<br>-04 |
| Transport, freight, lorry 16-32              | 9.25E<br>+00 | 1.65E<br>-06 | 4.68E<br>-02 | 9.30E<br>+00 |
| Transport, freight, lorry 3.5-7.5            | 4.37E<br>-08 | 7.19E<br>-15 | 2.08E<br>-10 | 4.39E<br>-08 |
| Transport, freight, lorry 7.5-16             | 4.46E<br>+00 | 7.68E<br>-07 | 2.18E<br>-02 | 4.48E<br>+00 |
| Transport, pipeline, onshore                 | 3.54E<br>-01 | 1.60E<br>-08 | 1.56E<br>-03 | 3.56E<br>-01 |
| Mobil Tangki                                 | 0.00E<br>+00 | 0.00E<br>+00 | 0.00E<br>+00 | 0.00E<br>+00 |
| Treatment of Refinery Sludge                 | 4.39E<br>-02 | 6.41E<br>-09 | 8.77E<br>-05 | 4.40E<br>-02 |
| transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton | 4.37E<br>-08 | 7.19E<br>-15 | 2.08E<br>-10 | 4.39E<br>-08 |
| Transportati on of Diesel                    | 1.81E<br>-04 | 2.65E<br>-10 | 2.01E<br>-06 | 1.83E<br>-04 |

|                     |                      |                      |                      |                      |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Total Impact</b> | <b>1.70E<br/>+03</b> | <b>2.44E<br/>-06</b> | <b>7.03E<br/>-02</b> | <b>1.70E<br/>+03</b> |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|

Berdasarkan total dampak keseluruhan didapatkan hasil 1717.228 kg CO<sub>2</sub> eq per1 kL BBM. Dimana dampak GWP menjadi dampak terbesar dari kegiatan pengolahan BBM pada PT.X. *Hotspot* terbesar terjadi pada proses kegiatan *Used stage* dengan total dampak 1.69E+03 kg CO<sub>2</sub> eq per1 kL BBM. Sedangkan dengan kontributor dampak terbanyak adalah *Transport, freight, lorry 16-32* menghasilkan tiga dampak dengan nilai yang paling tinggi yaitu sebesar 9,3 kg CO<sub>2</sub> eq per1 kL BBM.

#### 4. KESIMPULAN

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

- 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);
- Total dampak yang didapatkan dari dampak *Global Warming Potential* (GWP) adalah sebesar 1717,22845 kg CO<sub>2</sub> eq/kL, dimana kontributor dampak didominasi oleh karbon dioksida sebesar 94,36%;
- Total dampak yang didapatkan dari dampak *Ozon Depletion Potential* (ODP) adalah sebesar 2,45E-06 kg CFC-<sup>11</sup>-eq, dimana kontributor seluruhnya adalah gas metana;
- Total dampak yang didapatkan dari dampak *Acidification Potential* (AP) adalah sebesar 7.03E-02 kg SO<sub>2</sub>eq/kL, dimana kontributor dampak didominasi oleh sulfur oksida 99,47%;
- Identifikasi tahap daur hidup yang menyebabkan dampak paling penting berasal dari *use stage* dengan nilai dampak sebesar 1.69E+03 kg CO<sub>2</sub> eq per1 kL BBM. Sehingga peluang yang dapat ditingkatkan guna mencapai kinerja lingkungan dalam mengurangi dampak lingkungan diantaranya seperti program-program yang ditujukan untuk pendistribusian BBM;
- Berdasarkan *hotspot* yang didapatkan saran yang dapat dilakukan adalah dengan mengganti tipe kendaraan menjadi kendaraan dengan spesifikasi mesin yang lebih ramah lingkungan. Contoh: mengkonversi kendaraan euro 3 menjadi euro 4. Mengganti/mengkombinasikan bahan bakar transportasi bbm menjadi bahan bakar ramah lingkungan. Contoh: menggunakan bahan bakar B30. Serta mengurangi penggunaan genset dengan beralih ke sumber energi terbarukan *solar cell* untuk memproduksi listrik yang dikonsumsi oleh unit.

#### 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, mengarahkan, membimbing, dan selalu memberikan kalimat-kalimat positif sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan penelitian ini masih jauh dari sempurna dan banyak kekurangan, baik dalam metode penulisan maupun pembahasan materi. Hal ini dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis, 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
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 3: Mobile Combustion*.
- Kusmaningrum, Nanny dan Gunawan, G. 2008. *Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Perkotaan Pulau Jawa dan Bali*. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. Bandung.

- Nur, Yusratika., et al. (2009). *Inventori Emisi Gas Rumah Kaca(CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>) dari Sektor Transportasi di DKI Jakarta Berdasarkan Konsumsi Bahan Bakar*. Bandung : Program Studi Teknik Lingkungan ITB.
- 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*
- Solomon S, Q. D. 2007. *The physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assesment*. Cambridge UK: Cambridge University Press.
- 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              | ekifalen               |
| CO <sub>2</sub> | karbon dioksida        |
| SO <sub>x</sub> | sulfur oksida          |
| NO <sub>x</sub> | nitrogen oksida        |
| CH <sub>4</sub> | metana                 |