



P-ISSN : 2622-1276
E-ISSN: 2622-1284

The 6th Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)

Website Ciastech 2023 : <https://ciastech.net>

Open Confrence Systems : <https://ocs.ciastech.net>

Proceeding homepage : <https://publishing-widyagama.ac.id/ejournal-v2/index.php/ciastech/issue/view/236>

KAJIAN DAMPAK LINGKUNGAN PADA *CENTRAL PROCESSING PLATFORM* PT. X DENGAN *LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)*

Andrees Wahyu Dinata^{1*}, Arie Restu Wardhani²⁾, Silviana³⁾

^{1,2,3)} Program Studi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

INFORMASI ARTIKEL

Data Artikel :

Naskah masuk, 13 November 2023
Direvisi, 20 November 2023
Diterima, 24 November 2023

ABSTRAK

PT. X salah satu perusahaan yang bergerak di bidang migas untuk kegiatan eksploitasi dan pengolahan migas *offshore*. Pada PT. X, kegiatan pemisahan *fluida* ini terdapat di salah satu fasilitas *processing platform* PT. X yaitu *Central Processing Platform* dan berpotensi juga berkontribusi terhadap emisi yang terjadi serta berdampak terhadap lingkungan. Berdasarkan kondisi tersebut, perlu dilakukan evaluasi terkait dengan dampak lingkungan menggunakan *Life Cycle Assessment*. Analisis *Life Cycle Assessment* diharapkan dapat mengetahui dampak lingkungan yang ditimbulkan pada *Central Processing Platform* sehingga dapat direkomendasikan alternatif untuk mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan pada titik *hotspot* dan mendukung pelaksanaan produksi bersih oleh perusahaan. Data yang terkumpul yaitu *Mass Balance*, Jumlah bahan baku, Jumlah bakar/energi, Emisi yang dihasilkan, Jumlah produk yang dihasilkan, Konsentrasi *CO₂*, *CH₄*, *N₂O*, *SO_x*, *NO_x*, dan partikulat *matter*. Berdasarkan hasil LCIA, dapat diketahui bahwa *hotspot* dampak atau dampak terbesar yang dihasilkan dari proses produksi minyak dan gas bumi di CPP PT. X adalah dampak *global warming* yang mencapai 54,285 kg CO₂ eq dan/atau 52,063 kg CO₂ eq. Dampak ini timbul akibat besarnya emisi GRK yang dihasilkan tiap unit, terutama proses pembakaran bahan bakar. Alternatif yang direkomendasikan adalah penambahan *Carbon Capture, Utilization, and Storage* atau *CO₂-Enhanced Oil Recovery* yang diperkirakan dapat mereduksi dampak sebesar 30%.

Kata Kunci : *Central Processing Platform, Life Cycle Assessment, Dampak Lingkungan, Industri Migas*

1. PENDAHULUAN

PT. X merupakan Kontraktor Kontrak Kerja Sama (KKKS) Satuan Kerja Khusus (SKK) Migas menjadi salah satu perusahaan yang bergerak di bidang migas untuk kegiatan eksploitasi dan pengolahan migas *offshore* yang memiliki beberapa fasilitas produksi berupa 2 *Processing Platform* (PPP dan CPP). *Offshore platform* memiliki fungsi utama yaitu pemisahan *fluida* menjadi minyak, gas, serta air terproduksi [1]. Pada PT. X, kegiatan pemisahan *fluida* ini terdapat di salah satu fasilitas *processing platform* PT. X yaitu *Central Processing Platform* (CPP) dan berpotensi juga memberikan atau berkontribusi terhadap emisi yang terjadi serta memberikan dampak terhadap lingkungan.

Berdasarkan kondisi tersebut, perlu dilakukan suatu upaya untuk mengendalikan kegiatan yang berpotensi tinggi menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah melaksanakan produksi bersih. Menurut *United Nation Environmental Program* (UNEP), produksi bersih adalah strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif, terpadu, dan perlu diterapkan secara terus menerus pada proses produksi dan daur hidup produk sehingga mengurangi risiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan[2]. Untuk mendukung pengelolaan daur hidup, metode analisis yang dapat digunakan adalah metode analisis daur hidup atau *Life Cycle Assessment* (LCA).

Life Cycle Assessment (LCA) merupakan salah satu metode untuk menganalisis dan mengevaluasi dampak lingkungan dari sebuah produk di seluruh siklus hidupnya[3]. Dengan LCA, dapat diketahui besar dampak lingkungan yang dihasilkan dari tiap proses, proses penghasil dampak terbesar (*hotspot proses*), serta jenis dampak lingkungan terbesar yang dihasilkan (*hotspot dampak*) sehingga perusahaan mampu menanggulangi dampak dengan tepat sasaran. Analisa *Life Cycle Assessment* (LCA) dilaksanakan menggunakan *software* yang telah dibuat sesuai standar ISO yaitu *software* SimaPro [4], dimana SimaPro merupakan suatu alat yang profesional yang dapat membantu di dalam suatu proses untuk menganalisa aspek yang berkaitan dengan lingkungan dari suatu produk yang diproduksi [5]. Kajian dengan analisis *Life Cycle Assessment* (LCA) diharapkan dapat diketahui dampak lingkungan yang ditimbulkan pada *Central Processing Platform* (CPP) sehingga dapat direkomendasikan alternatif untuk mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan pada titik *hotspot* dan mendukung pelaksanaan produksi bersih oleh perusahaan.

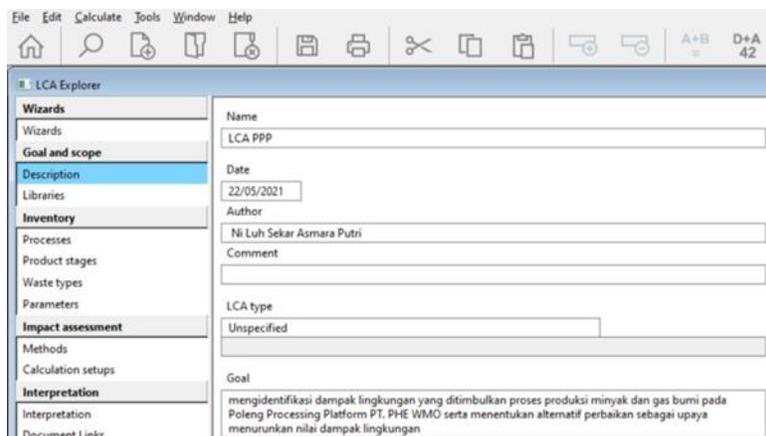
2. METODE PENELITIAN

Tahap ini diawali dengan studi lapangan yang dilakukan dengan mengamati kondisi di lapangan serta *interview* mengenai data terkait penelitian kepada narasumber. Setelah itu dapat diidentifikasi data lain yang diperlukan seperti laporan mengenai bahan baku dan penggunaan bahan bakar gas sebagai data *input* dan produk berupa *crude oil*, gas, dan air serta emisi ke udara sebagai data *output*. Kemudian dilakukan identifikasi masalah berupa apa saja yang dapat menimbulkan dampak lingkungan pada PT X. Tahap selanjutnya dilakukan studi literatur yang dilaksanakan untuk menunjang ide penelitian dan pemahaman terhadap penelitian yang dilakukan. Pengumpulan data yang dibutuhkan adalah data proses produksi minyak dan gas pada *Central Processing Platform* PT. X yang digunakan pada penelitian ini, yang merupakan data sekunder. Setelah itu, penelitian ini melakukan analisis bahan baku, bahan bakar dan bahan kimia yang digunakan, serta emisi yang dihasilkan. Analisis data dilakukan dalam rangka menganalisis beban emisi yaitu CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, SO_x, dan partikulat, mengidentifikasi dampak lingkungan serta merekomendasikan alternatif perbaikan dalam upaya menciptakan proses produksi bersih yang ramah lingkungan dan dapat

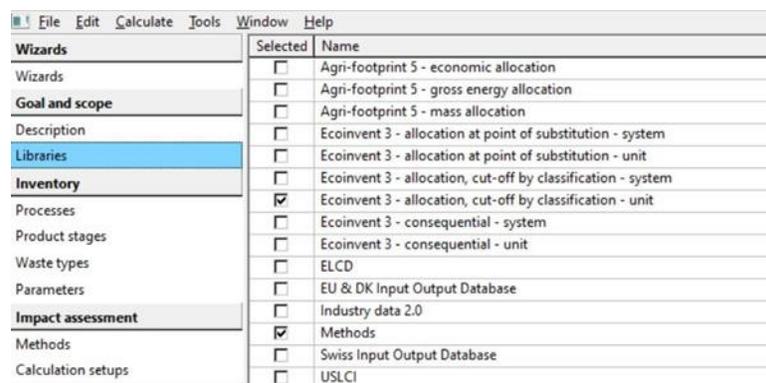
meminimalisir dampak lingkungan yang ditimbulkan pada fasilitas *Central Processing Platform* (CPP) di PT. X dengan menggunakan metode LCA serta menggunakan software Simapro ver 9.3.

Analisis dampak lingkungan dilakukan dengan metode LCA menggunakan *software* SimaPro versi 9.3 mencakup data bahan baku, bahan bakar dan masukan energi yang dibutuhkan serta produk dan emisi yang dihasilkan pada *Central Processing Platform* PT. X. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut. Penentuan tujuan dan ruang lingkup merupakan tahap awal LCA. Pada SimaPro, tujuan yang dimasukkan adalah mengidentifikasi dampak lingkungan yang ditimbulkan proses produksi minyak dan gas bumi pada *Central Processing Platform* PT. X serta menentukan alternatif perbaikan sebagai upaya menurunkan nilai dampak tersebut. Batasan ditentukan dengan memilih *database* yang tersedia yaitu *Ecoinvent*. Tahapan pada SimaPro antara lain:

- a. *Text field* meliputi *input* data pemilik, komentar, alasan, dan tujuan melakukan penelitian LCA.
- b. Pemilihan *libraries* meliputi pemilihan metode-metode apa yang paling sesuai dengan penelitian.



Gambar 1. Penentuan *Goal* pada SimaPro versi 9.3



Gambar 2. Penentuan *Scope* pada SimaPro versi 9.3

Analisis inventori meliputi perhitungan *mass balance* yang spesifik pada setiap unit proses berdasarkan data *input* (bahan baku, bahan bakar/masukan energi yang digunakan) dan data *output* (produk dan emisi yang dihasilkan) di dalam sistem. Berikut langkah analisis *mass balance*.

1. Mengidentifikasi unit-unit produksi yang menggunakan bahan bakar, durasi operasionalnya, dan laju alir bahan bakar serta sumber-sumber emisi tidak bergerak yang ada di *Central Processing Platform* (CPP) PT. X.

2. Merekapitulasi data penggunaan bahan bakar serta hasil pengukuran gas pencemar udara dan gas rumah kaca pada sumber emisi tidak bergerak di *Central Processing Platform (CPP)* PT. X.
3. Menghitung beban emisi CO₂, CH₄, N₂O, SO_x, NO_x, dan PM menggunakan metode perhitungan beban emisi berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pedoman Penghitungan Beban Emisi Kegiatan Industri Minyak dan Gas Bumi.
4. Mengkonversi masing-masing nilai satuan data pada setiap unit ke dalam satuan ton.
5. Mengurangi nilai *input* dengan nilai beban emisi yang telah didapatkan.

Products			
Outputs to technosphere: Products and co-products			
	Amount	Unit	
Platform PHE 23 & 30	952045,68	ton	
Add			
Outputs to technosphere: Avoided products			
Add			
Inputs			
Inputs from nature			
Add			
Inputs from technosphere: materials/fuels			
	Amount	Unit	
diesel fuel	3,50	ton	
Add			
Inputs from technosphere: electricity/heat			
	Amount	Unit	
Gas Engine Generator	24,30	kWh	
Add			
Outputs			
Emissions to air			
	Amount	Unit	
Carbon dioxide, fossil	14,13772	ton	
Methane, fossil	43,66495	ton	
Dinitrogen monoxide	0,00077	ton	
Sulfur oxides	0,10513	ton	
Nitrogen oxides	0,24530	ton	
Particulates, unspecified	0,02135	ton	

Gambar 1. Data Inventori *Process* pada SimaPro versi 9.3

Name	Status	Cor
LCA	None	
Materials/Assemblies		
	Amount	Unit
Separator	1570119,24	ton
Scrubber	120434,64	ton
Gas Compressor	100974,07	ton
Flare	4585,71	ton
Crude Oil Transfer Pump	150739,96	ton
Water Treatment	717648,87	ton
Add		
Processes		
	Amount	Unit
Gas Engine Generator	505,04	kWh
Add		

Gambar 2. Data Inventori *Product Stages* pada SimaPro versi 9.3

Dalam analisis penilaian dampak dilakukan perhitungan dampak lingkungan dari data *input* dan *output* yang dikompilasi dalam LCI sesuai metode penilaian dampak yang dipilih. Berikut langkah analisis penilaian dampak pada SimaPro versi 9.3.

1. Melakukan pemilihan metode penilaian dampak yang digunakan dan kategori dampak yang dikaji dalam penelitian yaitu metode ReCiPe 2016 dan CML IA- *Baseline* dengan pendekatan *midpoint*.
2. Melakukan tahap karakterisasi pada *software* SimaPro versi 9.3 dengan cara mengalikan masing-masing kategori dampak dengan faktor karakterisasi.
3. Melakukan tahap normalisasi pada *software* SimaPro versi 9.3 yaitu penilaian dengan membagi nilai hasil karakterisasi dengan faktor normalisasi.

Interpretasi mencakup perangkuman dan evaluasi hasil LCIA untuk pengambilan kesimpulan, keputusan, dan rekomendasi sesuai dengan definisi tujuan dan ruang lingkup. Tahap evaluasi dilakukan dengan pemeriksaan kelengkapan, sensitivitas, dan konsistensi. Pemeriksaan kelengkapan dan konsistensi dilakukan dengan mengacu pada tabel yang disediakan pada SNI ISO 14044:2017. Menurut ISO 14044, analisis sensitivitas menilai pengaruh hasil dan kesimpulan terhadap variasi berbagai asumsi dan data dengan kisaran tertentu yaitu $\pm 10\%$ - 25% . Dari hasil data tersebut, metode dengan perbedaan nilai *output* paling kecil dapat disimpulkan merupakan metode yang paling sensitif dan tepat untuk perusahaan minyak bumi.

Dari hasil LCA, dapat diketahui besar nilai dampak lingkungan sesuai kategori dampak yang dipilih dari setiap unit proses yang dianalisis. Diidentifikasi titik *hotspot* berupa kategori dampak dengan nilai tertinggi dan unit proses penyebab dampak tersebut. Titik *hotspot* inilah yang menjadi prioritas untuk penanganan dampak. Kemudian, dianalisis alternatif perbaikan yang dapat dilakukan untuk mereduksi dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan.

Pada tahap ini, akan dievaluasi dan dianalisis hasil dari dampak lingkungan dengan LCA

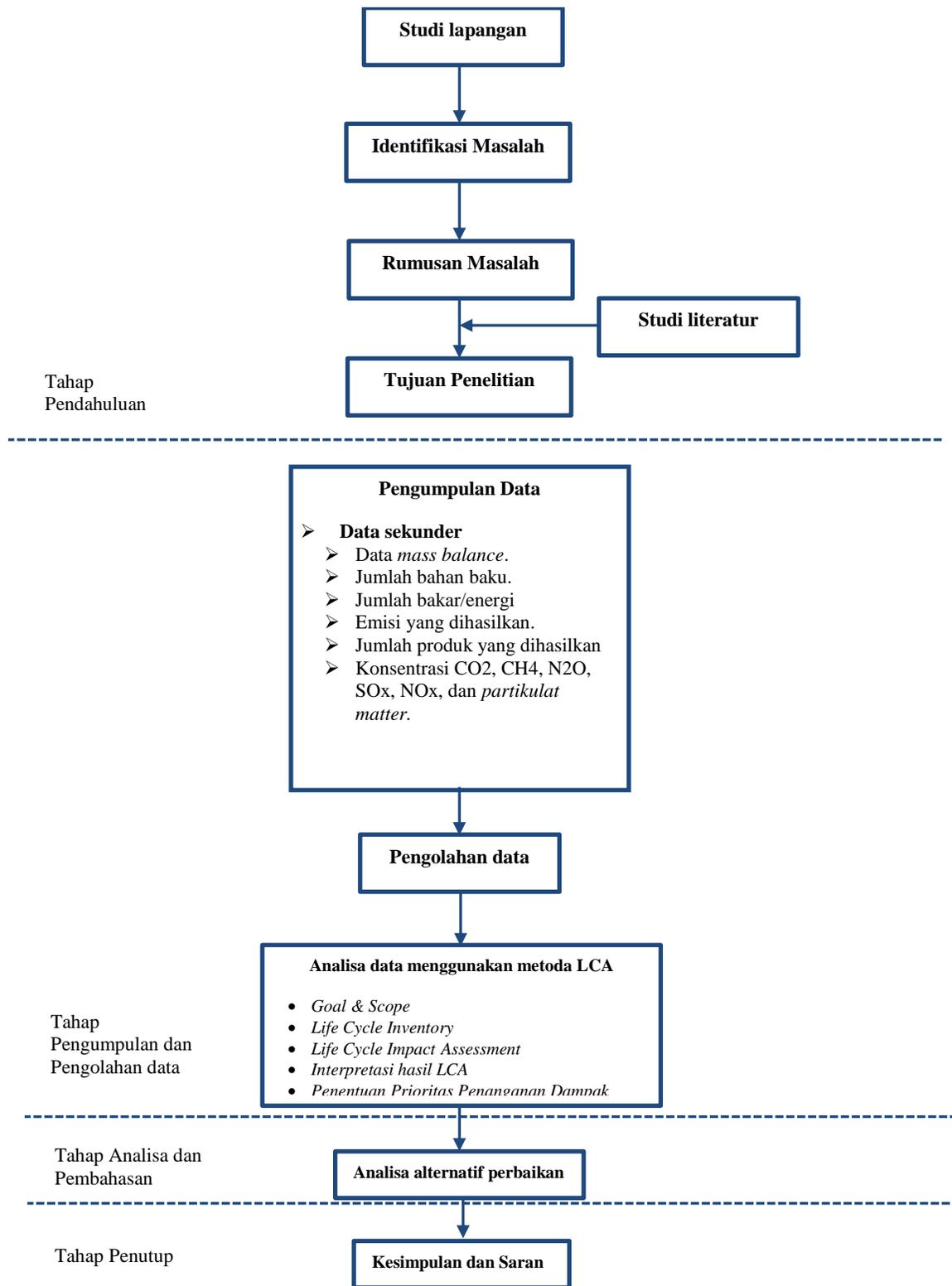
Dalam analisis alternatif perbaikan terhadap titik *hotspot*, dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut.

1. Melakukan studi literatur mengenai alternatif perbaikan yang dapat diterapkan untuk mereduksi dampak yang ditimbulkan.
2. Menentukan skenario alternatif perbaikan yang direkomendasikan sesuai dengan hasil interpretasi data LCA, studi literatur, dan diskusi dengan pihak perusahaan.
3. Melakukan *running* atau simulasi kembali menggunakan *software* SimaPro ver 9.3 dengan skenario alternatif perbaikan yang telah ditentukan.
4. Membuat grafik persentase penurunan dampak terhadap lingkungan terkait sebelum dan sesudah dilakukannya skenario alternatif perbaikan.

Hasil dari analisis ini adalah alternatif perbaikan yang dapat diterapkan pada industri yang menjadi objek penelitian sesuai dengan masukan dari pihak perusahaan berdasarkan hasil analisis data. Hasil analisis berupa data *mass balance* dari tiap unit pada proses produksi migas di *Central Processing Platform* PT. X. Data ini digunakan dalam tahapan analisis LCA selanjutnya. Sementara itu, inventarisasi data pada SimaPro meliputi:

1. *Process* untuk memasukkan data hasil rekapitulasi *output* berupa produk yang dihasilkan; *input* bahan baku, bahan bakar, dan masukan energi yang digunakan; serta beban emisi yang dihasilkan pada setiap proses kegiatan perusahaan terkait.
2. *Product stages* untuk memasukkan data berdasarkan tiap produk yang dihasilkan secara berurutan sesuai alir proses.

Diagram Alir Penelitian ini disusun berdasarkan tujuan penelitian, sehingga dapat dikembangkan menjadi ide penelitian, studi literatur, pengumpulan data sekunder, serta analisis beban emisi dan analisis dampak lingkungan menggunakan metode LCA dengan menggunakan *software* SimaPro versi 9.3, evaluasi data, penentuan prioritas penanganan dan alternatif perbaikan. Kerangka penelitian selengkapny dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Interpretasi data meliputi penjabaran hasil analisis data untuk menjawab permasalahan yang sedang diteliti. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui titik *hotspot* atau titik dengan dampak terbesar dari proses produksi minyak dan gas di CPP PT. X. Berikut perangkuman hasil LCIA meliputi hasil kategori dampak dan total nilai dampak dari yang terbesar hingga terkecil menurut tahap karakterisasi dan normalisasi.

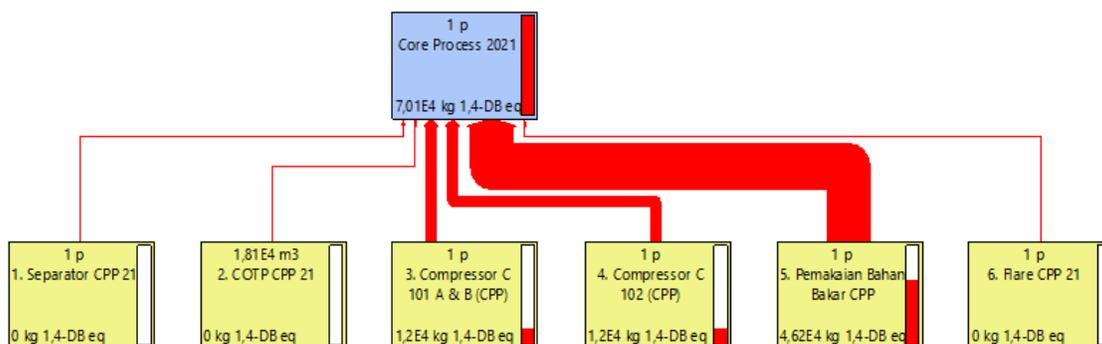
Tabel 1. Hasil Analisis LCIA Berdasarkan Kategori Dampak

No	Impact category	Characterization		Normalization
		amount	unit	
ReCiPe 2016				
1	Global warming	54,285	kg CO2 eq	6,80 x 10 ⁻³
2	Terrestrial acidification	0,034	kg SO2 eq	0,82 x 10 ⁻³
3	Stratospheric ozone depletion	0,00003	kg CFC11 eq	0,57 x 10 ⁻³
CML IA-Baseline				
1	Global warming (GWP100a)	52,063	kg CO2 eq	1,04 x 10 ⁻¹¹
2	Acidification	0,046	kg SO2 eq	1,64 x 10 ⁻¹²
3	Eutrophication	0,013	kg PO4--- eq	9,77 x 10 ⁻¹³
4	Photochemical oxidation	0,002	kg C2H4 eq	1,87 x 10 ⁻¹³
5	Human toxicity	0,111	kg 1,4-DB eq	1,43 x 10 ⁻¹⁴

Tabel 2. Hasil Analisis LCIA Berdasarkan Unit Proses

ReCiPe 2016			CML IA-Baseline	
No	Unit	Total Nilai Dampak	Unit	Total Nilai Dampak
1	Gas Compressor	5,73 x 10 ⁻³	Gas Compressor	9,48 x 10 ⁻¹²
2	Flare	1,78 x 10 ⁻³	Flare	2,76 x 10 ⁻¹²
3	Separator	4,16 x 10 ⁻⁴	Separator	5,80 x 10 ⁻¹³
4	Water Treatment	1,90 x 10 ⁻⁴	Water Treatment	2,65 x 10 ⁻¹³
5	Crude Oil Transfer Pump	3,99 x 10 ⁻⁵	Crude Oil Transfer Pump	5,57 x 10 ⁻¹⁴
6	Scrubber	3,19 x 10 ⁻⁵	Scrubber	4,45 x 10 ⁻¹⁴
7	Gas Engine Generator	5,25 x 10 ⁻⁷	Gas Engine Generator	8,70 x 10 ⁻¹⁶

Berdasarkan hasil LCIA, dapat diketahui bahwa *hotspot* dampak atau dampak terbesar yang dihasilkan dari proses produksi minyak dan gas bumi di CPP PT. X adalah dampak global warming yang mencapai 54,285 kg CO2 eq (karakterisasi metode ReCiPe 2016) dan/atau 52,063 kg CO2 eq (karakterisasi metode CML IA-Baseline). Dampak ini timbul akibat besarnya emisi GRK yang dihasilkan tiap unit, terutama karena proses pembakaran bahan bakar atau energi listrik.



Gambar 6. Hotspot Analysis

Hotspot analysis atau *network result* pada pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan *output* dari tahap *life cycle impact assessment* (LCIA). *Network* berfungsi sebagai interpretasi bahwa proses produksi di CPP (*Central Processing Platform*) PT X. Hal tersebut dapat dilihat dari adanya garis merah pada setiap produksi menandakan bahwa seluruh proses penambangan berdampak pada lingkungan. Semakin tebal garis merah maka semakin besar pula dampak yang ditimbulkan dari suatu proses. Dari hasil di atas dapat kita lihat pemakaian bahan bakar CPP menjadi yang paling besar menyumbang dampak tertinggi pada lingkungan, selain *Hotspot analysis* atau *network result* data *input* tersebut juga bisa di rubah menjadi *single score diagram*.

Dampak terbesar setelah *global warming* adalah *acidification* sebesar 0,034 kg SO₂ eq (karakterisasi metode ReCiPe 2016) dan/atau 0,046 kg SO₂ eq. Penyebab utama dampak ini disebabkan adalah emisi konvensional SO_x yang timbul akibat pembakaran bahan bakar maupun pembakaran gas seperti pada unit *flare*.

Sementara itu, *hotspot* proses atau proses penghasil dampak terbesar adalah unit *gas compressor* dengan total nilai dampak hasil normalisasi sebesar $5,73 \times 10^{-3}$ (metode ReCiPe 2016) dan/atau $9,48 \times 10^{-12}$ (metode CML IA-Baseline). Hal ini tidak lepas dari besarnya penggunaan bahan bakar berupa *gas fuel* oleh *gas compressor* yakni sebesar 19460,56 ton atau $1,25 \times 10^{-2}$ per ton produk; sehingga menghasilkan emisi GRK maupun emisi konvensional yang besar pula.

Penghasil dampak terbesar setelah *gas compressor* adalah *unit flare* dengan total nilai dampak hasil normalisasi sebesar $1,78 \times 10^{-3}$ (metode ReCiPe 2016) dan/atau $2,76 \times 10^{-12}$ (metode CML IA-Baseline); dimana jumlah gas yang dibakar oleh *flare* mencapai 4585,71 ton atau $2,96 \times 10^{-3}$ per ton produk dan menyebabkan besarnya timbulan emisi GRK maupun emisi konvensional.

4. KESIMPULAN

Dampak lingkungan per ton produk yang dihasilkan dari proses produksi migas di *Central Processing Platform* (CPP) PT. X yang terbesar adalah *global warming* sebesar 54,285 kg CO₂ eq (metode ReCiPe 2016) dan/atau 52,063 kg CO₂ eq (metode CML IA-Baseline). Sehingga prioritas penanganan dampak mengacu pada titik *hotspot* proses produksi migas di *Central Processing Platform* (CPP) PT. X yakni dampak terbesar (*hotspot* dampak) yaitu *global warming* serta proses penghasil dampak total terbesar (*hotspot proses*) yaitu *gas compressor* dan *flare*. Alternatif yang direkomendasikan untuk permasalahan ini adalah dengan penambahan *Carbon Capture, Utilization, and Storage* (CCUS) atau *CO₂-Enhanced Oil Recovery* (CO₂-EOR) yang diperkirakan dapat mereduksi dampak sebesar 30% meskipun dengan biaya investasi yang tinggi.

6. REFERENSI

- [1] Y. A. Carranza Sánchez and S. de Oliveira, "Exergy analysis of offshore primary petroleum processing plant with CO₂ capture," *Energy*, vol. 88, pp. 46–56, 2015, doi: 10.1016/j.energy.2015.05.130.
- [2] F. Sumadi and D. Hermanuadi, "Penerapan Teknologi Produksi Bersih (Cleaner Production) Untuk Peningkatan Produktivitas Dan Kualitas Kacang Oven Pada Agroindustri 'UD. Rajawali' Kabupaten Jember," *J-Dinamika J. Pengabd. Masy.*, vol. 2, no. 1, pp. 52–58, 2017, doi: 10.25047/j-dinamika.v2i1.454.
- [3] S. Sulistyawati, A. P. Iswara, and R. Boedisantoso, "Impacts Assessment of Crude Oil Exploration Using Life Cycle Assessment (LCA)," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 506, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/506/1/012025.
- [4] U. Diogo Aparecido Lopes Silva, A. Oliveira Nunes, V. Aparecida da Silva Moris, C. Moro Piekarski,

and T. Oliveira Rodrigues, "How important is the LCA software tool you choose? Comparative results from GaBi, openLCA," *Cilca*, no. June, 2017, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Thiago-Rodrigues-20/publication/318217178_How_important_is_the_LCA_software_tool_you_choose_Comparative_results_from_GaBi_openLCA_SimaPro_and_Umberto/links/5f5e51c0299bf104cf75bc02/How-important-is-the-LCA-software-too

- [5] N. H. Syahwati, S. Budhi, and M. Helmi, "Perhitungan Teknis Dan Ekonomi Pembangunan Kapal Ikan 3GT Konstruksi FRP Metode Hand Lay Up," *Semin. Nas. Ind. dan Teknol. (SNIT), Politek. Negeri Bengkalis*, p. 652, 2021.