

Analisis Dampak Lingkungan melalui *Life Cycle Assesment (LCA)* di Industri Keramik Mojokerto

Rahmadini Luchmanandri dan Novirina Hendrasarie*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email Korespondensi (Penulis): novirina@upnjatim.ac.id

Kata Kunci:

analisis dampak lingkungan, asidifikasi, produksi keramik, pemanasan global, penilaian daur hidup, toksisitas

ABSTRAK

Keramik merupakan produk berbahan dasar tanah liat atau *clay* yang melalui beberapa tahapan produksi. Produksi keramik selain memiliki dampak positif utamanya dalam bidang ekonomi juga memiliki dampak negatif bagi lingkungan. *Life Cycle Assesment (LCA)* adalah metode pengukuran dampak terhadap lingkungan pada sebuah proses produksi. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah mengetahui dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses pembuatan keramik di Pabrik Keramik Mojokerto. Penelitian yang dilakukan menganalisis proses produksi keramik sehingga ruang lingkup LCA yang digunakan adalah *gate to gate* dengan jangka waktu produksi 1 Hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dampak *global warming* tertinggi disebabkan oleh distribusi gas (762700 kg CO₂ eq) dan pada proses *glaze preparation* sebesar (477,6 kg CO₂ eq). Pada kategori dampak *acidification*, dampak tertinggi disebabkan oleh distribusi gas sebesar (3892 kg SO₂ eq) dan pada proses *firing* sebesar (3,362 kg SO₂ eq). Kategori dampak *human toxicity*, dampak tertinggi disebabkan oleh distribusi gas sebesar (72620 kg 1,4 DB eq) dan proses *firing* sebesar (1357 kg 1,4 DB eq). Upaya perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan cara mengurangi penggunaan gas dengan memanfaatkan energi alternatif atau teknologi insenerasi.

Keyword:

Adicification, Ceramic production, life cycle assesment, global warming, human toxicity

ABSTRACT

Ceramics are products made from clay or clay through several stages of production. Ceramic production apart from having a positive impact primarily in the economic field also has a negative impact on the environment. Life Cycle Assesment (LCA) is a method of measuring the impact on the environment in a production process. The purpose of this research is to determine the environmental impact resulting from the process of making ceramics at the Mojokerto Ceramics Factory. The research carried out analyzed the ceramic production process so that the scope of LCA used was gate to gate with a production period of 1 day. The research results show that impact global warming the highest was caused by gas distribution (762700 kg CO₂ eq) and on process glaze preparation amounting to (477.6 kg CO₂ eq). In the impact category acidification, the highest impact was caused by gas distribution of (3892 kg SO₂ eq) and on process firing of (3.362 kg SO₂ eq). Impact category human toxicity, the highest impact was caused by gas distribution (72620 kg 1.4 DB eq) and process firing of (1357 kg 1.4 DB eq). Improvements that can be made are by reducing the use of gas by utilizing alternative energy or incineration technology.

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur di Indonesia berkembang pesat, dari data Kementerian Perindustrian Republik Indonesia tercatat bahwa Indeks Kepercayaan Industri pada Januari 2023 naik sebesar 51,54 jika dibandingkan pada Desember 2022 sebesar 50,9. Hal ini juga sejalan dengan kenaikan *Purchasing Manger's Index (PMI)* yang naik sebesar 0,4 pada Januari 2023. Artinya aktivitas produksi semakin meningkat dan terus bertumbuh untuk memenuhi kebutuhan pasar domestik dan

ekspor (Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 2023b).

Salah satu industri manufaktur yang terus berkembang di Indonesia adalah industri keramik. Industri pembuatan keramik adalah salah satu sektor industri yang penting untuk pembangunan di Indonesia. Industri keramik di Indonesia memiliki masa depan yang bagus seiring dengan dilakukannya proyek infrastruktur oleh pemerintah. Produksi keramik yang saat ini 551 juta m² akan ditingkatkan menjadi 625 m² dan akan ditingkatkan menjadi 810 juta m². Apabila angka tersebut dapat etpenuhi maka Indonesia akan menjadi produsen

keramik terbesar keempat di dunia dan Asia (Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 2023a).

Sejalan dengan hal tersebut tidak dapat dipungkiri bahwa produksi keramik akan berdampak pada kondisi lingkungan. Dari segi energi yang dikonsumsi 30% dari total biaya produksi dialokasikan untuk kebutuhan energi. Emisi yang dihasilkan dari proses produksi keramik melebihi 400 Mt CO₂/tahun dari kalsinasi karbonat dan penggunaan akhir energi. Dari jumlah emisi tersebut 66% dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar (Furszyfer Del Rio *et al.*, 2022). Dengan demikian, teknologi yang dibutuhkan dalam proses harus efisien sehingga bisa mengurangi polusi yang dihasilkan oleh kegiatan produksi keramik (Hendrasarie *et al.*, 2022).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Dhaka dan Bangladesh dampak yang dapat terjadi seperti pencemaran udara dan lingkungan menyebabkan kematian *premature*, asma, dan *musculoskeletal* (Furszyfer Del Rio *et al.*, 2022). Oleh karena itu, terdapat baku mutu kapasitas beban pencemar yang ditentukan untuk mengetahui beban pencemar maksimum harian, artinya kemampuan lingkungan untuk memperoleh beban pencemar tanpa menimbulkan pencemaran pada lingkungan tersebut (Hendrasarie & Swandika, 2020).

Selain itu, dilihat secara keseluruhan aktivitas di industri keramik, juga menghasilkan limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan biasanya mengandung bahan organik yang berasal dari dapur kantin yang mengandung COD, BOD₅, TSS, minyak lemak yang menggunakan pengolahan yang dinilai efektif berupa *grease trap* (Hendrasarie *et al.*, 2021). Terdapat juga limbah cair toilet yang mengandung mikroorganisme dari *black water* dan *nutrient* (Sekarani & Hendrasarie, 2020). Namun, limbah cair ini tidak menjadi wewenang perusahaan terkait pengolahannya, akan tetapi terpusat pada pusat pengolahan limbah kawasan industri.

Industri keramik merupakan industri yang mengolah bahan mentah berupa tanah liat menjadi produk keramik yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Dalam proses produksi keramik terdapat beberapa proses yang dilakukan dengan didukung teknologi. Proses produksi terdiri dari beberapa tahapan yaitu *body preparation*, *press*, *horizontal dryer*, *glaze preparation*, *glaze application*, pembakaran (*kiln*), *Sorting and Packing*. Dari setiap proses tersebut pada praktiknya menghasilkan hasil samping atau limbah. Hasil samping dari produksi keramik dapat berupa debu, afal atau bongkahan keramik, dan hasil samping berupa emisi.

Life Cycle Assesment adalah metode pengukuran dampak terhadap lingkungan pada sebuah proses produksi. Berdasarkan ISO 14040:2016 dan SNI 14044:2017 *Life Cycle Assesment* atau Penilaian Daur Hidup adalah evaluasi dan penilaian dampak lingkungan yang memiliki potensi dari suatu proses produksi. LCA juga disebut sebagai alat ukur kuantitatif untuk melakukan pembangunan berkelanjutan (KLHK, 2021).

Pada industri keramik ini penerapan LCA dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan yang berbasis data dan fakta. Hal ini, berhubungan dengan pengembangan proses produksi ke arah yang lebih baik dan melakukan inovasi terhadap proses. Dengan demikian, selain LCA memiliki fokus pada dampak lingkungan dari sebuah proses, LCA juga dapat digunakan sebagai upaya dalam melakukan efektivitas proses produksi pada kegiatan pembuatan keramik ini (Sudibya *et al.*, 2020).

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah mengetahui dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses pembuatan keramik di Pabrik Keramik Mojokerto. Hasil dari penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran bagi pihak industri mengenai penerapan *Life Cycle Assesment* dalam proses produksinya. Dengan cara mengetahui titik penyebab dampak lingkungan terbesar pada proses produksi maka bisa diketahui jenis perbaikan yang bisa dan tepat untuk dilakukan (Firdausy *et al.*, 2022).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada 04 Juli 2023 hingga 20 Juli 2023 atau selama 16 hari di pabrik keramik Mojokerto. Data yang digunakan yaitu data primer dari hasil wawancara lapangan dan data sekunder dari dokumen rekap perusahaan dan uji emisi laboratorium lingkungan dalam bentuk data kuantitatif.

2.2 Prosedur Kerja

Aplikasi yang digunakan untuk proses pengolahan data ini yaitu OpenLCA versi 1.11.0. Pengolahan data numerik yang berkaitan dengan data *input* dan *output* memiliki tujuan untuk mendapatkan informasi dan analisis siklus hidup produksi (Trilita *et al.*, 2018). Terdapat beberapa tahapan kerja dalam melakukan penelitian *life cycle assesment*, antara lain:

1. Menentukan *Goal and Scope*

Penentuan *Goal and Scope* ini berguna untuk menentukan tujuan dan ruang lingkup agar dapat diketahui dengan jelas sehingga data bisa dikumpulkan. Pada penelitian LCA ini akan dianalisis dampak lingkungan yang dihasilkan dari produksi keramik. Pembatasan dilakukan menggunakan metode *gate to gate* artinya meliputi proses tahap produksi saja, dalam 1 hari produksi.

2. *Life Cycle Inventory*

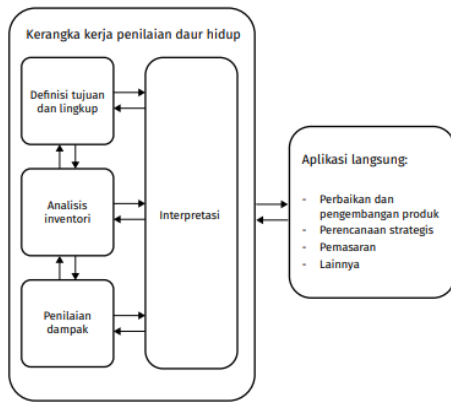
Pada tahap *inventory* dilakukan untuk menentukan siklus hidup dari produksi keramik. Pengumpulan keseluruhan data *input* dan *output* yang sesuai dengan ruang lingkup yang telah ditentukan. Data yang digunakan berasal dari wawancara, dokumen rekap perusahaan, dan hasil laboratorium uji emisi. Setelah mendapatkan data tersebut maka digambarkan dalam neraca massa dan diagram alir.

3. *Life Cycle Impact Assesment*

Pengelompokan dan penilaian tentang dampak lingkungan yang dihasilkan berdasarkan data pada *Life Cycle Inventory*. Dampak lingkungan yang akan dikaji adalah pemanasan global, asidifikasi, dan pencemaran udara. Database yang digunakan dalam penelitian ini yaitu CML-IA baseline.

4. *Interpretation*

Tahapan interpretasi dilakukan berdasarkan hasil dari tahap inventori. Nilai dampak lingkungan yang didapatkan dari proses produksi keramik akan dianalisis proses yang menghasilkan dampak paling tinggi dan akan diberikan saran perbaikan.

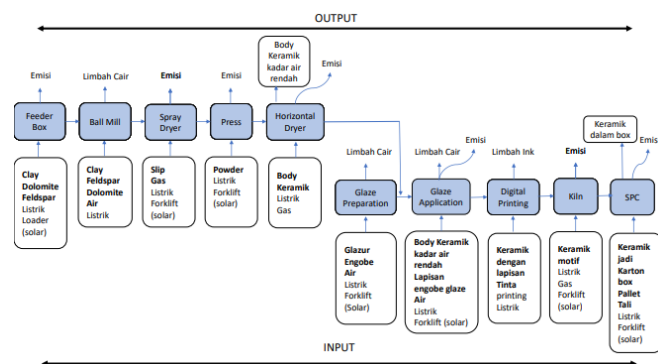


Gambar 1. Prosedur Kerja Life Cycle Assesment

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Industri Keramik

Industri keramik merupakan industri manufaktur yang mengubah bahan mental berupa tanah liat, dolomit, dan feldspar menjadi barang jadi berupa keramik ubin. Proses produksi keramik di Industri keramik Mojokerto ini membutuhkan 36.000 ton feldspar, 28.000 ton tanah liat atau clay, dan 3.000 ton dolomit setiap bulannya.



Gambar 2. Diagram Alir Proses Produksi

Proses produksi keramik dimulai dari tahapan penimbangan material meliputi tanah liat, dolomit, dan feldspar. Setelah ditimbang sesuai dengan komposisi yang dibutuhkan, bahan tersebut akan menuju ke *ball mill* untuk proses *milling* dengan air. Setelah menghasilkan *slip* dengan densitas yang ditentukan, maka *slip* akan dikeringkan menggunakan *spray dryer* menjadi *powder* dalam proses pengeringan ini membutuhkan bahan bakar berupa gas dan cangkang sawit. Powder maka akan melalui proses *pressing* dengan tekanan tinggi sehingga menghasilkan *body* keramik.

Memasuki tahapan *glaze preparation* dengan bahan baku engobe dan glazur yang di *milling* untuk menghasilkan lapisan *glaze* sebagai lapisan keramik. *Body* keramik dan lapisan *glaze* akan masuk ke dalam proses *glaze application* sehingga menghasilkan keramik dengan lapisan. Kemudian untuk memberikan corak pada keramik dilakukan pemberian motif melalui proses *digital printing*. Setelah pemberian motif keramik akan memasuki *kiln* untuk proses firing atau pembakaran dengan suhu tinggi. Kemudian, keramik akan

keluar melalui *belt conveyor* menuju meja sortir dan dikemas sesuai dengan kriteria.

3.2 Inventory Analysis

Tahap inventori dilakukan berdasarkan data *input* dan *output* material pada proses produksi keramik. Data *input* didapatkan berdasarkan data rekap perusahaan dan hasil wawancara yang terdiri dari bahan baku *body* dan bahan baku lapisan *glaze*, listrik, air, gas, cangkang sawit, dan bahan bakar transportasi yang digunakan.

Data *output* berupa produk keramik dan emisi yang dihasilkan akibat proses produksi. Data emisi didapatkan dari hasil uji emisi di laboratorium lingkungan yang dilakukan setiap 6 bulan sekali.

Bahan baku pembuatan keramik terbagi mejadi 2 bagian yaitu bahan baku untuk *body* keramik dan bahan baku untuk lapisan *glaze*. Bahan baku untuk *body* keramik bersala dari tanah liat, dolomit, dan feldspar. Sedangkan bahan baku untuk lapisan *glaze* yaitu glazur dan engobe atau tanah liat berwarna yang berfungsi memberikan warna pada lapisan keramik.

Tabel 1. Data Inventori Produksi Keramik dalam 1 Hari

01 Feeder Box		
Input		
Clay	903,2	ton/hari
Feldspar	96,7	ton/hari
Dolomit	1032,2	ton/hari
Solar	305,1786	L/hari
Output		
Hasil Timbang	2032,1	ton/hari
Carbon Dioxide	0,3421	ton CO2
02 Ball Mill		
Input		
Hasil Timbang	2032,1	ton/hari
Air	1188,36	m3/hari
Output		
Slip	2033,288 (densitas 1650-1710 kg/m3)	ton/hari
Cooling water	0,0405	m3/hari
03 Spray Dryer		
Input		
Slip	2033,288	ton/hari
Solar	22,6	L/hari
Cangkang Sawit	40	Ton/hari
Output		
Powder	1967,496	ton/hari
Losses Powder	49,1874	ton/hari
Water vapour	16,6046	ton/hari

<i>Carbon Dioxide</i>	0,05969	ton CO2
<i>Particulate</i>	62680	mg/hari
<i>Black Carbon</i>	6268	mg/hari
04 Press		
<i>Input</i>		
Powder	1967,496	ton/hari
Solar	22,6	L/hari
<i>Output</i>		
Body Keramik	76914	m2/hari
Afal	8006,6	m2/hari
<i>Carbon Dioxide</i>	0,05969	ton CO2
<i>Losses Powder</i>	0,5	ton/hari
05 Horizontal Dryer		
<i>Input</i>		
Body Keramik	76914	m2/hari
Gas	12822	m3/hari
<i>Output</i>		
Dry Keramik	75718	m2/hari
Afal	262	ton/hari
06 Glaze Preparation		
<i>Input</i>		
Engobe	71,6	ton/hari
Glazur	71,6	ton/hari
Air	32,8	m3/hari
Solar	45,2	L/hari
<i>Output</i>		
Lapisan Glaze	143,2	ton/hari
<i>Waterglass</i>	11,106	m3/hari
<i>Carbon Dioxide</i>	0,11939	Ton CO2
07 Glaze Application		
<i>Input</i>		
Lapisan Glaze	143,2	ton/hari
Dry Keramik	75718	m2/hari
Solar	22,6	L/hari
<i>Output</i>		
Body Layering	75458	m2/hari
Afal	6,066	ton/hari
<i>Carbon Dioxide</i>	0,05969	ton CO2
<i>Waterglass</i>	28,2	m3/hari
08 Digital Printing		
<i>Input</i>		
Body Layering	75458	m2/hari
Printing Ink	0,3	ton/hari
<i>Output</i>		
Body Motif	75458	m2/hari

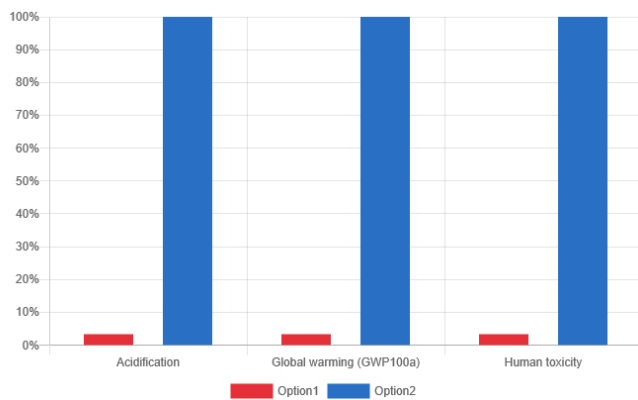
Printing Ink	0,05	ton/hari
09 Kiln (Firing)		
<i>Input</i>		
Body Motif	75458	m2/hari
Gas	58820,24	m3/hari
Solar	22,6	L/hari
<i>Output</i>		
Keramik	75083	m2/hari
Afal	375	ton/hari
<i>Carbon Dioxide</i>	0,05969	ton CO2
<i>Hydrogen Flouride</i>	473502,932	mg/hari
<i>Nitrogen Dioxide</i>	6617277	mg/hari
<i>Particulate</i>	52938,216	mg/hari
<i>Black Carbon</i>	11764,048	mg/hari
<i>Sulfur Dioxide</i>	44115,18	mg/hari
10 Sorting and Packing		
<i>Input</i>		
Keramik	75083	m2/hari
Solar	45,2	L/hari
<i>Output</i>		
Sortired Keramik	74067	m2/hari
Rejected Keramik	1016	m2/hari
<i>Carbon Dioxide</i>	0,11939	ton CO2

3.3 Life Cycle Impact Assesement

Data inventori proses produksi keramik ini diolah menggunakan aplikasi *OpenLCA*. Prakiraan dampak lingkungan yang disebabkan oleh proses produksi keramik dihitung menggunakan *database CML-IA baseline*. Terdapat beberapa hasil yang muncul dari pengolahan data tersebut. Akan tetapi, pada penelitian dan analisis ini hanya potensi *Global Warming, Acidification, dan Human Toxicity*. Analisis yang dilakukan meliputi keseluruhan proses produksi secara kumulatif dalam 1 hari yang dibandingkan dengan produksi dalam kurun waktu 1 bulan.

Tabel 2. Life Cycle Impact Assesement Result

Indicator	1 Hari	1 Bulan	Unit
<i>Global Warming (GWP 100a)</i>	1.00654e+6	2.81832e+7	Kg CO ₂ eq
<i>Acidification</i>	4.58103e+3	1.28269e+5	Kg SO ₂ eq
<i>Human Toxicity</i>	7.80062e+4	2.18417e+6	kg 1,4-DB eq



Gambar 3. Diagram Perbandingan Produksi 1 Hari dan 1 Bulan

Analisis *impact* atau dampak memiliki tujuan untuk mengevaluasi dampak yang ditimbulkan sehingga berguna sebagai dasar pertimbangan perbaikan proses produksi dan lingkungan industri. Tabel 2 menyajikan kategori dampak yang dihasilkan dari produksi keramik dalam kurun waktu 1 hari dan 1 bulan. Pada gambar diagram di atas dapat terlihat dampak yang dihasilkan dalam 1 bulan produksi sama dengan 33,3 kali dampak yang dihasilkan pada 1 hari produksi. Satuan dari dampak *global warming* adalah Kg CO₂ eq dengan efek yang ditimbulkan yaitu perubahan iklim secara global. Kg SO₂ eq satuan unit dari dampak *acidification* dengan efek pengasaman tanah dan air. Kg 1,4-DB eq atau kg 1,4 dichlorobenzene eq dengan efek gangguan kesehatan pada manusia akibat zat beracun (Astuti, 2019).

Penyebab pemanasan global adalah jenis gas yang menghasilkan peningkatan temperatur di bumi. Terdapat beberapa gas yang menjadi pemicu pemanasan global seperti, Karbon dioksida (CO₂), Metana (CH₄), Nitrogen Oksida (NO_x), dan *chlorofluorocarbon* (CFC). Berdasarkan *ouOpur* pada data inventori emisi terbanyak yaitu gas Karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan oleh penggunaan solar sebagai bahan bakar *forklift* dan gas untuk proses pemanasan dan pembakaran. Selain itu, terdapat Nitrogen Dioksida yang juga memiliki kontribusi terhadap terjadinya pemanasan global yang dihasilkan oleh penggunaan gas pada proses pembakaran atau *firing*.



Gambar 4. Diagram Kategori Dampak *Global Warming*

Pada gambar diagram kategori dampak *global warming* dapat dilihat bahwa dampak global warming tertinggi dihasilkan dari pendistribusian gas menuju pabrik, penggunaan gas, dan penggunaan listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dampak *global warming* tertinggi disebabkan oleh distribusi gas (76270 kg CO₂ eq) dan pada proses *glaze preparation* sebesar (477,6 kg CO₂ eq). Faktor

utama penyebabnya yaitu emisi CO₂ yang dihasilkan pada area ini.

Asidifikasi adalah salah satu dampak yang ditimbulkan oleh proses produksi keramik selain pemanasan global. Asidifikasi dapat terjadi ketika polutan berupa Sulfur Dioksida (SO₂) dan Nitrogen Dioksida (NO₂) bereaksi dengan uap air di atmosfer serta teroksidasi sehingga menghasilkan asam yang akhirnya akan jatuh ke tanah melalui hujan (Yani, 2021). SO₂ dihasilkan oleh penggunaan bahan bakar seperti solar dan gas untuk kebutuhan transportasi dan pembakaran. Semakin besar jumlah bahan bakar yang digunakan maka akan semakin besar pula SO₂ yang dihasilkan. NO₂ juga penyebab terjadinya asidifikasi emisi ini kebanyakan dihasilkan dari proses pembakaran.



Gambar 5. Diagram Kategori Dampak *Acidification*

Pada gambar diagram kategori dampak *acidification* dapat dilihat bahwa dampak asidifikasi tertinggi dihasilkan dari pendistribusian gas menuju pabrik, penggunaan gas, dan penggunaan listrik. Faktor utama penyebab dari pengasaman atau asidifikasi ini dari emisi NO_x dan SO₂. Pada kategori dampak *acidification*, dampak tertinggi disebabkan oleh distribusi gas sebesar (3892 kg SO₂ eq) dan pada proses *firing* sebesar (3,362 kg SO₂ eq). Emisi SO₂ dan NO_x berasal dari penggunaan gas dan reaksi dari proses pembakaran.

Human toxicity atau toksisitas pada manusia disebabkan oleh zat beracun berupa gangguan pernapasan atau penyakit yang ditimbulkan oleh zat karsinogenik. Dampak ini terkait dengan emisi yang berdampak pada kesehatan manusia (Fitriani, 2019).



Gambar 6. Diagram Kategori Dampak *Human Toxicity*

Toksikitas pada manusia pada proses produksi keramik ini bisa dikatakan terdapat pada keseluruhan proses utamanya kegiatan yang berhubungan dengan pembuatan *powder* yang menghasilkan emisi gas dan partikulat serta pada proses pembakaran dimana membutuhkan suhu tinggi dan emisi yang dihasilkan juga lebih tinggi dibandingkan dengan proses lainnya. Pada gambar diagram di atas, kategori dampak *human toxicity*, dampak tertinggi disebabkan oleh distribusi gas sebesar (72620 kg 1,4 DB eq) dan proses *firing* sebesar (1357 kg 1,4 DB eq). Toksikitas pada manusia selalu berbanding lurus dengan penggunaan energi, artinya semakin banyak energi yang digunakan untuk suatu proses produksi, maka semakin tinggi pula toksisitas yang ditimbulkan pada manusia akibat proses produksi tersebut.

3.4 Interpretasi

Interpretasi adalah Langkah akhir yang dilakukan dalam tahapan analisis *Life Cycle Assessment*. Rencana dan gambaran tindakan yang akan dilakukan akan dibuat berdasarkan hasil interpretasi. Analisis yang akan dilakukan dalam langkah ini adalah analisis kontribusi dan analisis perbaikan.

Tujuan dari analisis kontribusi yaitu agar dapat diketahui tahapan produksi keramik dengan kontribusi dampak tertinggi. Berdasarkan hasil pengolahan data yang dapat dilihat pada gambar diagram sebelumnya, proses yang memiliki kontribusi paling besar terhadap lingkungan yaitu proses firing dan penggunaan energi seperti gas dan listrik.

Karbon dioksida menjadi salah satu penyumbang tertinggi dampak lingkungan utamanya *global warming*. *Global warming* dapat terjadi Ketika energi matahari yang seharusnya energi matahari yang diabsorpsi akan dikembalikan atau dipantulkan dalam bentuk sinar infra merah, tetapi terhalang oleh karbon bioksida (CO₂) dan gas penyebab pemanasan global lain (Mulyani, 2021).

Analisis perbaikan yang disarankan adalah untuk mengurangi ketiga dampak yang ditimbulkan akibat proses pembuatan keramik. Analisis perbaikan juga dilakukan berdasarkan hasil dari analisis kontribusi. Permasalahan yang diutamakan adalah permasalahan pada proses pembakaran karena dampak mayoritas dihasilkan dari proses ini. Perbaikan yang dapat dilakukan adalah dengan cara memanfaatkan cangkang sawit yang sebelumnya sudah digunakan pada area *spray dryer*, diterapkan juga pada area pembakaran. Hal ini, dapat mengurangi penggunaan natural gas pada proses pembakaran sebagai penghasil panas. Selain itu, upaya perbaikan juga bisa dilakukan dengan *reuse* energi panas yang telah dihasilkan artinya panas yang dihasilkan pada proses sebelumnya ditangkap Kembali dan dialirkan Kembali untuk mendukung proses pembakaran selanjutnya, sehingga kebutuhan gas dapat ditekan. Dengan demikian, dampak yang diakibatkan oleh distribusi gas dan penggunaan gas bisa dikurangi meskipun kebutuhan gas tidak bisa dihindari.

Selain itu, juga dapat memanfaatkan penggunaan teknologi insenerator sehingga energi panas yang dihasilkan berasal dari proses pembakaran sampah. Metode yang dapat digunakan adalah metode gasifikasi yaitu dengan cara mengonversi sampah menjadi gas sehingga dapat menghasilkan energi panas untuk proses pembakaran keramik. Jika teknologi tersebut digunakan dampak yang berasal dari penggunaan natural gas dapat dikurangi atau bahkan dihindari. Akan tetapi, kekurangan dari insenerator ini membutuhkan biaya yang besar dan perancangan yang matang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan openLCA didapatkan dampak *global warming*, *acidification*, dan *human toxicity* pada produksi 1 hari dan 1 bulan. Hasil yang didapatkan yaitu dampak tertinggi berturut urut yaitu *global warming*, *human toxicity*, dan *acidification*. Berdasarkan hasil yang telah disajikan dampak disebabkan oleh penggunaan energi yaitu pada pendistribusian gas, penggunaan natural gas, dan penggunaan listrik. Sedangkan

penyebab terjadinya dampak pada proses produksi mayoritas disebabkan oleh proses pembakaran. Perbaikan yang diusulkan dengan tujuan utama menekan penggunaan gas adalah menggunakan energi alternatif, *reuse* energi, dan penggunaan teknologi insenerator apabila memungkinkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Perusahaan Industri Keramik di Mojokerto yang telah memfasilitasi penelitiann ini dan pemangku kepentingan lainnya yang berkontribusi dalam penelitian dan penulisan jurnal ini sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, A. D. (2019). Analisis Potensi Dampak Lingkungan Dari Budidaya Tebu Menggunakan Pendekatan Life Cycle Assessment (Lca). *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, 15(1), 51–64.
- Firdausy, M. A., Urrahman, M. A., & Firmansyah, M. (2022). Life Cycle Assessment (Lca) Produksi Batu Bara Di Pt. Xyz Di Kalimantan Selatan Dengan Pendekatan Cradle-To-Gate Menggunakan Software Openlca. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 8(2), 50–59.
- Fitriani, E. (2019). Penerapan Life Cycle Assessment (LCA) pada Industri Kecil Menengah Keripik Sanjai di Bukittinggi.
- Furszyfer Del Rio, D. D., Sovacool, B. K., Foley, A. M., Griffiths, S., Bazilian, M., Kim, J., & Rooney, D. (2022). Decarbonizing the ceramics industry: A systematic and critical review of policy options, developments and sociotechnical systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157(December 2021), 112081.
- Hendrasarie, N., Fadilah, K., & Ranno, M. R. (2022). Sequencing Batch Reactor to Treatment Tofu Wastewater Using Impeller Addition. *Journal of Ecological Engineering*, 23(11), 158–164.
- Hendrasarie, N., Nugraha, M., & Fadilah, K. (2021). Restaurant wastewater treatment with a two-chamber septic tank and a sequencing batch reactor. *E3S Web of Conferences*, 328, 01011.
- Hendrasarie, N., & Swandika, I. D. A. (2020). Resistance of Loading Loads in Surabaya River and Its Branch with Qual2KW Model. *Journal of Physics: Conference Series*, 1569(4), 8–14.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2023a). *Kemenperin Dorong Industri Keramik Nasional Berjaya di Negeri Sendiri*.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2023b). *Tumbuh Lampau 5 Persen, Industri Manufaktur Berjasa Besar Katrol Kinerja Ekonomi*.
- KLHK. (2021). Pedoman Penyusunan Laporan Penilaian Daur Hidup (LCA). *Direktorat Jendral Pengendalian Pencemaran Dan Kerusakan Lingkungan*, September, 1–82.
- Mulyani, A. S. (2021). Pemanasan Global, Penyebab, Dampak dan Antisipasinya. *Artikel Pengabdian Masyarakat*, 1–27.
- Sekarani, F. A., & Hendrasarie, N. (2020). Reduction of Organic Parameters in Apartment Wastewater using

- Sequencing Batch Reactor by adding Activated Carbon Powder. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 506(1).
- Sudibya, A. H., Anastasia, T. T., & Azis, M. M. (2020). Simulasi Life Cycle Assessment (LCA) Proses Produksi Gula di Brazil dengan OpenLCA. *Jurnal Teknik Kimia*, 14–15.
- Trilita, M. N., Safeyah, M., & Hendrasarie, N. (2018). CFD Modelling of a Highly Viscous Liquid Film on Rotating Vertically Disk. *Journal of Physics: Conference Series*, 953(1).
- Yani, M. (2021). Kajian Dampak Lingkungan Produk Tepung Agar Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (Lca). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 31(3), 343–355.