



Tersedia secara online di <http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmatis/index>

JURMATIS

Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Industri



Penerapan Metode *Life Cycle Assessment* Pada Produksi Baja Canai Dingin di PT. XYZ

Hendro Cahyo Ramadhan^{*1}, Asep Endih Nurhidayat², Surya Perdana³

Hendrocr20@gmail.com^{*1}, aennoerhidayat@gmail.com², suryaperdana.st.mm@gmail.com³

¹²³ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Indraprasta PGRI

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Received : 04 – Oktober – 2021

Revised : 09 – November – 2021

Accepted : 23 – Juli – 2022

Kata kunci :

Environment, Inventory,
LCA, Production.

Untuk melakukan sitasi pada penelitian ini dengan format :
H. C. Ramadhan, A. E. Nurhidayat, and S. Perdana, "Penerapan Metode Life Cycle Assessment Pada Produksi Baja Canai Dingin di PT. XYZ," *Jurmatis (Jurnal Manaj. Teknol. dan Teknik Ind.*, vol. 4, no. 2, pp. 99–109, 2022.

Abstract

PT XYZ is a company engaged in the production of cold rolled steel. The purpose of this study is to select materials, calculate the amount of waste produced by cold rolled steel. The method used in this research is Life Cycle Assessment. This method is carried out with the aim and scope of the research, then conducts an inventory analysis followed by an assessment of the resulting impact, ending with providing alternatives to improve the results. Through this LCA analysis, it can be seen that the largest percentage generated from the production process is greenhouse gas emissions CO₂ of 5,964 Ton CO₂eq in 2018, 6,216.0 in 2019, and 6,132 in 2020 Then the liquid waste CH₄ is 111.51 Ton CO₂eq each year because the use of the volume of water used is fixed at 216,000 L. In addition, there is also acidification produced from the production process with SO₂ contributing as much as 57.5 Ton CO₂eq eq in 2018, 59.9 Ton CO₂eq, and 59.1 Ton CO₂eq in 2020. NO₂ also contributed to acidification of 29.6 Ton CO₂eq in 2018, 30.8 Ton CO₂eq eq in 2019, and 30.4 Ton CO₂eq eq in 2020. Another method that can be used is the Standard Adesi method, but this method is sought for other types of waste.

Abstrak

PT XYZ adalah sebuah perusahaan yang bergerak di bidang produksi baja canai dingin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pemilihan material, menghitung besaran limbah hasil produksi baja canai dingin. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Life Cycle Assessment*. Metode ini dilakukan dengan menentukan *goal and scope* dari penelitian, kemudian melakukan *inventory analysis* yang dilanjutkan dengan penilaian dari dampak yang dihasilkan, yang diakhiri dengan memberikan alternatif guna memperbaiki hasil. Melalui analisis LCA ini dapat diketahui bahwa persentase terbesar yang dihasilkan dari proses produksi tersebut adalah emisi gas rumah kaca CO₂ sebesar 5,964 *Ton CO₂eq* pada tahun 2018, 6,216,0 pada tahun 2019, dan 6,132 pada tahun 2020. Kemudian limbah cair CH₄ sebesar 111,51 *Ton CO₂eq* tiap tahun karena penggunaan volume air yang digunakan tetap yaitu sebesar 216.000 L. Selain itu ada juga asidifikasi yang dihasilkan dari proses produksi tersebut dengan SO₂ menyumbang sebesar 57,5 *Ton CO₂eq* pada tahun 2018, 59,9 *Ton CO₂eq*, dan 59,1 *Ton CO₂eq* pada tahun 2020. NO₂ juga ikut menyumbang asidifikasi sebesar 29,6 *Ton CO₂eq* pada tahun 2018, 30,8 *Ton CO₂eq* pada tahun 2019, dan 30,4 *Ton CO₂eq* pada tahun 2020. Adapun metode lain yang dapat digunakan adalah metode Adesi Standar, namun metode ini diperuntukkan untuk limbah jenis lain.

1. Pendahuluan

Lingkungan merupakan segala sesuatu yang ada di sekitar manusia yang mempengaruhi perkembangan kehidupan makhluk hidup baik secara langsung maupun tidak langsung[1]. Hal ini dapat disadari bahwa setiap aktivitas manusia seperti kegiatan industri, khususnya pertambangan batubara maupun mineral, berpotensi akan menimbulkan dampak terhadap kualitas ekosistem lingkungan tanah, air dan udara. Oleh karena itu, diperlukan adanya upaya dari pemangku kepentingan (stakeholders) untuk melakukan berbagai upaya salah satunya yakni kajian efisiensi produksi dari setiap kegiatan agar pencegahan potensi polusi, minimalisasi limbah, dan produksi bersih dapat tercapai [2].

Limbah atau emisi merupakan masalah yang dialami oleh kebanyakan perusahaan yang memproduksi sebuah produk, limbah atau emisi tersebut ada yang dapat di daur ulang dan ada juga yang tidak dapat di daur ulang[3]. Untuk limbah atau emisi yang tidak dapat di daur ulang tersebut yang dapat dilakukan oleh perusahaan adalah meminimalisir limbah yang keluar dari hasil produksi produk mereka. Adapun cara yang dapat dilakukan oleh perusahaan adalah mengolah limbah yang dihasilkan dari hasil produksi semaksimal mungkin sebelum membuangnya, karena limbah yang mengandung kadar kimia terlalu tinggi dapat mengakibatkan rusaknya ekosistem yang terdapat pada air, tanah, dan udara. Dampak yang ditimbulkan limbah/emisi yang dihasilkan oleh sisa hasil produksi tidak hanya berpengaruh kepada alam tetapi juga dapat mempengaruhi masyarakat di sekitar yang bisa terkena dampak dari limbah tersebut. Jika limbah tidak ditangani dengan maksimal maka bisa jadi masyarakat di sekitar perusahaan akan merasakan dampak dari limbah sisa hasil produksi yang dapat membahayakan mereka seperti: air tanah yang tercemar, udara yang kurang sehat. Dampak tersebut akan sangat berbahaya jika dialami oleh masyarakat sekitar perusahaan dalam jangka waktu yang lama[4].

Analisa siklus pengolahan dan dampak lingkungan dari proses produk dapat menggunakan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA)[5]. LCA adalah suatu metode analisis yang digunakan untuk mengevaluasi dampak yang dihasilkan dari suatu proyek, produk, atau jasa terhadap lingkungan[6] [7]. LCA dapat dipakai untuk mengetahui potensi limbah yang akan muncul, konsumsi energi yang digunakan serta bahan baku yang diperlukan selama proses pengolahan suatu produk [8] [9].

PT XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi baja canai dingin, perusahaan ini mengalami permasalahan dalam pengolah limbah. Limbah yang dihasilkan dari PT XYZ berupa limbah cair hasil pencucian yang mengandung bahan kimia yang berpotensi mencemari lingkungan. Limbah yang dihasilkan dinilai dapat berpotensi mencemari

lingkungan sekitar. Untuk itu perlu dilakukan *life cycle analysis* pada limbah hasil produksi agar lingkungan di sekitar pabrik dapat terjaga ekosistemnya. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung besaran limbah hasil produksi baja canai dingin.

Berdasarkan penelitian terdahulu,[10] pada suatu industri *furniture*, hasil analisis dampak berdasarkan data inventori yang didapatkan menunjukkan Gas Rumah Kaca merupakan dampak tertinggi yang dihasilkan setiap tahunnya dari 2015-2016 besaran hasil emisinya adalah CO₂ sebesar 93% pada tahun 2015 dan 92% pada tahun 2016. Adapun penelitian lain pada industri makanan, dalam produksi 1 kg tepung tapioca dapat menghasilkan 0.32 kg CO₂-eq[11]. Masih dalam lingkup produksi yang sama yaitu produksi makanan,[12] Total emisi GRK dari daur hidup produk 1 kg tempe Sehat dan 1 kg tempe Kita masing-masing sebesar 0.32355 kg CO₂-eq dan 0.55316 kg CO₂-eq.

Penelitian ini membahas apa saja limbah yang dihasilkan dari proses produksi manufaktur baja canai dingin, besaran hasil emisi dari hasil produksi pada tahun 2018-2020 adalah CO₂ sebesar 5,964,0 *Ton CO₂eq* pada tahun 2018 sedangkan pada tahun 2019 sebesar 6,216,0 *Ton CO₂eq* sekaligus merupakan yang terbesar dalam 3 tahun tersebut dan pada tahun 2020 sebesar 6.132,0 *Ton CO₂eq*. Kemudian limbah cair CH₄ sebesar 111,51 *Ton CO₂eq* tiap tahun karena penggunaan volume air yang digunakan tetap yaitu sebesar 216.000 L. Selain itu ada juga asidifikasi yang bersumber dari energi listrik yang digunakan selama proses produksi yang menghasilkan SO₂ dimana pada tahun 2018 sebesar 57,5 *Ton CO₂eq*, pada tahun 2019 sebesar 59,9 *Ton CO₂eq*, dan sebesar 59,1 *Ton CO₂eq* pada tahun 2020. Begitu juga untuk NO₂ sebesar 29,6 *Ton CO₂eq* pada tahun 2018, pada tahun 2019 sebesar 30,8 *Ton CO₂eq*, dan pada tahun 2020 sebesar 30,4 *Ton CO₂eq*.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini masuk kedalam kategori penelitian kuantitatif, dimana pengumpulan data dilakukan secara observasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Life Cycle Assessment (LCA)*. Tujuan utama diterapkannya LCA pada suatu penelitian yaitu untuk mengetahui dampak produksi terhadap emisi GRK dan serta membuat tindakan untuk mengurangi potensi emisi GRK[13] [14]. Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan *goal and scope* dengan menentukan tujuan dari penelitian ini [15].

Kemudian melakukan *Inventory Analysis* pada bahan baku yang digunakan untuk produksi begitu juga pada hasil *output* produk [16]. Fase *inventory* adalah fase utama dalam LCA[17]. Dalam tahap ini semua aliran material, aliran energi, dan semua aliran limbah yang dilepaskan ke lingkungan selama siklus hidup keseluruhan sistem yang diteliti

diidentifikasi dan dikuantifikasi. Berdasarkan hasil analisis inventori dapat diperoleh berapa besarnya kebutuhan bahan baku, energi dan emisi yang harus dipenuhi untuk membuat produk pada skala tertentu[18].

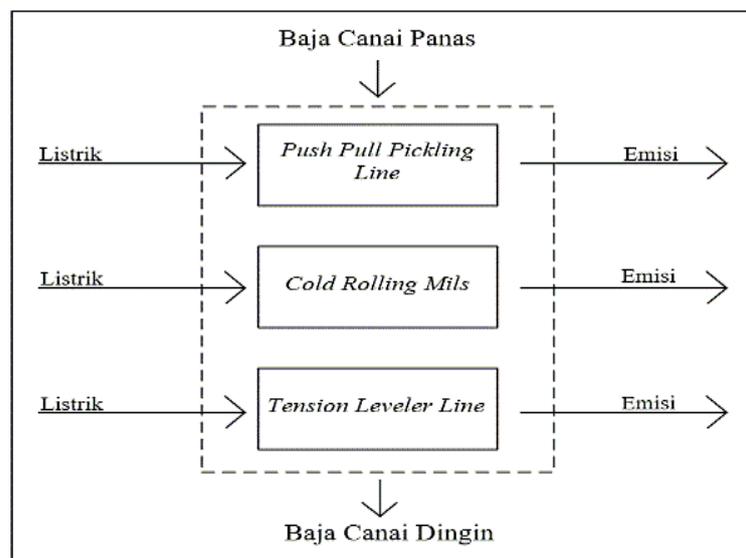
Setelah itu melakukan *impact assessment* dimana pada proses ini melakukan perhitungan terhadap hasil emisi yang dihasilkan oleh proses produksi produk yang setelahnya dilanjutkan dengan melakukan interpretasi terhadap hasil dari *impact assessment* sebelumnya, dalam interpretasi ini juga mencakup melakukan analisis terhadap emisi yang dihasilkan serta memberikan alternatif-alternatif yang dapat mengurangi dampak emisi yang dihasilkan dari proses produksi produk tersebut[19] [20].

Untuk mengidentifikasi, mengukur, memeriksa, dan mengevaluasi informasi dari hasil *life cycle inventory* (LCI) atau penilaian dampak siklus hidup (LCIA) menggunakan Teknik interpretasi [21]. Tujuan utamanya adalah mengidentifikasi tahap *life cycle* pada keadaan tertentu dapat mengurangi *environmental impact*[22] [23].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Goal and Scope

Dalam melaksanakan penilaian daur hidup produk langkah awal yang harus dilakukan pertama kali adalah menentukan tujuan dan ruang lingkup (*goal and scoping*) proses dan produk yang dikaji pada penelitian. Penelitian ini menggunakan pendekatan batasan lingkup analisis LCA *Gate to Gate* yaitu selama tahap proses/produksi saja. Ruang lingkup (*scope*) pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Scope* LCA baja canai dingin
(Sumber: Olah data, 2021)

Gambar 1 menjelaskan bagaimana baja canai panas di proses melalui beberapa tahap hingga menjadi produk baja canai dingin. Setiap tahapan proses memerlukan sumber daya energi dalam prosesnya dan menghasilkan emisi disamping produk itu sendiri dari tiap tahapan proses. Dalam melakukan kajian ini, analisis dampak yang dihasilkan hanya mencakup dampak terhadap emisi gas rumah kaca.

3.2. Inventory Analysis

Inventori dilakukan berdasarkan input dan output material didalam sistem. Data Input terdiri dari: kebutuhan bahan baku, energi/kelistrikan, air, dan alat transportasi yang digunakan. Data output berupa produk baja canai dingin dan emisi yang dilepaskan terhadap lingkungan disetiap prosesnya. Bahan Baku utama dalam proses pembuatan semen hanya ada 2 yaitu batu kapur dan tanah liat sebab semua senyawa – senyawa utama dalam semen berasal dari kedua bahan tersebut. Bila digunakan bahan lainnya, maka bahan tersebut hanya sebagai bahan pengoreksi komposisi saja.

Data inventori merupakan komponen yang sangat penting dalam melakukan kajian LCA karena dijadikan sumber data untuk melakukan analisis dampak dan analisis perbaikan dalam mencapai tujuan yang diinginkan yaitu dalam rangka mengurangi dampak lingkungan. Analisis inventori memerlukan pengetahuan secara mendalam pada komponen-komponen yang berpotensi menghasilkan dampak lingkungan yang akan dikaji. Data input pada produksi baja canai dingin bisa dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. *Input* produksi

Input	Tahun			Satuan
	2018	2019	2020	
Bahan Bakar/Energi				
Listrik	7.100.000	7.400.000	7.300.000	kWh
Bahan Baku				
Baja Canai Panas	7.350	7.500	7.440	Roll
Bahan Penolong				
Air	149.400	149.400	149.400	L
Konsentrasi Larutan Pencucian	21.600	21.600	21.600	L

(Sumber: Olah data, 2021)

Tabel 1 menjelaskan material apa saja yang digunakan dalam proses produksi baja canai dingin, disamping itu juga ada sumber daya yang digunakan yaitu berupa energi listrik. Material tersebut lah yang nantinya akan diproses hingga menjadi produk baja canai dingin. Untuk data output produksi dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. *Output* produksi

Output	Satuan	Tahun		
		2018	2019	2020
Produk				
Baja Canai Dingin	Roll	7350	7500	7440
Limbah Padat				
Potongan Baja	Kg	294	312	303
Limbah Cair				
Larutan Pencucian	Liter	216.000	216.000	216.000

(Sumber: Olah data, 2021)

Tabel 2 menjelaskan tentang apa saja yang dihasilkan dari proses produksi baja canai dingin, bukan hanya produknya saja yang merupakan output dari proses produksi melainkan ada limbah padat yang berupa potongan baja dari proses produksi dan ada juga limbah cair yang berupa larutan pencucian dari proses produksi baja canai dingin itu sendiri. Hasil produksi *Output* dari proses produksi baja canai dingin antara lain: Baja Canai Dingin, limbah padat yang berbentuk potongan baja karena dalam proses produksinya ukuran baja disesuaikan sesuai dengan pesanan yang telah disepakati. Namun limbah padat tidak dibuang melainkan dimanfaatkan kembali oleh perusahaan. Yang terakhir adalah limbah cair yang berupa larutan hasil proses produksi dari tanki pencucian yang terdiri dari 3 tanki.

3.3. *Impact Analysis*

Analisis dampak digunakan untuk menganalisis dampak suatu proses terhadap lingkungan. Data analisis dampak dilakukan perhitungan secara kuantitatif berdasarkan data inventori yang telah dilakukan. Berdasarkan data inventori menunjukkan bahwa dalam setiap tahapan proses dapat menghasilkan limbah maupun emisi yang berdampak terhadap lingkungan. Limbah atau emisi yang dihasilkan dalam siklus hidup produksi baja canai dingin ialah dampak gas rumah kaca dan asidifikasi.

a. Perhitungan Gas Rumah Kaca

$$Emisi CO_2 = QL \times 0,84 \text{ kg } CO_2/kWh$$

$$Emisi CO_2 \text{ 2018} = 7.200.000 \times 0,84 = 5.964,0 \text{ Ton } CO_2eq$$

$$Emisi CO_2 \text{ 2019} = 7.400.000 \times 0,84 = 6.216,0 \text{ Ton } CO_2eq$$

$$Emisi CO_2 \text{ 2020} = 7.300.000 \times 0,84 = 6.132,0 \text{ Ton } CO_2eq$$

$$Emisi CH_4 = V_{lc} \times C \times 0,25 \text{ kg } CH_4/kg \text{ COD}$$

$$= 216.000 \times 8,26 \times 0,25$$

$$CH_4 = 446.04$$

$$Emisi CH_4 2018 = 446.04 \times 0,25 = 111.51 \text{ Ton } CO_2eq$$

$$Emisi CH_4 2019 = 446.04 \times 0,25 = 111.51 \text{ Ton } CO_2eq$$

$$Emisi CH_4 2020 = 446.04 \times 0,25 = 111.51 \text{ Ton } CO_2eq$$

b. Asidifikasi

$$Emisi SO_2 = QL \times 8,1 \text{ kg } SO_2/kWh$$

$$Emisi SO_2 2018 = 7.100.000 \times 8,1 = 57,5 \text{ Ton } CO_2eq$$

$$Emisi SO_2 2019 = 7.400.000 \times 8,1 = 59,9 \text{ Ton } CO_2eq$$

$$Emisi SO_2 2020 = 7.300.000 \times 8,1 = 59,1 \text{ Ton } CO_2eq$$

$$Emisi NO_2 = QL \times 4,17 \text{ kg } NO_2/kWh$$

$$Emisi NO_2 2018 = 7.100.000 \times 4,17 = 29,6 \text{ Ton } CO_2eq$$

$$Emisi NO_2 2019 = 7.400.000 \times 4,17 = 30,8 \text{ Ton } CO_2eq$$

$$Emisi NO_2 2020 = 7.100.000 \times 4,17 = 30,4 \text{ Ton } CO_2e$$

Analisis dampak LCA di pada industri baja canai dingin di PT XYZ berdasarkan kategori dampak dapat lihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Analisis dampak LCA

Kategori Polutan	Tahun			Satuan
	2018	2019	2020	
Gas Rumah Kaca				
Emisi CO_2	5.964,0	6.216,0	6.132,0	<i>Ton CO₂eq</i>
Emisi CH_4	111,51	111,51	111,51	<i>Ton CO₂eq</i>
Total Emisi	6.075,51	6.327,51	6.243,51	<i>Ton CO₂eq</i>
Asidifikasi				
Emisi SO_2	57,5	59,9	59,1	<i>Ton CO₂eq</i>
Emisi NO_2	29,6	30,8	30,4	<i>Ton CO₂eq</i>
Total Emisi	87,1	90,7	89,5	<i>Ton CO₂eq</i>

(Sumber: Olah data, 2021)

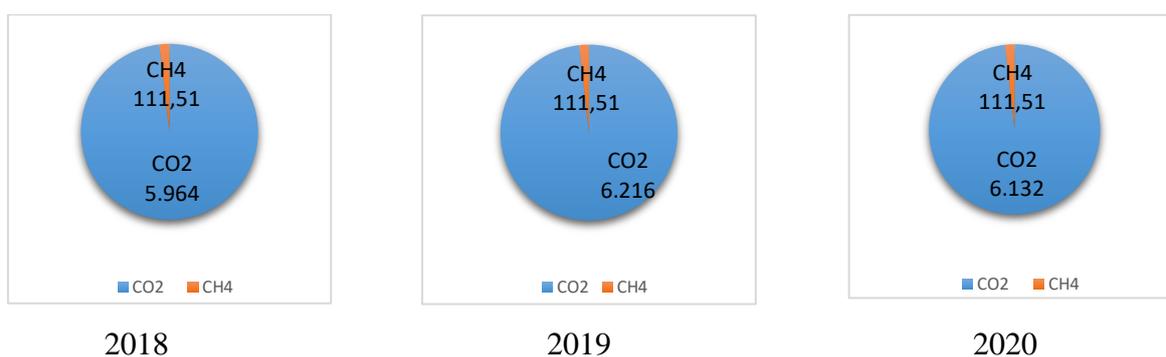
Tabel 3 memperlihatkan besarnya emisi yang dihasilkan selama periode tahun 2018 samapi 2020. Dimana dapat dilihat dalam table sumber-sumber dari emisi gas rumah kaca yang bersumber dari bahan bakar (CO_2) dan limbah cair (CH_4) dengan nilai yang sama karena volume air yang digunakan tiap tahun tetap. Begitu juga dengan asidifikasi yang bersumber dari penggunaan energi listrik.

Tabel 4. Analisis Dampak GRK Berdasarkan Sumber Emisi

Sumber GRK	Tahun			Satuan
	2018	2019	2020	
CO_2	5.964,0	6.216,0	6.132,0	<i>Ton CO₂eq</i>
CH_4	111,51	111,51	111,51	<i>Ton CO₂eq</i>
Total	6.075,51	6.327,51	6.243,51	<i>Ton CO₂eq</i>

(Sumber: Olah data, 2021)

Tabel 4 menjelaskan sumber-sumber dari emisi gas rumah kaca, dimana zat yang paling besar adalah CO_2 yang berasal dari penggunaan energi listrik. Energi listrik adalah satu-satunya energi yang digunakan dalam proses produksi baja canai dingin dan CH_4 dihasilkan dari limbah cair, dimana limbah cair tersebut tetap sama pada tiap tahunnya karena volume air yang digunakan juga tetap sama yaitu 216.000 L tiap tahun.



Gambar 2. Besaran emisi hasil Gas Rumah Kaca dari Tahun 2018 s/d 2020
(Sumber: Olah data, 2021)

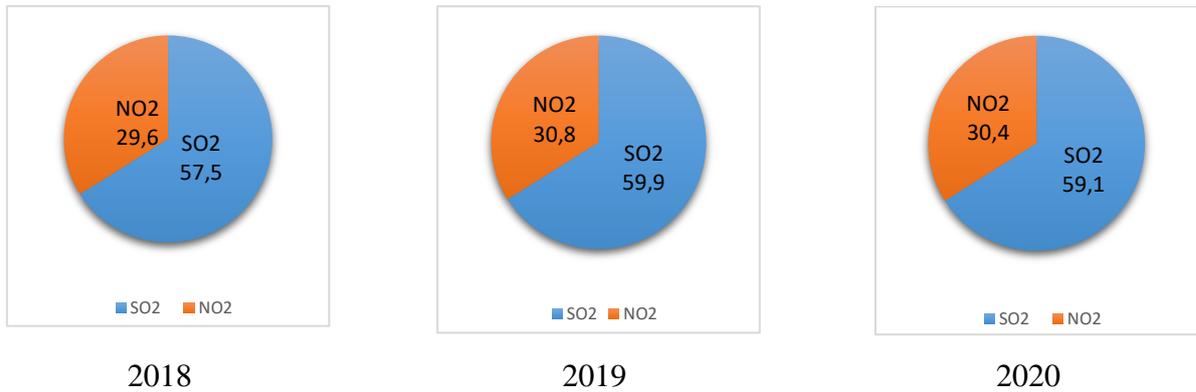
Dari gambar 2 dapat kita ketahui bahwa penyumbang emisi gas rumah kaca terbesar adalah penggunaan energi listrik yang mencapai 5.964 *Ton CO₂eq* pada tahun 2018, 6.216 *Ton CO₂eq* , dan 6.132 *Ton CO₂eq* pada tahun 2020, angka tersebut mencakup lebih dari 98% dari total emisi pada proses produksi 3 tahun terakhir. Sementara emisi limbah cair sebesar 111,51 *Ton CO₂eq* dimana angka ini akan tetap dari tahun ke tahun. Data analisis dampak asidifikasi dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Analisis Dampak Asidifikasi Berdasarkan Sumber Emisi

Sumber Asidifikasi	Tahun			Satuan
	2018	2019	2020	
SO_2	57,5	59,9	59,1	<i>Ton CO₂eq</i>
NO_2	29,6	30,8	30,4	<i>Ton CO₂eq</i>
Total	87,1	90,7	89,5	<i>Ton CO₂eq</i>

(Sumber: Olah data, 2021)

Tabel 5 memberi tahu bahwa sumber asidifikasi dari SO_2 sebesar 59,9 $Ton CO_2eq$ pada tahun 2019 dan zat lain yang berperan menyumbang asidifikasi adalah NO_2 sebesar 30,8 $Ton CO_2eq$ yang terbesar pada tahun 2019. Hasil perhitungan kategori dampak asidifikasi berdasarkan kategori polutan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Besaran Emisi hasil Asidifikasi

(Sumber: Olah data, 2021)

Gambar 3 menjelaskan bahwa asidifikasi pada pengolahan baja canai dingin di PT XYZ dihasilkan oleh penggunaan energi listrik. Dimana SO_2 menyumbang sebesar 57,5 $Ton CO_2eq$ pada tahun 2018, 59,9 $Ton CO_2eq$ pada tahun 2019, dan 59,1 $Ton CO_2eq$ pada tahun 2020, sedangkan NO_2 sebesar 29,6 $Ton CO_2eq$ pada tahun 2018, 30,8 $Ton CO_2eq$ pada tahun 2019, dan 30,4 $Ton CO_2eq$ pada tahun 2020. Data dari analisis asidifikasi berdasarkan sumber emisi dapat dilihat pada table 6.

Tabel 6. Analisis dampak Asidifikasi berdasarkan sumber emisi

Sumber Asidifikasi	Tahun			Satuan
	2018	2019	2020	
SO_2	57,5	59,9	59,1	$Ton CO_2eq$
NO_2	29,6	30,8	30,4	$Ton CO_2eq$
Total	87,1	90,7	89,5	$Ton CO_2eq$

(Sumber: Olah data, 2021)

Tabel 6 memberti tahu bahwa sumber asidifikasi dari SO_2 sebesar 59,9 $Ton CO_2eq$ pada tahun 2019 dan zat lain yang berperan menyumbang asidifikasi adalah NO_2 sebesar 30,8 $Ton CO_2eq$ yang terbesar pada tahun 2019.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini bahwa persentase terbesar yang dihasilkan dari proses produksi tersebut adalah emisi gas rumah kaca CO_2 tahun 2019 sebesar 6,216,0 $Ton CO_2eq$

sekaligus merupakan yang terbesar. Hal ini dikarenakan pada periode tahun tersebut permintaan *roll* baja canai dingin sedang tinggi. Kemudian limbah cair CH_4 sebesar 111,51 *Ton CO₂eq* tiap tahun karena penggunaan volume air yang digunakan tetap yaitu sebesar 216.000 L. Dengan kata lain, total limbah dari GRK dari CO_2 dan CH_4 yang terbesar adalah pada tahun 2019 dengan total emisi sebesar 6.327,51 *Ton CO₂eq*. Selain itu ada juga asidifikasi yang bersumber dari energi listrik yang digunakan selama proses produksi yang menghasilkan SO_2 dimana juga ikut serta dalam menyumbang emisi yang tertinggi sebesar 59,9 *Ton CO₂eq* pada tahun 2019. Begitu juga untuk NO_2 yang tertinggi adalah 30,8 *Ton CO₂eq* pada tahun 2019. Dengan demikian total emisi asidifikasi yang dihasilkan dari SO_2 dan NO_2 adalah pada tahun 2019 sebesar 90,7 *Ton CO₂eq*.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah penelitian ini hanya menggunakan metode *life cycle assessment* (LCA). Adapun metode lain yang dapat digunakan untuk penelitian serupa adalah, metode Adisi Standar namun metode ini digunakan untuk limbah lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] I. Heribertus, B. Santoso, and I. A. Komari, "PERENCANAAN AGREGAT PADA INDUSTRI PENGOLAHAN KAYU JENIS FLOORING DENGAN PENDEKATAN HEURISTIC (Study Kasus Pada PT Sinar Rimba Pasifik Sidoarjo) Oleh : Dibimbing Oleh : UNIVERSITAS KADIRI," *JURMATIS J. Ilmial Mhs. Tek. Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 0–14, 2019.
- [2] A. Luthfia, M. S. Abfertawan, S. Nuraprianisandi, K. Pranoto, P. R. Samban, and A. Elistyandari, "Penggunaan Life Cycle Assessment dalam Penilaian Resiko Dampak Lingkungan dan Pemilihan Alternatif Teknologi di Pertambangan Batubara Indonesia," 2020.
- [3] A. W. Daseno, A. Komari, and H. B. Santoso, "Perencanaan Pengelolaan Limbah Kaca Grafir Menjadi Produk Inovasi Baru Guna Menambah Pendapatan Perusahaan (Sudi Kasus Pada UD. Pelangi Art Glass).," *JURMATIS J. Manaj. Teknol. dan Tek. Ind.*, vol. 3, no. 1, pp. 24-36., 2021.
- [4] D. Y. Irawati and D. Andrian, "Analisa Dampak Lingkungan Pada Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Dengan Metode Life Cycle Assessment (LCA)," *J. Tek. Ind.*, vol. 19, no. 2, p. 166, 2018, doi: 10.22219/jtiumm.vol19.no2.166-177.
- [5] K. A. Pringgajaya and U. Ciptomulyono, "Implementasi Life Cycle Assessment (LCA) dan Pendekatan Analytical Network Process (ANP) untuk Pengembangan Produk Hetric Lamp yang Ramah Lingkungan," *J. Tek. ITS*, vol. 1, no. 1, pp. 515–520, 2012.
- [6] A. D. Astuti, "Analisis Potensi Dampak Lingkungan Dari Budidaya Tebu Menggunakan Pendektan Life Cycle Assessment (LCA)," *J. Litbang*, vol. 15, no. 1, pp. 51–64, 2019.
- [7] U. Ayuningtyas, M. Yani, and S. Maimunah, "Emisi Gas Rumah Kaca Penggunaan Listrik Pada Kereta Rel Listrik Jaobdetabek Dengan Metode Life Cycle Assessment," *J. Stand.*, vol. 22, no. 2, pp. 95–106, 2020.

- [8] E. Marsillac, I. Zbicinski, and J. Stavenuiter, "Product Design and Life Cycle Assessment," 2011, doi: 10.1057/9780230354890.
- [9] R. H. Crawford, "Life Cycle Assessment in the Built Environment."
- [10] RIEZQI PRATHAMA HAEDI, "RIEZQI PRATHAMA HAEDI, "KAJIAN PENILAIAN DAUR HIDUP (LIFE CYCLE ASSESSMENT) PADA INDUSTRI FURNITURE (Studi kasus di PT X, Bogor) RIEZQI PRATHAMA HAEDI," 2019.
- [11] S. Kholilah, "POTENSI EMISI GAS RUMAH KACA PRODUK TAPIOKA DENGAN PENDEKATAN LIFE CYCLE ASSESSMENT," 2019.
- [12] M. Ifdholy, "LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) PRODUK TEMPE (Studi Kasus: Rumah Tempe Indonesia, Bogor, Jawa Barat)," 2018.
- [13] J. Wahyudi, "Penerapan Life Cycle Assessment untuk Menakar Emisi Gas Rumah Kaca yang Dihasilkan dari Aktivitas Produksi Tahu," *Urecol*, pp. 475–480, 2017.
- [14] T. R. Harjanto and S. Bahri, "Life Cycle Assessment pilihan Penggunaan Alat Transportasi Bagi Siswa SMA di Cilacap Dalam Kerangka Penerapan Mekanisme Pembangunan Bersih," vol. 2, no. 1, pp. 1–13, 2018.
- [15] L. C. A. M. Z. Hauschild, "Life Cycle Assessment: Goal and Scope Definition. Berlin: Springer," 2019, doi: 10.1007/978-3-662-53120-4_16860.
- [16] A. Arba'i, R. Faridz, and A. A. Jakfar, "Life Cycle Assessment (LCA) Pada Produk Jamu Kunyit Asam di UD. Al Mansyurien Kemal Bangkalan," *Agroindustrial Technol. J.*, vol. 3, no. 2, pp. 78–94, 2019.
- [17] T. R. Harjanto, M. Fahrurrozi, and I. M. Bendiyasa, "Life Cycle Assessment Pabrik Semen PT Holcim Indonesia Tbk. Pabrik Cilacap: Komparasi antara Bahan Bakar Batubara dengan Biomassa," *J. Rekayasa Proses*, vol. 6, no. 2, pp. 51–58, 2014, doi: 10.22146/jrekpros.4696.
- [18] P. P. Parameswari, Moh. Yani, and A. Ismayana, "Penilaian Daur Hidup (Life Cycle Assesment) Produk Kina Di PT Sinkona Indonesia Lestari," *J. Ilmu Lingkungan*, vol. 17, no. 2, p. 351, 2019, doi: 10.14710/jil.17.2.351-358.
- [19] M. Z. H. and M. A. J. Huijbregts, "Life Cycle Impact Assessment," *Springer*, 2015.
- [20] R. A. Ula, A. Prasetya, and I. Haryanto, "Life Cycle Assessment (LCA) Pengelolaan Sampah di TPA Gunung Panggung Kabupaten Tuban, Jawa Timur Life Cycle Assessment (LCA) of Municipal Solid Waste Management in Gunung Panggung Landfill, Tuban Regency, East Java," *J. Teknol. Lingkungan*, vol. 22, no. 2, pp. 147–161, 2021.
- [21] W. A. Fistcar, "Implementasi Life Cycle Assessment (LCA) Pada Pemilihan Perkerasan Kaku dan Lentur Kontruksi Jalan Tol Balikpapan-Samarinda," *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 18, no. 2, pp. 307–314, 2020.
- [22] Moch. E. A. Bagaswara and Y. Hadi, "Analisis dan Rekayasa Proses Produksi Untuk Mengendalikan Environmental Impact Menggunakan Metode LCA," *J. METRIS*, vol. 18, no. 2, pp. 95–104, 2017.
- [23] O. Jolliet, M. Saadé-Sbeih, S. Shaked, A. Jolliet, and P. Crettaz, "Environmental Life Cycle Assessment," *Florida CRC Press*, 2016.