



The Impact of Hazardous and Toxic Waste (B3) Transportation on the Environment at the West Pasaman General Hospital

Leila Muhelni¹, Nanda Pariza², Indah Febri Annisa³

leilamuhelni@gmail.com

^{1,2,3}Universitas Nahdlatul Ulama Sumatera Barat

ABSTRACT

Hazardous and toxic waste is the residual waste from any business or activity that contains hazardous and toxic materials. According to the Regulation of the Minister of Environment and Forestry of the Republic of Indonesia No. P.56 of 2015, hospitals are categorized as healthcare facilities required to manage B3 waste. The importance of managing hazardous and toxic waste in hospitals is significant, as improper management can lead to various negative impacts. In the transportation of B3 waste, RSUD Pasaman Barat collaborates with PT. Andalas Bumi Lestari, conducting transport twice a month. The aim of this research is to calculate the emissions of CO₂, CH₄, and N₂O from the transportation activities occurring at the Temporary Storage Site (TPS) of RSUD Pasaman Barat. This study seeks to understand the impact of hazardous waste transportation on global warming at RSUD Pasaman Barat. This research employs a quantitative method to calculate emissions from the transportation activities of hazardous and toxic waste at RSUD Pasaman Barat.

Keywords: Hospital; Hazardous And Toxic Waste; Transportation; Emissions.

PENDAHULUAN

Rumah sakit merupakan fasilitas yang menyediakan berbagai usaha kesehatan, yang mencakup segala kegiatan untuk menjaga dan meningkatkan kesehatan, serta bertujuan mencapai tingkat kesehatan masyarakat yang optimal. Usaha-usaha kesehatan ini meliputi pendekatan pemeliharaan, peningkatan kesehatan (promotif), pencegahan penyakit (preventif), penyembuhan penyakit (kuratif), dan pemulihan (rehabilitatif), yang dilakukan secara harmonis, terpadu, dan berkesinambungan (Salsabilla, Z. 2021). Kegiatan di rumah sakit menghasilkan limbah medis yang termasuk dalam kategori Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Limbah medis merupakan sisa dari aktivitas atau proses yang mengandung zat berbahaya dan/atau beracun, baik dalam bentuk sifat, konsentrasi, maupun jumlahnya, yang memiliki potensi mencemari atau merusak lingkungan hidup serta mengancam kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya (Maharani et al., 2017).

Aktivitas pengangkutan limbah B3 dari TPS ke lokasi pengolahan menggunakan truk, kegiatan ini bisa menghasilkan emisi gas rumah kaca, seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan dinitrogen oksida (N₂O). Menurut IPCC tahun 2006, sektor transportasi menyumbang 13,1% dari total emisi gas rumah kaca (GRK). Ini menjadikan sektor tersebut salah satu dari tiga sektor utama yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi (Zain et al., 2024).

Gas rumah kaca adalah berbagai jenis gas yang terperangkap di atmosfer dan berfungsi seperti atap rumah kaca, yang dapat meneruskan radiasi gelombang panjang matahari namun menahan radiasi inframerah yang dipancarkan oleh permukaan bumi. Gas-gas yang termasuk di antaranya adalah Karbon dioksida (CO_2), Metana (CH_4), Nitrous oksida (N_2O), Hidrofluorokarbon (HFCs), Perfluorokarbon (PFCs), dan Sulfur heksafluorida (SF_6). Emisi gas rumah kaca yang paling umum berasal dari operasi industri minyak dan gas bumi adalah CO_2 , CH_4 , dan N_2O . Namun, metode estimasi emisi diakui secara internasional untuk semua jenis gas rumah kaca, yaitu CO_2 , CH_4 , N_2O , SF_6 , HFC, dan PFC (Shires dalam Sihombing et al., 2017).

Menurut (Public Health England dalam Zain et al., 2024), dampak gas metana dapat memengaruhi kesehatan manusia, termasuk gangguan pernapasan, masalah penglihatan, muntah, sakit kepala, dan paparan metana dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan kematian. Penanganan emisi CO_2 perlu ditingkatkan melalui penyerapan dan pengurangan emisi karbon dioksida, salah satunya dengan menciptakan ruang terbuka hijau. Vegetasi seperti pohon, rumput, dan tanaman memiliki kemampuan menyerap karbon dioksida (CO_2) dari udara melalui proses fotosintesis.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) menggunakan metodologi untuk mengurangi emisi dengan cara yang dihitung, dilaporkan, dan diverifikasi melalui Kelompok Metodologi Perhitungan Emisi IPCC (Badan Penelitian, Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Departemen Perencanaan Umum, 2009 Dalam Arifin, A.L, 2023). IPCC membagi tiga sektor utama yang meningkatkan emisi karbon dioksida, yaitu sektor transportasi, sektor penyediaan energi, dan sektor industri. CO_2 adalah penyumbang utama emisi gas rumah kaca dan dihasilkan dari aktivitas transportasi. Untuk menghitung emisi, IPCC 2006 memerlukan dua data utama: data operasional atau data kegiatan dan data faktor emisi. Di sektor energi, konsumsi bahan bakar menjadi data operasional, dan jumlah emisi CO_2 per unit bahan bakar yang dikonsumsi menjadi faktor emisi.

Penelitian ini bertujuan Untuk melakukan Perhitungan kadar emisi CO_2 , CH_4 , N_2O dari kegiatan pengangkutan yang terjadi di Tempat penyimpanan Sementara RSUD Pasaman Barat. Untuk mengetahui dampak atau pengaruh kegiatan pengangkutan limbah bahan berbahaya dan beracun terhadap pemanasan global di RSUD Pasaman Barat.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, jenis data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data sekunder mencakup informasi yang diperoleh dari data RSUD Pasaman Barat, media internet, buku, dan penelitian sebelumnya. Variabel yang diamati dalam penelitian ini yaitu proses pengangkutan limbah B3 oleh PT. Andalas Bumi Lestari dari RSUD Pasaman Barat menuju PT. Wastec International data yang digunakan yaitu data bulan Januari - Desember tahun 2023. Pengumpulan data menggunakan teknik pengumpulan data sekunder dari IPSRS RSUD Pasaman Barat dan petugas pengangkutan limbah B3.

Analisis data dilakukan untuk meningkatkan detail dalam perhitungan emisi gas rumah kaca (GRK) dengan menggunakan pedoman inventarisasi nasional tentang pembakaran bahan bakar pada sumber bergerak. Sistem perhitungan emisi memerlukan beberapa data seperti jumlah bahan bakar, rute, dan jarak pengangkutan yang diperoleh melalui routing rute pengangkutan dan wawancara dengan petugas transporter limbah B3 di lokasi penelitian.

Dengan data lapangan yang diperoleh, perhitungan estimasi emisi GRK dilakukan menggunakan metode tier-1 dan 2. Metode tier-1 berbasis estimasi aktivitas dan faktor emisi default IPCC, sedangkan metode tier-2 menggunakan estimasi aktivitas yang lebih akurat dan faktor emisi default IPCC atau faktor emisi yang spesifik. Parameter yang akan dihitung adalah CO_2 , CH_4 , dan N_2O dengan nilai Global Warming Potensial (GWP) yang berasal dari

Buku IPCC tahun 2021. Masing-masing parameter menggunakan metode tier yang berbeda, seperti berikut:

Tabel 1. Tabel Parameter dan Metode

No	Parameter	Metode
1	CO ₂	IPCC 2006 Tier-2
2	CH ₄	IPCC 2006 Tier-1
3	N ₂ O	IPCC 2006 Tier-1

Sumber: IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change dalam Arifin, A.L., 2023

Dengan demikian, perhitungan emisi GRK dilakukan secara lebih akurat dengan menggunakan metode tier yang sesuai untuk masing-masing parameter

Nilai Global Warming Potential

Potensi Pemanasan Global (GWP) bisa dipakai untuk mengonversi data emisi non-CO₂ menjadi data emisi setara CO₂. Perhitungannya dilakukan dengan mengalikan jumlah total masing-masing GRK dengan GWP masing-masing untuk mendapatkan nilai total emisi yang sesuai. Nilai masing-masing GWP adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai Global Warming Potential

Nilai Global Warming Potential (GWP)			
Sumber	GWP CO ₂ (eq)	GWP CH ₄ (eq)	GWP N ₂ O (eq)
Fosil	1	29,8	273
Non Fosil	1	27,2	273

Sumber: (Institute for Essential Services Reform (IESR) dalam Zain et al., 2024)

Dari tabel diatas nilai GWP CO₂ (eq) adalah 1, nilai GWP CH₄ (eq) adalah 29,8 dan nilai GWP N₂O (eq) adalah 273 sumber dari fosil. Sedangkan sumber dari non fosil nilai GWP CO₂ (eq) adalah 1, nilai GWP CH₄ (eq) adalah 27,2 dan nilai GWP N₂O (eq) adalah 273.

Analisis Emisi CO₂

Berdasarkan Pedoman IPCC 2006, ketelitian perhitungan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) memerlukan beberapa data spesifik seperti jumlah bahan bakar, rute, dan jarak pengangkutan dengan wawancara kepada petugas pengangkut limbah di lokasi penelitian. Dalam kegiatan inventarisasi emisi GRK, tingkat ketelitian perhitungan dikenal dengan istilah "Tier". Pada analisis emisi CO₂ menggunakan metode Tier-2, karena parameter CO₂ telah memiliki faktor emisi spesifik yang telah ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (KLHK).

Menurut Tier-2, persamaan yang digunakan untuk estimasi CO₂ dari kendaraan jalan raya (sumber bergerak) berdasarkan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), 2012 adalah sebagai berikut:

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum a \text{ Konsumsi BB}_a \times \text{Faktor Emisi}_a$$

Keterangan:

Emisi : Emisi CO₂

Konsumsi BB_a : bahan bakar dikonsumsi (tj/tahun)

Faktor Emisi_a : faktor emisi CO₂ Tier-2, menurut jenis bahan bakar (Kg gas/TJ)

a : Jenis bahan bakar (solar)



Analisis Emisi CH₄ dan N₂O

Untuk analisis emisi metana (CH₄) dan oksida nitrogen (N₂O), perhitungan Tier-1 digunakan karena belum tersedia data emisi spesifik untuk gas tersebut di Indonesia. Oleh karena itu, estimasi emisi CH₄ dan N₂O menggunakan faktor emisi default dari IPCC.

Persamaan Tier-1 untuk estimasi emisi metana (CH₄) dan oksida nitrogen (N₂O) dari hasil pembakaran bahan bakar bergerak, yang diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup (KLHK) tahun 2012, adalah sebagai berikut:

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ dan N}_2\text{O} = \sum b \text{ Konsumsi BB}_b \times \text{Faktor Emisi}_b$$

Keterangan:

Emisi b : emisi CH₄ dan N₂O (kg/tahun)

Konsumsi BB_b : Bahan bakar dikonsumsi (TJ/Tahun)

Faktor Emisi_b : Faktor emisi CO₂ Tier-1, menurut jenis bahan bakar (Kg gas/TJ)

b : Jenis bahan bakar (solar)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Dari Kegiatan Pengangkutan Limbah

Dalam pengolahan limbah B3, RSUD Pasaman Barat bekerjasama dengan pihak ketiga. Untuk pengangkutan limbah B3, RSUD Pasaman Barat bekerja sama dengan PT. Andalas Bumi Lestari sebagai transporter, sedangkan pengolahannya dilakukan oleh PT Wastec Internasional. Dalam pengangkutan limbah B3 PT. Andalas Bumi Lestari menggunakan mobil box jenis hino dutro. Jarak yang ditempuh dari RSUD Pasaman Barat menuju PT. Wastec International ± 1.336 km. Dari penjelasan sopir dalam 1 liter solar dapat menempuh 10 km perjalanan. Ditahun 2023 pengangkutan limbah B3 dilakukan sebanyak 26 kali. Perhitungan emisi didasarkan pada penggunaan bahan bakar diesel, menggunakan faktor emisi default IPCC untuk pembakaran bahan bakar pada sumber bergerak, seperti yang ada pada tabel berikut.

Tabel 3. Faktor Emisi Default

Parameter Emisi	Nilai FE Solar
CO ₂ (Kg/TJ)	74.433
CH ₄ (Kg/TJ)	3,9
N ₂ O (Kg/TJ)	3,9

Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup 2012 dalam Arifin, A.L, 2023

Berdasarkan tabel di atas, faktor emisi solar untuk CO₂ adalah 74.433 kg/TJ, untuk CH₄ adalah 3,9 kg/TJ, dan untuk N₂O juga 3,9 kg/TJ. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup, nilai kalor solar adalah 36 x 10⁻⁶ TJ per liter.

Perhitungan Emisi CO₂

Perhitungan emisi CO₂ (karbon dioksida) dari bahan bakar solar menggunakan rumus IPCC metode Tier 2, dengan nilai faktor emisi solar sebesar 74.433 kg/TJ, adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jarak tempuh 1 tahun} &= \text{Jumlah pengangkutan dalam 1 tahun} \times \text{Jarak tempuh (km)} \\ &= 26 \text{ kali} \times 1.336 \text{ km} \\ &= 34.736 \text{ km} \end{aligned}$$

Rata-rata konsumsi bahan bakar = jarak tempuh 1 tahun (km) : rata-rata konsumsi bahan bakar (km/L)
 $= 34.736 \text{ km} : 10 \text{ km/L}$
 $= 3.473,6 \text{ liter}$

Kemudian, rata-rata konsumsi bahan bakar harus dikonversi ke dalam Terajoule karena faktor emisi menggunakan satuan Terajoule (TJ), dengan perhitungan sebagai berikut:

Konsumsi BBM (TJ/tahun) = rata-rata konsumsi BB (liter) x Nilai Kalor
 $= 3.473,6 \text{ liter} \times 36 \times \{10\}^{-6} \text{ TJ/L}$
 $= 0,125 \text{ TJ/L}$

Emisi CO₂ = Konsumsi BBM (TJ/tahun) x Faktor Emisi Solar (kgCO₂/TJ)
 $= 0,125 \text{ TJ/L} \times 74.433 \text{ kg/TJ}$
 $= 9.307 \text{ kg CO}_2/\text{TJ}$
 $= 9,307 \text{ ton CO}_2/\text{TJ}$
 $= 9.307 \text{ kg CO}_2 \text{ eq/TJ}$

Perhitungan Emisi CH₄

Perhitungan emisi CH₄ (metana) dari bahan bakar solar menggunakan rumus IPCC metode Tier 1, dengan nilai faktor emisi solar sebesar 3,9 kg/TJ, adalah sebagai berikut:

Konsumsi Energi (TJ/tahun) = rata-rata konsumsi BB (liter) x Nilai Kalor
 $= 3.473,6 \text{ liter} \times 36 \times \{10\}^{-6} \text{ TJ/L}$
 $= 0,125 \text{ TJ/L}$

Emisi CH₄ = Konsumsi Energi (TJ/tahun) x Faktor Emisi Solar (kg CH₄/TJ)
 $= 0,125 \text{ TJ/L} \times 3,9 \text{ kg/TJ}$
 $= 0,4876 \text{ kg CH}_4/\text{TJ}$
 $= 0,00048 \text{ ton CH}_4/\text{TJ}$

Selanjutnya hitung nilai Global Warming Potential. Konversi CH₄ menjadi emisi CH₄ eq CO₂ sesuai dengan tabel 3.5 hasil perhitungan sebagai berikut:

Emisi CH₄ eq CO₂ = Emisi CH₄ × GWP fosil CH₄
 $= 0,4876 \text{ kg CH}_4/\text{TJ} \times 29,8$
 $= 14,5332 \text{ kg CH}_4/\text{TJ}$
 $= 0,01453 \text{ ton CH}_4/\text{TJ}$

Perhitungan Emisi N₂O

Perhitungan emisi N₂O (nitrogen) dari bahan bakar solar menggunakan rumus IPCC metode Tier 1, dengan nilai faktor emisi solar sebesar 3,9 kg/TJ, adalah sebagai berikut:

Konsumsi Energi (TJ/tahun) = rata-rata konsumsi BB (liter) x Nilai Kalor
 $= 3.474,6 \text{ liter} \times 36 \times \{10\}^{-6} \text{ TJ/L}$
 $= 0,125 \text{ TJ/L}$

Emisi N₂O = Konsumsi Energi (TJ/L) x Faktor Emisi Solar (kg N₂O/TJ)
 $= 0,125 \text{ TJ/tahun} \times 3,9 \text{ kg/TJ}$
 $= 0,4876 \text{ kg N}_2\text{O/TJ}$
 $= 0,00048 \text{ ton N}_2\text{O/TJ}$

Selanjutnya hitung nilai Global Warming Potential. Konversi emisi N₂O menjadi N₂O eq CO₂ sesuai dengan tabel 3.5 hasil perhitungan sebagai berikut:

Emisi N₂O eq CO₂ = Emisi N₂O × GWP Fosil N₂O
 $= 0,4876 \text{ kg N}_2\text{O/TJ} \times 273$
 $= 133,1148 \text{ kg N}_2\text{O eq/TJ}$
 $= 0,1331148 \text{ ton N}_2\text{O eq/TJ}$

Analisis Nilai Emisi Gas Rumah Kaca Pengangkutan Limbah Medis Bahan Berbahaya dan Beracun

Perhitungan emisi gas rumah kaca (CO_2 , CH_4 , N_2O) dalam kegiatan pengangkutan limbah B3 menunjukkan nilai masing-masing untuk setiap parameternya. Berikut adalah tabel perhitungan emisi GRK dari kegiatan pengangkutan limbah dengan rute dari TPS RSUD Pasaman Barat ke PT. Wastec International.

Tabel 4.10 perhitungan emisi GRK

Jumlah pengangkutan 1 tahun	Jarak tempuh (km)	Jarak tempuh dalam 1 tahun (km)	Konsumsi BBM (liter)	Konsumsi BBM (TJ)	Emisi gas rumah Kaca		
					CO_2 (kg CO_2/TJ)	CH_4 (kg CH_4/TJ)	N_2O (kg $\text{N}_2\text{O}/\text{TJ}$)
a	b	c= (a x b)	d= c/rata- rata konsumsi bb	e= d x nilai kalor	f= e x FE CO_2	g= e x FE CH_4	h= e x FE N_2O
26	1.336	34.736	3.473,6	0,125	9.307	0,4876	0,4876

Sumber : anallisis pribadi, 2024

Pada tabel di atas, diperoleh nilai emisi CO_2 sebesar 9.307 kg CO_2/TJ atau 9,307 ton CO_2/TJ , nilai emisi CH_4 sebesar 0,4876 kg CH_4/TJ atau 0,00048 ton CH_4/TJ , dan nilai emisi N_2O sebesar 0,4876 kg $\text{N}_2\text{O}/\text{TJ}$ atau 0,00048 ton $\text{N}_2\text{O}/\text{TJ}$. Emisi CH_4 dan N_2O memiliki hasil yang sama karena faktor emisinya juga sama. Nilai emisi CO_2 , CH_4 , dan N_2O dapat digabungkan menjadi CO_2 ekuivalen (CO_2e). Sebelum menggabungkan emisi CH_4 dan N_2O dengan emisi CO_2 , emisi tersebut harus dikonversi menjadi relatif CO_2 dengan mengalikan dengan nilai Global Warming Potential (GWP). GWP adalah nilai yang menunjukkan seberapa besar dampak gas rumah kaca tersebut dibandingkan dengan CO_2 , dan digunakan untuk mengkonversi data emisi non- CO_2 menjadi CO_2e . Berikut adalah tabel perhitungan hasil konversi CO_2e :

Tabel 4.11 konversi parameter

Emisi gas rumah kaca			Emisi gas rumah kaca (eq)			Total CO_2e
CO_2 (kg CO_2/TJ)	CH_4 (kg CH_4/TJ)	N_2O (kg $\text{N}_2\text{O}/\text{TJ}$)	CO_2 (kg CO_2 eq/TJ)	CH_4 (kg CH_4 eq/TJ)	N_2O (kg N_2O eq/TJ)	Total CO_2q
f= e x FE CO_2	g= e x FE CH_4	h= e x FE N_2O	Emisi CO_2 eq = emisi CO_2 x nilai GWP	Emisi CH_4 eq = emisi CH_4 x nilai GWP	Emisi N_2O eq = emisi N_2O x nilai GWP	
9.307	0,4876	0,4876	9.307	14,5332	133,1148	9.454,648

Sumber : anallisis pribadi, 2024

Pada tabel di atas, CO_2 eq sebanyak 9.307, CH_4 eq CO_2 sebesar 14,5332, Emisi N_2O eq CO_2 sebesar 133,1148 kemudian Total CO_2eq adalah 9.454,648 kg CO_2/TJ .

Selanjut untuk melihat apakah emisi CO_2e yang ada di RSUD Pasaman Barat sudah melebihi ambang batas atau belum maka dilakukan perbandingan dengan baku mutu emisi CO_2 . Untuk menghitung emisi CO_2eq , langkah pertama yaitu mengkonversi total CO_2eq menjadi

gram/km. Untuk menghitung emisi CO₂e dalam gram/km kita perlu membagi total emisi CO₂eq dalam gram dengan jarak yang ditempuh (Novi, 2020).

a. total emisi CO₂e = 9.454,648 kg CO₂/TJ

Jarak ditempuh = 34.736 km/tahun

$$\begin{aligned} \text{a. emisi dalam gram} &= \frac{9454,648 \times 1000 \text{ gram}}{34.736 \text{ km}} \text{ g/km} \\ &= 272,18 \text{ g/km} \end{aligned}$$

Setelah penghitungan, emisi gas CO₂eq sebesar 272,18 g/km. Jika dibandingkan dengan baku mutu yaitu sebesar 2,62 gram/km (Novi, 2020), maka emisi yang dihasilkan sudah sangat jauh melampaui ambang batas aman.

Dampak Emisi Gas Rumah Kaca dari Pengangkutan Limbah Medis Bahan Berbahaya Dan Beracun

Aktivitas pengangkutan limbah B3 dari TPS ke lokasi pengolahan menggunakan truk, kegiatan ini bisa menghasilkan emisi gas rumah kaca, seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan dinitrogen oksida (N₂O). Menurut IPCC tahun 2006, sektor transportasi menyumbang 13,1% dari total emisi gas rumah kaca (GRK). Ini menjadikan sektor tersebut salah satu dari tiga sektor utama yang berkontribusi terhadap peningkatan emisi (Zain et al., 2024). Gas karbon dioksida yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor adalah salah satu gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap pemanasan global. Gas CO₂ dapat mengganggu kelestarian lingkungan hidup, baik secara langsung maupun tidak langsung, jika konsentrasinya di udara meningkat secara signifikan. Oleh karena itu, peningkatan kadar CO₂ akan menyebabkan perubahan iklim bumi (Kusumawardani, 2017). Menurut (Public Health England dalam Zain et al., 2024), dampak gas metana dapat memengaruhi kesehatan manusia, termasuk gangguan pernapasan, masalah penglihatan, muntah, sakit kepala, dan paparan metana dalam jangka waktu lama dapat menyebabkan kematian. Penanganan emisi CO₂ perlu ditingkatkan melalui penyerapan dan pengurangan emisi karbon dioksida, salah satunya dengan menciptakan ruang terbuka hijau. Vegetasi seperti pohon, rumput, dan tanaman memiliki kemampuan menyerap karbon dioksida (CO₂) dari udara melalui proses fotosintesis.

KESIMPULAN

Total emisi CO₂ yang dihasilkan dari pengangkutan limbah B3, sebesar 9.454,648 kg CO₂ per TJ atau 272,18 gram per kilometer, telah melampaui batas baku mutu yang ditetapkan, menunjukkan dampak negatif signifikan terhadap lingkungan dan perubahan iklim. Emisi tinggi ini berkontribusi pada polusi udara dan pemanasan global, yang dapat memperburuk kualitas hidup dan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, penting untuk mengadopsi teknologi transportasi yang lebih ramah lingkungan, seperti kendaraan listrik atau berbahan bakar alternatif, serta meningkatkan efisiensi logistik dan memperketat regulasi pengelolaan limbah. Langkah-langkah ini harus diiringi dengan pendekatan sistematis dalam pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan, mengurangi produksi limbah dari sumbernya, dan melibatkan kolaborasi antara pemerintah, industri, dan masyarakat untuk mengurangi jejak karbon secara keseluruhan.

DAFTAR RUJUKAN

- Arifin, A.L. (2023). Analisa Kesesuaian Tempat Penyimpanan Sementara Dan Dampak Pengangkutan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun Terhadap Lingkungan Di Rsud Bagas Waras Klaten Tugas Akhir. Maharani, E., Joko, T., & Dangiran, H. L. (2017).

- Evaluasi Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (LB3) Di RSUD Dr. Soedirman Kabupaten Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5(5), 2356–3346.
- Maharani, E., Joko, T., & Dangiran, H. L. (2017). Evaluasi Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (Lb3) Di Rsud Dr. Soedirman Kabupaten Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 5(5), 2356–3346.
- Rsud Pasaman Barat. (2024). *Profil Rsud Pasaman Barat*. Rsud.Pasamanbaratkab.Go.Id. Retrieved May 22, 2024,
- Sihombing, M., Dewi, Y. P., & Setiawan, Y. (2017). Metodologi Perhitungan Beban Emisi Gas Rumah Kaca (Greenhouse Gas) Menggunakan Sistem (V Environmental Monitoring System) Dari Kegiatan Eksplorasi & Eksploitasi Minyak Dan Gas Bumi Pt . V. *Prosiding Seminar Nasional Xii*, 233–237.
- Z Salsabilla. (2021). Pengelolaan Limbah Medis Padat Bahan Berbahaya Dan Beracun (B3) Rumah Sakit Dalam Implementasi Green Hospital (Skripsi Literature Review). *Undergraduate Thesis, STIKES Yayasan RS Dr. Soetomo Surabaya*, 6–47.
- Zain, A. S., Novembrianto, R., Harmoko, D. F., & Listrik, T. (2024). *Dampak Emisi Gas Rumah Kaca Dari International Panel On Climate Change (Ipcc)*. 7, 5105–5114.